



Revista Mexicana de Agroecosistemas
Vol. 13 (Suplemento 2), 2026, 20 - 22 de mayo 2026, ISSN: 2007-9559
III Congreso Internacional de Agroecosistemas



Revista Mexicana de Agroecosistemas

Sostenibilidad | Biodiversidad | Desarrollo | Productividad

*Congreso Internacional de
Agroecosistemas*



Foto: *Leptoglossus gonagra*

Oaxaca
Volumen XIII
Suplemento 2
Año 2026

Memoria de resúmenes
ISSN: 2007-9559



Reconocida en el Sistema
Nacional de Publicaciones
Científicas y Humanísticas



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MEXICO



Instituto Tecnológico del Valle de
Oaxaca



Revista Mexicana de Agroecosistemas, Vol. XIII (Suplemento 2), 2026 es un órgano de difusión científica que se publica cuatrimestralmente desde 2014 por el Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca; publica resultados de investigaciones científicas originales e inéditas, con enfoque hacia los agroecosistemas agrícolas, pecuarios y forestales, servicios ecosistémicos y de aprovechamiento y conservación de recursos naturales; también del área social ligada a ese enfoque. La revista está incluida en el listado del *Open Journal System (OJS)*, que incluye *DOI* por artículo, en el Sistema Regional de Información en Línea para Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal (*latindex*); recientemente (2026) obtuvo su reconocimiento en el Sistema Nacional de Publicaciones Científicas y Humanistas de la SECIHTI.

Mediante solicitud número 04-2026-042810242300-30 presentada a la Dirección de Reservas de Derechos, el Instituto Nacional del Derecho de Autor otorga la constancia de Renovación de Reserva de Derechos al uso Exclusivo **04-2023-041117195200-102** e ISSN **2007-9559**, mismas con vigencia al 11 de abril de 2027.

Responsable de la última actualización de este suplemento en la División de Estudios de Posgrado e Investigación: Dr. Gerardo Rodríguez-Ortiz, Dr. Marcos Emilio Rodríguez Vásquez, Dra. Beatriz Rebeca Hernández Hernández y MC. Arely Concepción Ramírez Aragón, Domicilio conocido, Ex hacienda de Nazareno, Xoxocotlán, Oaxaca, México, C.P. 71233, Tel y Fax. 01 (951) 5170444 y 5170788, <https://revistaremaeitvo.mx/index.php/remae/index>, rmae@voaxaca.tecnm.mx, rmae.itvo@gmail.com. Fecha de última modificación, 30 de octubre de 2026.

Para su publicación, los artículos son sometidos a arbitraje, su contenido es de la exclusiva responsabilidad de los autores y no representa necesariamente el punto de vista de la Institución; las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación. Queda estrictamente prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación, sin previa autorización del Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca (ITVO).

Este suplemento 2, está dedicado al **III Congreso Internacional de Agroecosistemas**, desarrollado del 20-22 de mayo de 2026 en cuatro sedes del Tecnológico Nacional de México (TecNM): Conkal, Tuxtla Gutiérrez, Valle de Oaxaca y Zamora. Esta memoria queda registrada con: <https://doi.org/10.60158/vhg9hp87>



El Tecnológico Nacional de México (TecNM) a través de las Redes de Investigación “Agricultura Sustentable”, “Genética y Cultura del Maíz” y “Conservación y Aprovechamiento de Recursos Zoo genéticos” organizó del 20 al 22 de mayo de 2026, el **3er Congreso Internacional de Agroecosistemas**, con el propósito de generar intercambio de experiencias dentro del sector agroalimentario y difundir avances de investigación desarrollada en Institutos del TecNM e instituciones externas. El evento se desarrolló como parte de las actividades en el cumplimiento de la Agenda estratégica del TecNM para la Autosuficiencia Alimentaria y Rescate del Campo Mexicano.

El evento se desarrolló en cuatro sedes:

Instituto Tecnológico de Conkal.

Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Zamora.

Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez.

Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca.

Este evento en su tercera edición se ha consolidado como uno de los eventos científicos más relevantes en materia de sustentabilidad agrícola, para responder a situaciones actuales críticas en la producción de alimentos, como son la crisis climática, la degradación de los suelos y la necesidad de transitar hacia modelos de producción agroalimentaria más resilientes. Al respecto, académicos, estudiantes, autoridades y productores locales analizaron cómo equilibrar la productividad del campo y el cuidado del ambiente.

El evento permitió la vinculación efectiva entre los sectores académico, social, productivo y gubernamental, en impulso a la soberanía alimentaria regional mediante la investigación aplicada, innovación y desarrollo tecnológico en cuatro ejes principales: ciencias agrícolas, ciencias pecuarias, ciencias biotecnológicas y ciencias agroindustriales. El congreso incluyó conferencias magistrales, ponencias libres orales y en carteles, talleres y mesas de trabajo, donde no solo abordaron el conocimiento técnico de frontera, sino que también promovieron el rescate de saberes tradicionales. Así, el **3er Congreso Internacional de Agroecosistemas** contribuyó a establecer bases sólidas desde la academia para orientar políticas públicas en el sector agroalimentario para generar estrategias que aumenten en la productividad de alimentos de origen animal y vegetal, y promuevan la conservación del ambiente.



Comité organizador nacional

Dr. Ángel C. Sierra Vázquez – Instituto Tecnológico de Conkal
Dr. Luis Latournerie Moreno – Instituto Tecnológico de Conkal
Dr. Esaú Ruiz Sánchez – Instituto Tecnológico de Conkal
Dr. Federico Antonio Gutiérrez Miceli – Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez
Dr. Víctor Manuel Ruiz Valdiviezo – Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez
Dr. Yuri Villegas Aparicio – Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca
Dr. Francisco Javier Verduzco Miramón – Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Zamora
Dr. Gilberto Rodríguez Pérez – Instituto Tecnológico del Valle del Yaqui

Comité Instituto Tecnológico de Conkal

Comité organizador local

Dra. I. Abril Valdivieso Pérez - Instituto Tecnológico de Conkal
Dr. Ángel T. Piñeiro Vázquez - Instituto Tecnológico de Conkal
Dr. Raciél J. Estrada León – Instituto Tecnológico de Conkal
Dr. Carlos Juan Alvarado López – SECIHTI / Instituto Tecnológico de Conkal
Dr. Ruben Humberto Andueza Noh – SECIHTI / Instituto Tecnológico de Conkal
Dr. René Garruña Hernández - SECIHTI / Instituto Tecnológico de Conkal

Árbitros

Dr. Cristian Góngora Gamboa - Instituto Tecnológico de Conkal
Dr. Rodrigo Portillo Salgado - Instituto Tecnológico Superior de Calkiní
Dr. Gabriel Olvera Aguirre – Instituto Tecnológico de Conkal
Dra. Rosa Lina Zapata Luna – CIATEJ Subsede Sureste
Dr. Juan Carlos Cuevas Bernardino – CIATEJ Subsede Sureste
Dra. Teresa Ayora Talavera – CIATEJ Subsede Sureste

Comité Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez

Comité organizador local

Dr. Arnulfo Rosales Quintero – Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez
Dra. Sandy Luz Ovando Chacón - Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez
Dr. Joaquín Adolfo Montes Molina - Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez
Dra. Rocío Meza Gordillo - Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez
Dr. Samuel Enciso Saenz - Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez
Dra. Nancy Ruiz Lau – SECIHTI / Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez
Dra. Rosa Isela Cruz Rodríguez - Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez
Dr. Miguel Abud Archila - Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez
Dr. Reiner Rincón Rosales - Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez
Dr. Juan José Villalobos Maldonado - Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez
Dra. María Celina Lujan Hidalgo - Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez



Revista Mexicana de Agroecosistemas
Vol. 13 (Suplemento 2), 2026, 20 - 22 de mayo 2026, ISSN: 2007-9559
III Congreso Internacional de Agroecosistemas
Dr. José Alfredo Sántiz Gómez - Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez

Comité Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca

Dr. Yuri Villegas Aparicio (responsable institucional y árbitro)
Dr. Gerardo Rodríguez Ortiz (responsable de memoria, colaborador y árbitro)
Dra. Martha Patricia Jerez Salas (colaborador y árbitro)
Dr. Ernesto Castañeda Hidalgo (colaborador y árbitro)
Dra. Gisela Margarita Santiago Martínez (colaborador y árbitro)
Dr. Salvador Lozano Trejo (colaborador y árbitro)
Dra. María Isabel Pérez León (colaborador y árbitro)
Dr. José Cruz Carrillo Rodríguez (colaborador y árbitro)
Dra. Gisela Virginia Campos Ángeles (colaborador y árbitro)
Dr. Gustavo Omar Díaz Zorrilla (colaborador y árbitro)
Dr. Vicente Arturo Velasco Velasco (colaborador y árbitro)
Dra. Alida Corey Arango Cruz (colaboradora)
Lic. Rosa Martha Cadeza Rementería (colaboradora)
Sra. María Hernández Zarate (colaboradora)

Comité Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Zamora

Árbitros

Dra. Sandra Guadalupe González Domínguez – Colegio de Postgraduados, Montecillo
Ing. Jesús Alvarado García – Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Zamora
Ing. Jesús Andrés Tinajero Arteaga - Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Zamora



Instituciones organizadoras



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO®





Coordinación editorial

Dr. Gerardo Rodríguez-Ortiz

Administración de página Web y revisores

Dr. Marcos Emilio Rodríguez Vásquez

MC. Arely Concepción Ramírez Aragón

MC. Alfonso Bautista Pérez

Dra. Beatriz Rebeca Hernández

Diseño de portada y edición del Suplemento

Ing. Citlali Denice Alonso Santos

Ing. Elizabeth Nashielly Ramírez Santiago



Política de revisión de manuscritos

Todos los manuscritos se reciben en español e inglés y se someten mediante la plataforma *OJS* de la revista (<https://revistaremaeitvo.mx/index.php/remae/index>) con **carta de originalidad** firmada por el autor de correspondencia. Deben ser originales e inéditos, de alta calidad, acordes con las normas editoriales de RMAE y que no se hayan publicado o se vayan a publicar en otra revista.

Las contribuciones pasan a revisión del editor y estilo para el cumplimiento de las normas editoriales; se verifica nivel de plagio y escritura con IA mediante Turnitin®, las cuales no deben ser mayor a 20 %.

Todas las contribuciones se envían a arbitraje de “pares ciegos” de al menos dos especialistas del área de reconocido prestigio académico y de instituciones diferentes a los autores. Los árbitros revisan el documento en formato Word y hacen llenado del “formato de evaluación” (formato pdf), los cuales remiten al Comité Editorial. Cuando el manuscrito es aprobado por los árbitros y editor de RMAE, se envían al autor de correspondencia archivos Word revisados y formatos de evaluación, para que los autores realicen las correcciones pertinentes. El documento corregido por autores se remite al Comité Editorial, el cual extiende “carta de aceptación del manuscrito”.

Previo a la publicación, la RMAE envía al autor de correspondencia y en formato pdf, la “prueba de galeras” y la “carta cesión de derechos”, que debe ser revisada por si existen cambios menores.

ATENTAMENTE

Comité editorial



Contenido

Resúmenes cortos

Rendimiento de cálices secos de dos variedades de jamaica del INIFAP bajo condiciones de temporal en la Costa de Oaxaca	
Luis Antonio Gálvez-Marroquín ^{1§} , Andrés Soriano-Martínez ² , Rocío Toledo-Aguilar ³	21
Comportamiento agronómico de genotipos de jamaica de cálices claros bajo condiciones de temporal en la Costa de Oaxaca	
Montserrat de Jesús López-Torres ¹ , Teresa de Jesús López-Torres ¹ , Luis Antonio Gálvez-Marroquín ^{2§} , Rocío Toledo-Aguilar ³ , Rodrigo Santiago-Cabrera ⁴	22
Crecimiento <i>in vitro</i> de <i>Prosthechea cochleata</i> en diferentes medios de cultivo y pH	
Guadalupe Betanzos-Cruz [§] , Vicente Arturo Velasco-Velasco, José Raymundo Enríquez-del Valle, Judith Ruíz Luna	23
Aprovechamiento sustentable de <i>Pinus chiapensis</i> en bosques mesófilos del norte de Oaxaca	
Rosario Aquino-López ^{1§} , Ernesto Castañeda-Hidalgo ¹ , Mario Enrique Fuente-Carrasco ² , Gisela Margarita Santiago-Martínez ¹ , Salvador Lozano-Trejo ¹ , Martha Patricia Jerez-Salas ¹	24
Factores asociados al grado de inseguridad alimentaria en comunidades rurales de Oaxaca, México	
Carlos Gerardo Hernández-Aguilar ^{1§} , Gisela Margarita Santiago-Martínez ¹ , Juan Regino-Maldonado ² , Ernesto Castañeda-Hidalgo ¹ , Salvador Lozano-Trejo ¹ , Martha Patricia Jerez-Salas ¹	25
Germinación y crecimiento inicial de <i>Bursera graveolens</i> en Oaxaca	
Juan Ángel García-Aguilar [§] , José Raymundo Enríquez-del Valle, Rufino Sandoval-García, Gerardo Rodríguez-Ortiz, Judith Martínez-de la Cruz, José Cristóbal Leyva-López, Marcos Emilio Rodríguez-Vásquez	26
Diseño de cebadores de genes relacionados con las fitohormonas en chayote (<i>Sechium edule</i>)	
Rosalía Núñez-Pastrana ^{1§} , Carlos Alberto Lecona-Guzmán ² , Víctor Manuel Ruíz-Valdiviezo ² , Jorge Alberto Alejandre-Rosas ³ , Luz Anel López-Garay ¹	27
Variación morfológica en accesiones nativas de “chile de agua” (<i>Capsicum annuum</i> L.) bajo invernadero	
Karen del Carmen Guzmán-Sebastián [§] , Vicente Arturo Velasco-Velasco, Judith Ruiz-Luna, Johana Vásquez-Procopio, José Raymundo Enríquez-del Valle, Gerardo Rodríguez-Ortiz	28
Efecto de biopreparados en el desarrollo del cultivo de tomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.) bajo sistema sin suelo	
Beatriz Adriana Ambrocio-García [§] , Edilberto Aragón-Robles, Graciela Zarate-Altamirano, Juan Bustamante-Luján	29
Evaluación económica y adaptabilidad de variedades de girasol ornamental (<i>Helianthus annuus</i>) en Cuilápam de Guerrero	



Revista Mexicana de Agroecosistemas
Vol. 13 (Suplemento 2), 2026, 20 - 22 de mayo 2026, ISSN: 2007-9559
III Congreso Internacional de Agroecosistemas

Virginia Torres-López [§] , Gisela Margarita Santiago-Martínez, Juan Bustamante Lujan	30
Dinámica de la relación C:N del suelo en áreas bajo tratamientos silvícolas	
Ashmir Ambrosio-Lazo ^{1§} , Gerardo Rodríguez-Ortiz ² , Wenceslao Santiago-García ³ , Salvador Lozano Trejo ² , Vicente A. Velasco-Velasco ² , José R. Enríquez-del Valle ²	31
Modelado matemático y cinética de la germinación <i>in vitro</i> de esporas de <i>Hemileia vastatrix</i> bajo diferentes regímenes térmicos y de pH	
Miguel Morales-Antonio ¹ , Gisela Santiago-Martínez ^{1§} , Ernesto Castañeda-Hidalgo ¹ , Salvador Lozano-Trejo ¹ , José Carrillo-Rodríguez ¹ , Celerino Robles-Pérez ²	32
El papel de los probióticos en dietas vegetales para crustáceos: retos y oportunidades en acuicultura sostenible	
Xochitl Cortes-González [§] , Rodolfo Benigno De los Santos-Romero, Nathali Martínez-Salazar	33
Efecto de la interacción entre iluminación y fertilización en características fisiológicas de esquejes de crisantemo	
Fátima Manuel Zárate ^{1§} , José Raymundo Enríquez-del Valle ¹ , Alfonso Vásquez López ² , Gerardo Rodríguez-Ortiz ¹ , Isidro Morales-García ² , Yuri Villegas-Aparicio ¹	34
Respuesta de la densidad de plantación en la calidad floral y daño fitosanitario en plantas de borla (<i>Celosia argentea</i> var. <i>cristata</i>)	
Fabiola Azucena Hernández Santiago ^{1§} , Edilberto Aragón Robles ¹ , Eduardo Antonio Zárate Martínez ²	35
Caracterización agronómica de gramíneas forrajeras de corte en la planicie costera del Istmo de Tehuantepec, Oaxaca	
Edsel Jesús Bernal Antonio, Veremundo Morales Velásquez, Zulma Castillejos Antonio [§] , Juan Rendón Cruz, José Manuel Cabrera Toledo	36
Análisis del conocimiento etnobotánico en la atención de la salud reproductiva de la mujer en los Valles Centrales de Oaxaca, México	
Gemma Bianey Ponce-López [§] , Gustavo Omar Díaz-Zorrilla	37
Comportamiento productivo de pollos de traspatio con sustitución parcial de harina de soya por harina de lombriz o harina de pescado	
Paulina Cruz-García, Juan Rendón-Cruz [§] , Zulma Castillejos-Antonio, José M. Cabrera Toledo	38
Características agronómicas de gramíneas forrajeras del género <i>Urochloa</i> en el Istmo de Tehuantepec, Oaxaca	
Zulma Castillejos Antonio [§] , Juan Rendón Cruz, José Manuel Cabrera Toledo	39
Usos de <i>Clinopodium macrostemon</i> y <i>Litsea glaucescens</i> en San Pablo Cuatro Venados, Zaachila, Oaxaca	
Domitila Jarquin Rosales ^{1§} , Gisela Virginia Campos-Ángeles ² , Valentín José Reyes-Hernández ³ , Salvador Lozano Trejo ² , Juan José Alpuche Osorno ⁴ , Gerardo Rodríguez-Ortiz ²	40
Tipología de productores de agave en tres localidades de Valles Centrales de Oaxaca	
Blanca Estela Loaeza-Santiago [§] , María Isabel Pérez-León, Ernesto Hernández-Santiago, Rosa María Gómez-Ugalde	41
Aceptabilidad de un suplemento proteico a base de <i>Leucaena esculenta</i> en <i>Apis mellifera</i>	



Revista Mexicana de Agroecosistemas
Vol. 13 (Suplemento 2), 2026, 20 - 22 de mayo 2026, ISSN: 2007-9559
III Congreso Internacional de Agroecosistemas

Milton Hernández-Cruz [§] , María Isabel Pérez-León, Salvador Lozano-Trejo, Gerardo Rodríguez-Ortiz, Miguel Ángel López-Justo, Emmanuel Velasco-Ángel.....	42
Cultivo de cucarachas de Madagascar bajo el efecto de tres dietas en un entorno urbano	
Ixchel Guerrero-Esperanza [§] , Edilberto Aragón-Robles, Miguel Calixto-Rojas	43
Comportamiento <i>ex situ</i> de larvas L3 inmaduras de <i>Cochliomyia hominivorax</i> bajo estrés ambiental y nutricional	
Ana María Hernández-Medina ^{1§} , Yuri Villegas-Aparicio ¹ , Héctor Ulises Bernardino-Hernández ² , María Isabel Pérez-León ¹ , Vicente Arturo Velasco-Velasco ¹ , Aaron Martínez-Gutiérrez ¹	44
Uso de dietas no convencionales en la alimentación de conejos de engorda y su influencia en parámetros productivos y calidad cárnica	
Eliezer Herrera-Illescas ^{1§} , Yuri Villegas-Aparicio ¹ , Aaron Martínez-Gutiérrez ¹ , Jorge Hernández-Bautista ² , María Isabel Pérez-León ¹	45
Modelo preliminar para estimar área foliar en plantas aclimatadas de <i>Agave angustifolia</i>	
Ilse Lizbeth Chávez-Cruz ^{1§} , José Raymundo Enríquez-Valle ² , Gerardo Rodríguez-Ortiz ² , Vicente Arturo Velasco Velasco ²	46
Replantando la conservación: contribuciones de la naturaleza para las personas como eje de la sostenibilidad ambiental	
Edwin Yoshimar Chávez-Pascual [§] , Salvador Lozano-Trejo, Gustavo Omar Díaz-Zorrilla, Martha Patricia Jerez-Salas, Ernesto Castañeda-Hidalgo.....	47
Respuesta a la selección y atributos agroproductivos en poblaciones nativas de chile huacle (<i>Capsicum annuum</i> L.) del estado de Oaxaca	
Viviana Areli Hernández-Ríos ^{1§} , José Cruz Carrillo-Rodríguez ¹ , José Luis Chavéz-Servia ² , Salvador Lozano-Trejo ¹ , Araceli Minerva Vera-Guzmán ²	48
Estructura de la comunidad de parasitoides en sistemas de monocultivo de maíz	
Diana Laura Méndez Flota ^{1§} , Esaú Ruiz Sánchez ¹ , Alejandra González Moreno ¹ , Luis Latournerie Moreno ¹ , Carolina Flota Bañuelos ² , Franklin H. Rocha ³ , Luis Filipe Conceição dos Santos ³	49
Comportamiento agronómico de variedades mejoradas de maíz en el sureste de México	
Luis da Conceição-dos Santos ^{1§} , Augusto Peña-Peña ¹ , Alejandro Cano-González ¹ , José Castillo-Caamal ² , Walther Torres-Cab ³ , Efraín Cruz-Castillo ⁴	50
El cerdo criollo de Yucatán: origen, características, valor agregado y retos actuales	
Julio César Rodríguez-Pérez ^{1§} , Víctor Manuel Toledo-López ¹ , Ángel Carmelo Sierra-Vásquez ² , Raciél Javier Estrada-Léon ³ , Naomi del Carmen Cih-Angulo ² , Víctor Gilberto Quintal-Solís ² , Leilani Sierra-Martínez ⁴	51
<i>Bacillus subtilis</i> productoras de surfactante, endofíticas y promotoras del crecimiento en chile dulce	
Arturo Reyes-Ramirez, Julio Jacobo Gamboa-Angulo [§] , Jairo Cristóbal-Alejo, José María Tun-Suarez....	52
Evaluación de excretas porcinas como abono en king grass (<i>Pennisetum Purpureum x Pennisetum Typhoides</i>)	
Ana Cristina Flores-Avila [§] , Edgar Aguilar-Urquiza, Alfonso Pérez-Gutiérrez, Ingrid Abril Valdivieso-Pérez, Mariana Ines Alvarez-Euan.....	53



Reservas de carbono del suelo en sistemas ganaderos tradicionales comparados con selvas en dos comunidades del sur de México	
Ana I. Gutiérrez-López ¹ , Fernando Casanova-Lugo ^{1§} , Gilberto Villanueva-López ² , Laura Macario-González ¹ , Luis A. Lara-Pérez ¹ , Deb R. Aryal ³	54
Efecto de la celulosa bacteriana obtenida de SCOBY de kombucha sobre la cinética de fermentación y algunos atributos de calidad del pan francés	
Gerardo Antonio Cervera-Marrufo ¹ , Víctor Manuel Moo-Huchin ^{1§} , David Abram Betancur-Ancona ² , Víctor Toledo-López ¹ , Enrique Sauri-Duch ¹ , Wilbert José Rodríguez-Canto ¹	55
Diferencias en las prácticas de manejo y aprovechamiento del chile maax (<i>Capsicum annuum</i> var. <i>glabriusculum</i> (Dunal) Heiser & Pickersgill) en traspatios de Yucatán y Campeche	
Cinthia Isabel Briceño-Santiago ^{1§} , Rene Garruña ² , Jaime Martínez-Castillo ³ , Virginia Solís-Montero ⁴ , Luis Latournerie-Moreno ¹ , Rubén Humberto Andueza-Noh ²	56
Atributos fenotípicos del <i>Meleagris gallopavo</i> en la Zona Centro del Estado de Yucatán	
Maricela Adelaida Canul Solís ^{1§} , Ángel Carmelo Sierra Vasquez ¹ , Raciél Javier Estrada León ² , Rodrigo Portillo Salgado ² , Rubén Humberto Andueza Noh ¹ .Daniel Enrique Vazquez Solis ¹	57
Follaje de especies leñosas como mantillo en sistemas agroforestales: beneficios ecológicos y fisiológicos para la resiliencia del maíz en el trópico subhúmedo	
Paolo Arturo Xiu-Canché ^{1§} , Laura A. Macario-González ¹ , Fernando Casanova-Lugo ¹ , Luis A. Lara-Pérez ¹ , Manuel Jesús Cach-Pérez ²	58
Efecto de la alta temperatura y CO ₂ elevado en depredadores generalistas	
Jehú G. Noh-Kú ^{1§} , Adrián Fernández Basto ¹ , Alejandra González-Moreno ¹ , Esaú Ruiz-Sánchez ¹ , Horacio S. Ballina-Gómez ¹ , René Garruña ²	59
Desempeño productivo de corderas en crecimiento alimentadas con harina de <i>Enterolobium cyclocarpum</i>	
Mariana Ines Alvarez-Euan [§] , Edgar Aguilar-Urquizo, Miguel Magaña-Magaña, Angel Piñeiro Vázquez, Cristina Flores-Avila.....	60
Efecto combinado del ácido salicílico y extracto de algas sobre el crecimiento y desarrollo floral en <i>Gerbera jamesonii</i> Bolus	
Norma E. Dzul-Ek ¹ , Eduardo Villanueva-Couoh ^{1§} , Pinzón López-Luis ¹ , Cituk Chan-Daniel ¹ , Manuel J. Zavala-León ²	61
Diversidad vegetal de los huertos familiares en Juan Sarabia y Sac-Xan, Quintana Roo, México	
Margarita R. Rojas-Ávila ¹ , Justo R. Enríquez-Nolasco ^{2§} , Carlos R. Villanueva-Partida ¹ , Zazil Ha M. García-Trujillo ¹ , Fernando Casanova-Lugo ¹	62
Cacería de subsistencia y valoración cultural de la fauna silvestre en la comunidad de Yaxhachen, Oxkutzcab Yucatán, México	
Rey Dzul-Us [§] , Marcos Briceño Mendez.....	63
Caracterización agromorfológica de maíces criollos de Yucatán	
Luis E. Poot-Mena [§] , Luis Latournerie-Moreno, Esaú Ruiz-Sánchez.....	64



Impacto del manejo agroecológico de Sembrando Vida sobre la diversidad microbiana del suelo en Campeche	
Karina Verdel Aranda [§] , Delfina Margarita Chan-Uc, Gerardo Alfonso Avilés-Ramírez, Lorena Guadalupe Ramón Canul.....	65
Dinámica productiva y retos socio-agronómicos para la conservación local del frijol lima (<i>Phaseolus lunatus</i>) en comunidades de Yucatán	
Aldo Daniel Chan-Arjona ^{1§} , Horacio Salomón Ballina-Gómez ^{1§} , Roberto Rafael Ruiz-Santiago ² , Esaú Ruiz-Sánchez ¹	66
Efecto de la suplementación con bloques multinutricionales sobre la condición corporal y masa muscular en rumiantes durante la época de estiaje en Yucatán	
Marina Samary Puga Canul [§] , Ariel Erbe Rejon Tun, Andrea Castillo Cuxim, Abigail Valdespino Hernández, Daniela Sonia Gabriela, Gabriel Jesús Fernández Canul, Daniela Christian Rivera Chale, Cristopher David Martínez Vega, Joan Jesús Kantun Pech.....	67
Predicción de la composición tisular en ovinos Katahdin mediante mediciones biométricas y algoritmos de aprendizaje automático	
Jesús Mezo-Solis ¹ , Ángel Piñeiro-Vázquez ^{1§} , Ángel Sierra-Vásquez ¹ , Alfonso Chay-Canul ²	68
Especies de Formicidae con hábitos detritívoros y oportunistas en agroecosistemas tradicionales de maíz	
María Concepción Martínez Sandoval ^{1§} , Esaú Ruiz Sánchez ¹ , Diana Laura Méndez Flota ¹ , Horacio Ballina Gomez ¹ , Ángel T. Piñeiro Vázquez ¹ , Franklin H. Rocha Vela ² , Luis A. Lara Pérez ³	69
Desempeño productivo preliminar del crecimiento en cerdos criollos utilizando dietas alternativas	
Alexander M. Ehuan-Chavez ^{1§} , Erika Ismene Bermudes-Cetina ¹ , Raciél Javier Estrada León ² , Ángel Carmelo Sierra Vásquez ¹	70
Variación en el contenido de antocianinas y color de microcápsulas de antocianinas de caimito púrpura durante el almacenamiento	
Emmanuel de Jesús Chi-Gutiérrez ¹ , Silvia Nallely Chan-Koyoc ² , Víctor Manuel Moo-Huchin ^{1§} , Luis Fernando Cuevas-Glory ¹ , Enrique Sauri-Duch ¹ , María de Lourdes Vargas y Vargas ¹ , Carlos Rolando Ríos-Soberanis ³	71
Macerados acuosos de <i>Tithonia diversifolia</i> (Hemsl.) A. Gray fortalecen la resistencia física y el rendimiento del frijol lima <i>Phaseolus lunatus</i> L.	
Jean A. P. Eichholtzer ^{1§} , Roberto R. Ruiz-Santiago ² , Alejandra del S. González-Moreno ¹ , Esaú Ruiz-Sánchez ¹ , Horacio S. Ballina-Gómez ¹	72
Estructura poblacional y ancestría genética del bovino criollo de nunkiní, Campeche, México	
Alejandro Escalante-Ávila ^{1§} , Ángel Sierra-Vásquez ¹ , Raciél Estrada-León ¹ , Gaspar Parra-Bracamonte ² ...73	
Evaluación de actividad antioxidante e hipoglucemiante de cultivos nativos en sistemas agroforestales del programa Sembrando Vida en comunidades rurales de Campeche, México	
Elizabeth Consuelo González-Pech, Lorena Guadalupe Ramón-Canul [§] , Norma Laura Rodríguez-Ávila, Gerardo Alfonso Avilés-Ramírez, Delfina Margarita Chan-Uc.....	74
Estructura y variación estacional de la comunidad de aves asociadas a una matriz agrícola y fragmentos de selva seca	



Revista Mexicana de Agroecosistemas
Vol. 13 (Suplemento 2), 2026, 20 - 22 de mayo 2026, ISSN: 2007-9559
III Congreso Internacional de Agroecosistemas

Pablo Quiñones-Arjona [§] , Horacio Ballina-Gómez	75
<i>Bacillus</i> spp. y <i>Trichoderma</i> como consorcios para el biocontrol de <i>Fusarium</i> spp. y biofertilizante en chile habanero (<i>Capsicum chinense</i> Jacq.)	
Carlos Chan-Ku ¹ , Jairo Cristóbal-Alejo ^{1§} , José Tun-Suárez ¹ , Arturo Reyes-Ramírez ¹ , Felicia Moo-Koh ¹ , Miguel Mejía-Bautista ²	76
Control de <i>Tetranychus urticae</i> con aceites botánicos: impacto sobre las comunidades de artrópodos	
Adrián Israel Fernández-Basto ^{1§} , Jehú Noh-Kú ¹ , Alejandra González-Moreno ¹ , Marcos Cua-Basulto ² , Esaú Ruiz-Sánchez ¹ , René Garruña ³	77
Análisis de la funcionalidad simbiótica y sostenibilidad de sistemas agroforestales de <i>Carludovica palmata</i> Ruiz & Pavón en el norte de Campeche	
José Manuel Alcocer-Espinosa [§] , Gerardo Alfonso Avilés-Ramírez, Bernardino Candelaria-Martínez, Pedro Salvador-Morales, Norma Laura Rodríguez-Ávila	78
Participación de la mujer yucateca en la apicultura como agente del desarrollo comunitario	
José Francisco Ek-Ek ¹ , Ingrid Abril Valdivieso-Pérez ^{1§} , Celene Espadas-Manrique ² , Alma Liz Vargas-de la Mora ³ , Miguel Ángel Magaña-Magaña ¹ , Ángel Sierra-Vázquez ¹	79
Condiciones estructurales y desigualdades en el mercado de la producción artesanal de <i>Carludovica palmata</i> en Campeche, México	
Ricardo Aarón Escalante-Tec, Mónica Beatriz López-Hernández, Karina Verdel-Aranda, Gerardo Alfonso Avilés-Ramírez, Eloína Guadalupe González-Lara, Norma Laura Rodríguez-Ávila [§]	80
Principales grupos de insecticidas y herbicidas empleados por agricultores de la Península de Yucatán	
Ana L. Ruiz-Jiménez ^{1§} , Sergio Emmanuel Kantun-Tun ² , Walther Torres-Cab ² , Francisco Gabriel Echeverría-Ramos ² , Esaú Ruiz-Sánchez ¹ , Horacio S. Ballina-Gómez ¹	81
Caracterización morfológica de la variedad de maíz nativo “Mejen” en Tabasco, México	
Melissa Davis Cruz Vetzy ¹ , Daniela Correa Castillo ¹ , Luis Latournerie Moreno ² , Vinicio Calderón Bolaina ^{§1} , Lorena Vázquez Hernández ¹ Jose Notario Torres ¹ , Oswaldo Tique de los Santos ¹	82
Producción de gas y degradabilidad <i>in vitro</i> de la materia seca de seis especies forrajeras no-convencionales para rumiantes	
Luis A. Canul-Ku ^{1,2} , Fernando Casanova-Lugo ² , Luis A. Lara-Pérez ² , Laura A. Macario-González ² , Elda C. Yam-Chalé ² , Yujaina J. Perera-Hernández ²	83

Resúmenes extensos

Agroecosistemas y recursos naturales

Análisis proximal y tamizaje fitoquímico en tortilla y tlayuda del mercado Benito Juárez del estado de Oaxaca	
Josué Iván Cruz-García, Flor de Belem Pérez-Chávez, Fernando Pérez-Mendoza, Marco Antonio Sánchez-Medina, Carlos Francisco Varapizuela-Sánchez [§]	85
Perfil fitoquímico y análisis químico proximal en extractos de maíz raza bolita de Santa Ana Zegache, Oaxaca, México	



Revista Mexicana de Agroecosistemas
Vol. 13 (Suplemento 2), 2026, 20 - 22 de mayo 2026, ISSN: 2007-9559
III Congreso Internacional de Agroecosistemas

Ximena Donají Caballero-Julián, Angeles Regina García-Gutiérrez, Iván Antonio García-Montalvo, Marco Antonio Sánchez-Medina, Carlos Francisco Varapizuela-Sánchez [§]	90
Degradación del suelo y acciones de restauración en la región Mixteca de Oaxaca	
Miguel Angel Cortes-Pacheco, Ernesto Castañeda-Hidalgo [§] , Salvador Lozano-Trejo, Nancy Gabriela Molina-Luna	95
Marco para la Evaluación de Sistemas de Manejo de Recursos Naturales (MESMIS): caso de producción de café orgánico en el estado de Oaxaca	
Bersaín Ortiz Jiménez ¹ , Cristian Adolfo López López ²	101
Factores que influyen en la adopción de tecnología agroecológica composta en las escuelas de campo de San Mateo Piñas Pochutla, Oaxaca	
Uriel Cuauhtémoc Ramírez García ¹ , Ernesto Castañeda Hidalgo ^{2§} , Mariano Morales Guerra ³	106
Calidad física de microlotes varietales de café bajo tres procesos poscosecha en Sierra Mixe, Oaxaca	
José Uriel García-Domínguez ^{1§} , Yuri Villegas-Aparicio ¹ , Carlos Francisco Varapizuela-Sánchez ² , Aarón Martínez-Gutiérrez ¹ , Gustavo Omar Díaz-Zorrilla ¹	110
Comparación de sistemas de resinación en la producción de resina de <i>Pinus pseudostrobus</i>	
María Mercedes Cervantes-Machuca [§] , Salvador Lozano-Trejo, Gerardo Rodríguez-Ortiz, José Raymundo Enríquez-del Valle, Marcos Emilio Rodríguez-Vásquez, Ernesto Castañeda Hidalgo	115
Densidad básica de especies forestales para proyectos de carbono	
Guadalupe Soledad Costumbre-Alonso ^{1§} , Gerardo Rodríguez-Ortiz ² , José Raymundo Enríquez-del Valle ² , Aaron Martínez-Gutiérrez ² , Ashmir Ambrosio-Lazo ²	120
Actividad antimicrobiana de la changunga (<i>Byrsonima crassifolia</i> var. <i>acida</i>) de la región de la cuenca del Papaloapan	
Alma Xochil Avila-Alejandre ^{1§} , Aridaith Parra-Reyes ¹ , Tzvetanka Dinkova ² , Alejandro Hernández-López ^{2,3}	127
Efecto herbicida del extracto de <i>Byrsonima crassifolia</i> (L.) Kunth y su posible relación con la vía TOR	
Alejandro Hernández-López ^{1,2} , Avila-Alejandre Alma Xochil ³ , Tzvetanka D. Dinkova ^{4§}	133
Tecnología de secado por aspersión y liofilización de compuestos funcionales en guayaba y espirulina para aplicaciones agroalimentarias en la preparación de bebidas funcionales	
Karla Vanessa Baleón-Ortega ¹ , Francisco Humberto Ortiz-Salazar ¹ , Mariana Delgadillo-Díaz ² , Elida Gastélum-Martínez ¹ , Ángeles Sánchez-Contreras ^{1§}	140
Evaluación fitoquímica de <i>Carludovica palmata</i> bajo interacción micorrízica con <i>Glomus</i> sp. <i>in vitro</i>	
Blanca del Rosario Martín-Canché ^{1,2} , Eloína Guadalupe González-Lara ¹ , Lorena Guadalupe Ramón-Canul ¹ , Pedro Salvador-Morales ¹ , Karina Verdel-Aranda ¹ , Norma Laura Rodríguez-Ávila ^{1§}	146
Establecimiento del banco de germoplasma de malanga (<i>Colocasia esculenta</i> L. Schott) en Úrsulo Galván, Veracruz	
Ignacio Garay-Peralta ^{1§} , Manuel Villarruel-Fuentes ¹ , Edith Yumira Domínguez-Vázquez ¹ , Héctor Silos-Espino ² , Owen Kalid León-Cervantes ³	153



Intervención sistémica en el control de plagas del limón Persa en Huimanguillo, Tabasco

Jimena Paola García-Valenzuela¹, Aurora Ramírez Meneses^{1§}, Orlando Méndez-Ríos¹, Isidro Izquierdo-Castillo¹, Rosa Graciela Santos-Arguelles², Francisco Rojas Perez² y Vinicio Calderón-Bolaina² I58

Extracto etanólico de *Equisetum arvense* como inductor de resistencia en *Tetranychus urticae* en fresa cv. San andreas

Aarón Martínez-Medrano¹, Luis Patricio Guevara-Acevedo^{1§}, Leonel Sandro Maldonado-Hernández³, Juan Carlos Ruiz-Barrera¹, Ricardo Yáñez-López¹, Óscar Arath Grajeda-Cabrera² I62

Extracto etanólico de cola de caballo como inductor de resistencia a arañita roja en fresa cv Monterrey

Ernesto López-García¹, Luis Patricio Guevara-Acevedo^{2§}, Sarahyt Santamaría González-Figueroa³, Oscar Arath Grajeda-Cabrera³, Ricardo Yáñez-López², María Victoria Rodríguez-García² I68

El extracto etanólico de cola de caballo como inductor de resistencia de plantas de fresa cv Warrior a araña roja

Francisco Ortiz-Ramos¹, Luis Patricio Guevara-Acevedo^{2§}, María Eugenia Gallardo-Rodríguez², Raúl René Robles-Lacayo², Sarahyt Santamaría González-Figueroa³, Ricardo Yáñez-López² I73

Residualidad de diatomea como inductor de resistencia a araña roja en fresa cv Warrior

Jose Antonio Rosas-Arias¹, Luis Patricio Guevara-Acevedo^{2§}, María Victoria Rodríguez-García², Ricardo Yáñez-López², Sarahyt Santamaría González-Figueroa³, Hans Blanquet² I79

Efectividad biológica del hongo *Paecilomyces* sp. en la mortalidad de larva de *Tenebrio*

José David Ochoa-Mancera¹, Luis Patricio Guevara-Acevedo^{2§}, Sarahyt Santamaría Gonzales-Figueroa³, Ricardo Yáñez-López², María Victoria Rodríguez-Garcías², Daniel Rodríguez-Mercado², Hans Blanquet² I84

El silicio en la depredación de crisopa sobre mosca blanca

Luis Patricio Guevara-Acevedo^{1§}, Sarahyt Santamaría Gonzalez-Figueroa², María Victoria Rodríguez García¹, Fernando Germán Flore-Guillen¹, Ricardo Yáñez-López¹ I88

Aplicación de biomoléculas en parámetros agronómicos del cultivo de cilantro

Mateo Zuñiga Alberto¹, Luis Patricio Guevara-Acevedo^{1§}, Sarahyt Santamaría Gonzalez-Figueroa², María Victoria Rodríguez García¹, Ricardo Yáñez-López¹ I94

Efecto residual del extracto etanólico de *Equisetum arvense* L. como inductor de resistencia a *Tetranychus urticae* en fresa cv Frontera

Pedro Sanchez Noriega¹, Luis P. Guevara Acevedo^{2§}, José Zeferino Sepulveda Yáñez², Paulino Vega Rodríguez², Ricardo Yáñez López², María Victoria Rodríguez García² I99

Estrategias agroecológicas que mejoran el ciclaje y biodisponibilidad de fósforo en Andosoles de Michoacán

Jeannette S. Bayuelo Jiménez[§], Magali Saldaña González 204

Aplicación foliar de silicio en la resistencia de tomate a araña roja

Roxana Ivon Resendiz-Juaréz^{1§}, Raúl René Roble-Lacayo¹, Luis Patricio Guevara-Acevedo¹, Fernando Germán Flores-Guillen¹, Juan Carlos Buenavista Centeno² 209

Tiempo de exposición de imidacloprid y azadiractina en la mortalidad de abejas



Raúl René Robles-Lacayo[§], Fernando Germán Flore-Guillen, Roxana Ivone Resendiz-Juaréz, Luis Patricio Guevara-Acevedo..... 214

Recursos agronómicos

Variación fenotípica intra-poblacional asociada al color de grano en maíz Tepecintle (*Zea mays* L.) de Rancho Cafetal, Oaxaca

María Guadalupe Reyes-Santiago¹, Ulises Santiago-López², Vicente Arturo Velasco-Velasco¹, Johana Vásquez Procopio^{1§}..... 219

Contenido de proteína y desempeño agronómico de maíz Tuxpeño pigmentado de la Chinantla, Oaxaca

Eber Sadot Caballero-Ríos¹, Ulises Santiago-López², Judith Ruiz-Luna¹, Raquel Martínez-Martínez¹, Johana Vásquez Procopio^{1§}..... 224

Diseño e implementación de un sistema de riego fotovoltaico para optimizar el crecimiento de semillas criollas de maíz en vivero

Blanca del Rosario Martín-Canché^{1,2§}, José Luis Guillen-Taje², Maximiliano Vanoye-Eligio², Pedro Salvador-Morales¹, Norma Laura Rodríguez-Ávila¹ 229

Germinación y micropropagación *in vitro* de *Piscidia piscipula* L

Leydi del Rocío Canché-Moo^{1,2}, Chelsy Denice Jimenez³, Cano Sosa Julia^{2§} 239

Evaluación de microorganismos entomopatógenos en la reducción de daño ocasionado por *Spodoptera frugiperda* en maíz

Hanzel Jesús Barroso-Aké^{1§}, Arturo Reyes-Ramírez¹, Esaú Ruiz-Sánchez¹, Rubén H. Andueza-Noh¹, Cristian Góngora-Gamboa¹, Wilberth Chan-Cupul², Luis Enrique Poot-Mena¹ 243

Efecto de la inoculación con bacterias halófilas sobre la concentración de elementos minerales en *Capsicum chinense*

Maria Concepción Magaña-Tzuc¹, Carlos Juan Alvarado-López^{2§}, Arely Anayansi Vargas-Díaz³, Arturo Reyes-Ramírez¹, José Quinatzin García Maldonado⁴, Emanuel Hernández-Nuñez⁵, José María Tun-Suarez¹ 252

Hymenoptera Aculeata: géneros asociados al cultivo de maíz

Ana Monserrat Guzmán Hernández[§], Diana Laura Méndez Flota, Marcelo Méndez Sánchez, Katia Dianey Amaya Cauich, Randy Joel Rosado Albornoz, Esaú Ruiz Sánchez, Horacio Salomón Ballina Gómez, Joaquin Sergio López Vázquez..... 258

Algas marinas y nitrato de amonio-urea líquida en parámetros agronómicos en el cultivo de chile serrano

Carlos Moises Paredes-Rodriguez¹, Luis Patricio Guevara-Acevedo^{2§}, Oscar Arath Grageda-Cabrera³, Daniel Rodríguez-Mercado², Juan Carlos Buenavista-Centeno¹, Coral Martinez-Nolasco⁴ 264

Fertilización con microelementos en el rendimiento y calidad del fruto de pepino (*Cucumis sativus* L.)

Cecilia del Carmen Campos-López¹, Luis Patricio Guevara -Acevedo^{2§}, Abril de María Montesinos-Bernal², Juan Carlos Buenavista -Centeno², Ricardo Yáñez-López², Fernando German Flores -Guillen² 268



Aplicación foliar de biomoléculas en parámetros de producción del cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris*)

José Alfredo Godínez Labrada¹, Luis Patricio Guevara Acevedo^{1§}, Paulino Vega Rodríguez¹, María Eugenia Gallardo Rodríguez¹, Sarahyt S. González Figueroa² 272

Efecto de la aplicación de foliar de algas marinas y UAN 32 sobre parámetros agronómicos en tomate (*Solanum lycopersicum* L.) variedad Fierro

Miguel Ángel Sánchez-Olvera¹, Luis Patricio Guevara-Acevedo^{2§}, Coral Martínez-Nolasco³, Oscar Arath Grajeda-Cabrera⁴, Sarahyt Santamaria Gonzáles-Figueroa⁴, Rodrigo Ramírez-Rodríguez² 276

Efecto de la fertilización micro-elemental en producción y fotosíntesis en Tomate (*Solanum lycopersicum* L.)

Juan Carlos Buenavista Centeno¹, Luis Patricio Guevara Acevedo^{2§}, Carlos Moises Paredes Rodríguez¹, Ricardo Yáñez López², Rodrigo Ramírez Rodríguez² Abril de María Montesinos Bernal¹ 280

Fuentes de selenio para mejorar el rendimiento y la biofortificación del frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.)

Soledad García-Morales^{1§}, Alejandro Salvador Macías-Sandoval², José Martín I. Ramírez-Muñoz³, José Juvenio Castañeda-Nava⁴, Overlin Brandon Hernández Fernández⁴ 284

Recursos pecuarios

Características reproductivas en gallinas Sasso en un sistema semi-intensivo

Yaneisi Rosario Mejía-Angeles^{1§}, Martha Patricia Jerez-Salas¹, Héctor Luis-Chincoya², Salvador Lozano-Trejo¹, Gisela Margarita Santiago-Martínez¹

Efecto de la fertilización sobre el establecimiento del mijo perla (*Cenchrus americanus*) en los Valles Centrales de Oaxaca

Primavera Pérez-Ramos¹, Yuri Villegas-Aparicio^{1§}, Filogonio Jesús Hernández-Guzmán², Rigoberto Castro-Rivera³, Aarón Martínez-Gutiérrez¹, José Raymundo-Enríquez del Valle¹, José Cruz-Carrillo-Rodríguez¹ 295

Impacto estacional de los recursos florales en los parámetros espermáticos en abejas reinas (*Apis mellifera* L.)

María Fernanda Hevia-Lara¹, Álvaro Efrén Domínguez-Rebolledo^{2§}, Juan José Baeza-Rodríguez², Roberto Zamora Bustillos¹, Julio Porfirio Ramón-Ugalde¹, Aurora Xolalpa-Arocha³ 300

Efecto protector del plasma seminal y el antioxidante crocina sobre la integridad del ADN espermático ovino criopreservado

Andrea Chan-Borges¹, Álvaro Domínguez-Rebolledo², Julio Ramón-Ugalde¹, Juan Baeza-Rodríguez², Diana Canché-Martín^{1§}, Benjamín Ortiz-de la Rosa¹ 305

Análisis de la variabilidad morfoestructural del cerdo criollo del estado de Yucatán

Naomi del Carmen Cih-Angulo^{1§}, Ángel Carmelo Sierra-Vásquez¹, Raciél Javier Estrada-León², Julio Cesar Rodríguez-Pérez¹ 310

Producción de forraje y captura de carbono de *Brosimum alicastrum* en los suelos pedregosos del Centro-Norte de Yucatán

Regina Abigail López-Euán^{1§}, José Guadalupe Escobedo-Mex¹, Francisco Javier Solorio-Sánchez², Ingrid Abril Valdivieso- Pérez¹, Julio Ramón-Ugalde¹ 315



Jengibre como aditivo fitogénico: impacto en la población de protozoarios de ovinos de pelo

Bartolo Isaias Puc-Ek[§], Ángel Esteban Chable-Piste, Darwin Nicolas Arcos-Álvarez, Ingrid Abril Valdivieso-Pérez, Ángel Trinidad Piñeiro-Vázquez, Edgar Aguilar-Urquizo..... 319

Efecto de la inclusión de harina de semilla de *Brosimum alicastrum* sobre la cinética de fermentación ruminal *in vitro*

Gonzalo Jesús Zapata-Pérez¹, Darwin Arcos-Álvarez¹, Luis Alberto Canul-Ku², Ingrid Valdivieso-Pérez¹, Angel Piñeiro-Vázquez^{1§} 322

Dieta para ovinos en etapa de engorda

Karla I. Herrera-Hernández¹, Luis P. Guevara-Acevedo^{2§}, Ricardo Yáñez-López², José David Ochoa-Mancera², Roxana I. Reséndiz-Juarez², María Eugenia Gallardo-Rodríguez² 326



Revista Mexicana de Agroecosistemas
Vol. 13 (Suplemento 2), 2026, 20 - 22 de mayo 2026, ISSN: 2007-9559
III Congreso Internacional de Agroecosistemas

RESÚMENES CORTOS



Rendimiento de cálices secos de dos variedades de jamaica del INIFAP bajo condiciones de temporal en la Costa de Oaxaca

Yield of dried calyces of two roselle varieties from INIFAP under rainfed conditions of the Oaxacan Coast

Luis Antonio Gálvez-Marroquín^{1§}, Andrés Soriano-Martínez², Rocío Toledo-Aguilar³

^{1§}Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Campo Experimental Valles Centrales de Oaxaca. Villa de Etla, Oaxaca, México. CP 68200. ²Universidad para el Bienestar Benito Juárez García (UBBJ), Sede Villa de Tututepec. Río Grande, Villa de Tututepec, Oaxaca, México. CP 71830. ³INIFAP. Campo Experimental Iguala. Iguala de la Independencia, Guerrero, México. CP 40000. [§]Autor de correspondencia: (galvez.luis@inifap.gob.mx).

Resumen

El objetivo del presente estudio fue evaluar el rendimiento de cálices secos de dos variedades de jamaica desarrolladas por el INIFAP en Guerrero, bajo condiciones de temporal en la Costa de Oaxaca durante el ciclo productivo PV-2025. La siembra se realizó los días 4 y 6 de agosto en Santo Domingo de Morelos (precipitación de 850 mm) y Río Grande (703 mm), en suelo franco arenoso y franco arcilloso, respectivamente. Las variedades evaluadas fueron Estrella Costeña (cálices púrpuras) y Patriota (cálices rojos), con Criolla (cálices rojos) y Sudán (cálices púrpuras) como testigos regionales. Se utilizó una densidad de 10 000 plantas por hectárea y las labores culturales se realizaron conforme a las prácticas del productor. La cosecha se efectuó el 1 y el 4 de diciembre, excepto Criolla, cosechada el 15 de diciembre. El secado de los cálices fue a sol directo por siete días. El experimento se condujo bajo un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. Los datos de cada localidad se analizaron de forma

independiente mediante análisis de varianza, y la comparación de medias mediante la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$). Se detectaron diferencias significativas entre tratamientos en ambas localidades. En Río Grande, Estrella Costeña registró el mayor rendimiento con 1.02 t ha⁻¹, similar a Patriota con 0.95 t ha⁻¹, pero estadísticamente superior a Sudán y Criolla (0.89 y 0.68 t ha⁻¹). En Santo Domingo de Morelos, Estrella Costeña, Patriota y Sudán obtuvieron los mayores rendimientos con 0.91, 0.90 y 0.83 t ha⁻¹, respectivamente, que superaron significativamente a Criolla con 0.59 t ha⁻¹. En conclusión, Estrella Costeña y Patriota representan alternativas promisorias para la Costa de Oaxaca al superar en rendimiento a los materiales locales en ambas localidades.

Palabras clave: *Hibiscus sabdariffa* L., Estrella, Costeña, Patriota, variedades mejoradas.



Comportamiento agronómico de genotipos de jamaica de cálices claros bajo condiciones de temporal en la Costa de Oaxaca

Agronomic behavior of light-colored calyx roselle genotypes under rainfed conditions in the Oaxacan Coast

Montserrat de Jesús López-Torres¹, Teresa de Jesús López-Torres¹, Luis Antonio Gálvez-Marroquín^{2§},

Rocío Toledo-Aguilar³, Rodrigo Santiago-Cabrera⁴

¹Universidad para el Bienestar Benito Juárez García (UBBJ), Sede Villa de Tututepec. Río Grande, Villa de Tututepec, Oaxaca, México. CP 71830. ²Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Campo Experimental Valles Centrales de Oaxaca. Villa de Etila, Oaxaca, México. CP 68200. ³INIFAP. Campo Experimental Iguala. Iguala de la Independencia, Guerrero, México. CP 40000. ⁴Instituto Tecnológico de Comitancillo. Carretera Ixtaltepec - Comitancillo km 7.5, San Pedro Comitancillo, Oaxaca. CP 70750. [§]Autor de correspondencia: (galvez.luis@inifap.gob.mx).

Resumen

Con el objetivo de identificar materiales con mayor adaptabilidad y rendimiento en San José del Progreso, se evaluó el comportamiento agronómico de genotipos de jamaica de cálices claros bajo condiciones de temporal. La siembra se realizó el 30 de agosto de 2025 en suelo franco arenoso, y la cosecha del 1 al 5 de diciembre, excepto Criolla, cosechada el 14 de diciembre. Se evaluaron los genotipos W1, W3 y W4, y las variedades Alma Blanca, Quinbarina y Q-PV; como testigos locales se incluyeron Criolla y Sudán (cálices rojos y púrpura, respectivamente). Las variables registradas fueron altura de planta, diámetro basal de tallo, número de ramas y rendimiento de cálices secos por hectárea. Durante el ciclo se registraron temperatura de 29.14 °C, humedad relativa de 77.32 % y precipitación de 546.6 mm. Se empleó un diseño experimental bloques al azar con cuatro repeticiones; los datos se analizaron mediante ANOVA y la comparación de medias con Tukey ($p \leq 0.05$). Los resultados indicaron diferencias significativas entre

tratamientos en todas las variables. Quinbarina y Criolla registraron las mayores alturas de planta (179.12 y 174.43 cm), mientras que Sudán presentó el menor porte (144.37 cm). El diámetro basal fue mayor en Quinbarina y W4 (27 mm), y menor en Sudán (20.05 mm). En número de ramas, todos los materiales (23–28 ramas) superaron a Sudán (13 ramas). Respecto al rendimiento, Q-PV obtuvo la mayor producción de cálices secos (843.75 kg ha⁻¹), superando a Criolla (466.5 kg ha⁻¹) y Sudán (519.87 kg ha⁻¹); W3 registró el menor rendimiento (425.5 kg ha⁻¹). Se concluye que Q-PV es una alternativa promisorio para la Costa de Oaxaca, al mostrar superioridad en rendimiento frente a las variedades de referencia.

Palabras clave: adaptabilidad, desempeño agronómico, *Hibiscus sabdariffa* L., rendimiento.



Crecimiento in vitro de Prosthechea cochleata en diferentes medios de cultivo y pH

In vitro growth of Prosthechea cochleata in different culture media and pH levels

Guadalupe Betanzos-Cruz[§], Vicente Arturo Velasco-Velasco, José Raymundo Enríquez-del Valle, Judith

Ruíz Luna

Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca (ITVO). Ex Hacienda de Nazareno, Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca, 71233. §Autor de correspondencia (gbc.biologa@gmail.com).

Resumen

Prosthechea cochleata es una orquídea neotropical con alto valor ornamental y ecológico, su preservación y aprovechamiento comercial sostenible depende del desarrollo de protocolos de propagación eficientes. Actualmente, está protegida por la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES). El objetivo fue determinar el efecto de diferentes concentraciones de sales inorgánicas y niveles de pH en el medio de cultivo, sobre el crecimiento *in vitro* de plántulas de esta especie. El experimento se desarrolló bajo condiciones controladas de laboratorio, empleando el diseño experimental completamente al azar con arreglo factorial 3×4. Los factores bajo estudio consistieron en tres formulaciones de sales inorgánicas, Knudson, Murashige y Skoog (MS) 50 % y Woody Plant Medium; y cuatro niveles de pH, 4.5, 5.0, 5.5 y 6.0 resultando 12 tratamientos con 15 repeticiones. La unidad experimental fue un frasco con 10 plántulas. Los análisis estadísticos (Tukey, $p \leq 0.05$) evidenciaron que el medio de cultivo mostró efecto significativo en el

número y longitud de hojas, así como en el número y longitud de raíces y área foliar. El factor pH mostró significancia (Tukey, $p \leq 0.05$) en la longitud de hoja y el área foliar. El medio MS50 % presentó significativamente (Tukey, $p \leq 0.05$) los mayores valores en las variables longitud de plántula, de hoja, ancho de hoja y peso seco, destacando en crecimiento y vigor de las plántulas. El uso de medio MS50 % ajustado a un pH de 5.5 constituyó la condición óptima para maximizar el crecimiento de *Prosthechea cochleata*.

Palabras clave: medios de cultivo, micropropagación, Orchidaceae.



Aprovechamiento sustentable de *Pinus chiapensis* en bosques mesófilos del norte de Oaxaca

Sustainable use of *Pinus chiapensis* in cloud forests of northern Oaxaca

Rosario Aquino-López^{1§}, Ernesto Castañeda-Hidalgo¹, Mario Enrique Fuente-Carrasco², Gisela Margarita Santiago-Martínez¹, Salvador Lozano-Trejo¹, Martha Patricia Jerez-Salas¹

¹Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca. Ex Hacienda de Nazareno, Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca, México. 71230. ²Instituto de Estudios Ambientales de la Sierra Juárez. Cam. a la Universidad s/n Ixtlán de Juárez, Oaxaca, México. 68725. [§]Autor de correspondencia: (rousaquino94@gmail.com).

Resumen

En los bosques mesófilos de montaña del norte de Oaxaca, la conservación y el uso sustentable enfrentan un desafío creciente debido a la presión sobre sus recursos naturales. En este contexto, el manejo orientado al aprovechamiento maderable sustentable ha cobrado relevancia como estrategia para equilibrar producción y conservación. Las Unidades de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre (UMA) se consolidan como alternativa para el aprovechamiento de especies en categoría de protección especial. El estudio evaluó el efecto de la temporalidad del aprovechamiento sobre variables dasométricas de *Pinus chiapensis* en San Juan Juquila Vijanos, Oaxaca. Se establecieron 24 sitios de muestreo de 400 m², distribuidos en dos áreas bajo manejo (anualidad uno, 2020; anualidad cinco, 2025) y un área testigo, ocho sitios por condición. Se registraron variables dasométricas y se recolectaron muestras para determinar propiedades físicas de la madera. Se aplicaron pruebas de homogeneidad, ANOVA y comparación de medias de Tukey ($\alpha = 0.05$). El análisis mostró que el aprovechamiento no afectó significativamente las variables de sitio, la gravedad

específica (GE) (0.48 g cm⁻³) ni el contenido de humedad (CH) (56.40 %). Sin embargo, influyó significativamente en el diámetro normal (DN) y la altura total (AT) ($p \leq 0.01$). El diámetro promedio fue de 22.84 cm (anualidad uno), 37.19 cm (anualidad cinco) y 52.75 cm (testigo); la AT total alcanzó 15.96 m, 21.90 m y 26.48 m, respectivamente. La distribución diamétrica en las áreas bajo manejo siguió una curva en “J” invertida, acorde con los objetivos silvícolas, mientras que en el testigo fue irregular. Los resultados confirman que el manejo planificado mejora la estructura, calidad y productividad del bosque, favoreciendo la regeneración natural y la continuidad de la masa forestal.

Palabras clave: análisis dasométrico, estructura diamétrica, gravedad específica, regeneración natural, silvicultura.



Factores asociados al grado de inseguridad alimentaria en comunidades rurales de Oaxaca, México

Factors associated with the degree of food insecurity in rural communities of Oaxaca, Mexico

**Carlos Gerardo Hernández-Aguilar^{1§}, Gisela Margarita Santiago-Martínez¹, Juan Regino-Maldonado²,
Ernesto Castañeda-Hidalgo¹, Salvador Lozano-Trejo¹, Martha Patricia Jerez-Salas¹**

¹Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca (ITVO). Carretera al ITAO s/n, Ex-Hacienda de Nazareno, Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca, CP 71233. ²Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Oaxaca. Calle Hornos 1003, Santa Cruz Xoxocotlán, 71233 Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca. [§]Autor de correspondencia: (aguilarc_92@hotmail.com).

Resumen

El ser humano para sobrevivir se ve obligado a resolver problemas y cubrir necesidades básicas, donde la alimentación es considerada como la principal a cubrir, sin embargo, en la actualidad el 44 % de la población en México, carece de acceso a una alimentación sana y saludable. El objetivo del estudio fue analizar los factores sociales, económicos y ambientales asociados al grado de inseguridad alimentaria. Se trabajó con cuatro municipios en tres regiones del estado de Oaxaca, México. Para conocer el grado de seguridad e inseguridad alimentaria en los hogares, se utilizó la Escala Latinoamericana y del Caribe sobre Seguridad Alimentaria (ELCSA), y se aplicó una encuesta de forma dirigida a 127 hogares distribuidos en los cuatro municipios. El análisis estadístico consistió en una prueba de independencia de chi cuadrada (χ^2), para identificar el factor social, económico, ambiental y político asociados al grado de inseguridad alimentaria en los municipios de estudio. Los resultados muestran una interacción entre el grado de inseguridad alimentaria con factores económicos como el nivel bajo, medio y alto de ingreso mensual de los jefes de familia ($p \leq 0.01$) y en cuanto al acceso, la lejanía de mercados y tiendas ($p \leq 0.01$) para adquirir sus alimentos. Para factores sociales, ambientales y políticos no se encontró asociación con el grado de inseguridad

alimentaria. Se concluye que, en los municipios de estudio, solo los factores relacionados a la economía en el hogar tienen una asociación significativa, vinculada directamente a apoyos derivados de los programas sociales, esto determina la capacidad de compra y prioridad de gastos en los diferentes alimentos para su consumo, además, la distancia a tiendas y mercados influye al afectar el acceso a los alimentos, es decir a mayor distancia existe mayor riesgo de acceso y de inseguridad alimentaria.

Palabras clave: alimentación sana, capacidad de compra, ELCSA, factores.



Germinación y crecimiento inicial de *Bursera graveolens* en Oaxaca

Germination and initial growth of *Bursera graveolens* in Oaxaca

Juan Ángel García-Aguilar[§], José Raymundo Enríquez-del Valle, Rufino Sandoval-García, Gerardo Rodríguez-Ortiz, Judith Martínez-de la Cruz, José Cristóbal Leyva-López, Marcos Emilio Rodríguez-Vásquez

Tecnológico Nacional de México, Campus Valle de Oaxaca (ITVO). División de Estudios de Posgrado e Investigación. Carretera al ITAO, s/n. Ex hacienda de Nazareno, Xoxocotlán, Oaxaca, México. CP 71233.
§Autor de correspondencia: (gaja_9010@hotmail.com).

Resumen

Los copales son componentes característicos de la selva baja caducifolia del estado de Oaxaca; sin embargo, algunas especies como *Bursera graveolens* han sido poco estudiadas. El objetivo de esta investigación fue evaluar la germinación y el crecimiento inicial de esta especie en condiciones de vivero. En marzo de 2025 se estableció un experimento en un invernadero en el ITVO, con semillas provenientes de 10 árboles seleccionados en campo por sus características fenotípicas superiores. Se sembraron 100 semillas por árbol en charolas forestales con sustrato turba-perlita (1:1). La germinación total se evaluó a los 40 días. Posteriormente, se realizaron tres evaluaciones bimestrales de altura total (cm) y diámetro de base (cm) para estimar la tasa relativa de crecimiento (TRC, cm/mes). Se aplicó un análisis de varianza (ANOVA) bajo un diseño completamente aleatorizado con arreglo factorial 3×9 (tres muestreos y nueve árboles). El porcentaje de germinación promedio de los 10 árboles fue del 4 %. No se detectaron diferencias estadísticas significativas en el factor número de árbol para las variables de crecimiento; en promedio, la TRC fue

de 1.41 cm mes⁻¹ en altura y 0.31 cm mes⁻¹ en diámetro de base. En contraste, el factor muestreo mostró diferencias significativas ($p = 0.03$) para el diámetro de base, con un incremento de 0.38 cm/mes a 0.97 cm/mes entre el primer y tercer muestreo. La germinación bajo las condiciones evaluadas fue baja, lo que sugiere la presencia de latencia o requerimientos específicos de germinación. Asimismo, el crecimiento inicial fue lento, aunque con una tendencia de incremento en el diámetro de base conforme avanzó el tiempo, lo que refleja un proceso gradual de establecimiento de las plántulas.

Palabras clave: altura, árbol, copal, diámetro, muestreo.



Diseño de cebadores de genes relacionados con las fitohormonas en chayote (*Sechium edule*)

Primer design of genes related to phytohormones in chayote (*Sechium edule*)

Rosalía Núñez-Pastrana^{1§}, Carlos Alberto Lecona-Guzmán², Víctor Manuel Ruíz-Valdiviezo², Jorge

Alberto Alejandro-Rosas³, Luz Anel López-Garay¹

¹Universidad Veracruzana. Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Amatlán de los Reyes, Veracruz, 94945, México. ²Tecnológico Nacional de México, Campus Tuxtla Gutiérrez. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, 29050, México. ³Universidad Veracruzana. Facultad de Ciencias Químicas. Orizaba, Veracruz, 94340, México. [§]Autor de correspondencia: (ronunez@uv.mx).

Resumen

El chayote es una especie comestible con gran importancia comercial en Veracruz, y México es uno de los principales productores a nivel mundial, el conocer la secuencia de genes involucrados en la síntesis y señalización de fitohormonas, es crucial para conocer las respuestas de la planta frente a diversos tipos de estrés y para programas de mejoramiento. El objetivo de este estudio fue diseñar cebadores para amplificar genes relacionados con diversas fitohormonas en chayote. Se descargaron de la base de datos del NCBI, secuencias de genes reportados en otras cucurbitáceas relacionados con las auxinas, el ácido abscísico y el etileno, las secuencias se alinearon utilizando el programa BioEdit, una secuencia se utilizó como molde para el diseño de los cebadores utilizando la plataforma "Herramienta para el diseño de cebadores-NCBI" considerando genomas de cucurbitáceas, se eligieron los cebadores que se encontraran en regiones conservadas. El ADN se extrajo por el método del CTAB para realizar las reacciones en cadena de la polimerasa. Los resultados mostraron diversas amplificaciones inespecíficas de genes como *ERFI*, *ABA deficient 4*, *Proteína de respuesta a auxinas IAA8*; no obstante, se logró la amplificación y secuenciación exitosa de dos genes, *ACO* (ACC oxidasa) y *CTR1* (triple respuesta

constitutiva), ambos relacionados con la síntesis y señalización del etileno. *ACO* tuvo un 87.99 % de identidad con *ACO1* de *Cucumis melo*, y *CTR1* tuvo un 95.8 % de identidad con *CTR2* de *Cucurbita pepo*. Se concluye, que las bases de datos con la información de genes de diferentes cucurbitáceas es una fuente importante para lograr conocer la secuencia de estos genes en chayote, lo cual permitirá realizar análisis de expresión génica en esta especie vegetal en respuesta a diversos tipos de estrés.

Palabras clave: ACC oxidasa, CTR1, Cucurbitaceae, PCR, secuencia génica.



Variación morfológica en accesiones nativas de “chile de agua” (*Capsicum annuum* L.) bajo invernadero

Morphological variation in native accessions of “chile de agua” (*Capsicum annuum* L.) under greenhouse conditions

Karen del Carmen Guzmán-Sebastián[§], Vicente Arturo Velasco-Velasco, Judith Ruiz-Luna, Johana

Vásquez-Procopio, José Raymundo Enríquez-del Valle, Gerardo Rodríguez-Ortiz

Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca. Ex hacienda de Nazareno, Xoxocotlán, Oaxaca, México. CP 71233. §Autor de correspondencia: (karen_guzmansebastian@hotmail.com).

Resumen

El chile de agua es un morfotipo nativo de la región Valles Centrales de Oaxaca, es un fruto pungente cultivado bajo diferentes esquemas de manejo con una variación morfológica aun por estudiar en sus poblaciones. El objetivo de este estudio fue describir la variación de caracteres morfológicos cuantitativos *ex-situ*, en plantas y frutos de cuatro accesiones nativas de “chile de agua” de Valles Centrales, Oaxaca en invernadero. En un diseño completamente al azar, se establecieron cuatro accesiones de “chile de agua” de noviembre 2024 a marzo 2025, que corresponden a las cuatro localidades en un invernadero tipo cenital con acolchado plástico a doble hilera (40 cm) ubicado en la Villa de Zaachila, Oaxaca. Cada accesión fue un tratamiento, la unidad experimental fue una planta con 15 repeticiones, con una densidad de 6.25 plantas m⁻² de cada accesión. Se utilizó el descriptor del género *Capsicum* IPGRI. Se utilizó estadística descriptiva y prueba de Kruskal y Wallis. Se encontraron diferencias significativas ($p \leq 0.001$) en los caracteres morfológicos evaluados en función de la procedencia de la accesión. Los

frutos con mayores dimensiones fueron los de Santa María Vigallo con 11.52 y 40.51 mm (largo y ancho) y 39.10 g. La mayor variación se observó en los frutos de San Sebastián de las Flores, Etlá con un CV = 28.77 % en el peso del fruto, y CV = 46.63 % en el peso de mil semillas. En general, existe variación morfológica entre las accesiones de “chile de agua” de la región. Las plantas y frutos de la accesión de Santa María Vigallo, presentaron mayor crecimiento vegetativo. La mayor variabilidad fenotípica se observó en la accesión de San Sebastián de las Flores, Etlá.

Palabras clave: caracteres, descriptor, morfotipo, variabilidad.



Efecto de biopreparados en el desarrollo del cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) bajo sistema sin suelo

Effect of biopreparations on the development of tomato crop (*Solanum lycopersicum* L.) under a soilless system

Beatriz Adriana Ambrocio-García[§], Edilberto Aragón-Robles, Graciela Zarate-Altamirano, Juan Bustamante-Luján

Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca (ITVO). Exhacienda Nazareno, Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca, México. CP 71233. §Autor de correspondencia: (m17920006@voaxaca.tecnm.mx).

Resumen

El uso de bioproductos en la agricultura ha cobrado relevancia como una opción sostenible para reducir la dependencia de insumos químicos y contribuir a la preservación de la calidad del suelo. En este contexto, el objetivo fue evaluar el efecto de los biopreparados con microorganismos de montaña activados, complementados con potasio en el desarrollo del cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.). El experimento se estableció en un invernadero ubicado en la comunidad de San Pedro Apóstol, Ocotlán, Oaxaca con un sistema de cultivo sin suelo. Se cultivó una variedad indeterminada de tomate saladette, donde la siembra se realizó en charolas de 128 cavidades para posteriormente trasplantarlas a los 27 días. El diseño experimental fue completamente al azar con cuatro tratamientos (tratamiento 1: nutrición química al 100 %, tratamiento 2: microorganismos de montaña + nutrición química. tratamiento 3: microorganismos de montaña con extracto de platanero + nutrición química y tratamiento 4:

microorganismos de montaña complementados con sulfato de potasio) y cinco repeticiones, utilizando la solución nutritiva Steiner. El análisis de varianza presentó diferencias en las variables altura, entrenudos, peso y diámetro de fruto, sobresaliendo el tratamiento 2, 3 y 4. Además, el coeficiente de correlación (Pearson, $\alpha = 0.05$) entre la longitud y peso del fruto mostró valor positivo de 0.81 ($p \leq 0.05$), que implica una relación importante entre ambas variables. Se concluye que la aplicación de microorganismos de montaña activados más nutrición química y complementados con extracto de platanero presentaron características agronómicas favorables para el cultivo de jitomate, superando al testigo químico.

Palabras clave: biopreparados, extracto de platanero, microorganismos de montaña, sulfato de potasio.



Evaluación económica y adaptabilidad de variedades de girasol ornamental (*Helianthus annuus*) en Cuilápam de Guerrero

Economic evaluation and adaptability of ornamental sunflower (*Helianthus annuus*) varieties in Cuilápam de Guerrero

Virginia Torres-López[§], Gisela Margarita Santiago-Martínez, Juan Bustamante Lujan

Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca. [§]Autor de correspondencia: (m17920151@voaxaca.tecnm.mx).

Resumen

La floricultura ornamental representa una alternativa productiva en crecimiento, destacando el girasol (*Helianthus annuus*) por su valor estético, ciclo corto y adaptabilidad. El objetivo de este estudio fue evaluar la adaptabilidad y rentabilidad de cuatro variedades de girasol ornamental en Cuilápam de Guerrero, Oaxaca. Se estableció un experimento bajo un diseño de bloques completos al azar con cuatro tratamientos: T1 = Full Sun, T2 = White Life, T3 = Vincent's Choice y T4 = Bicolor, con cuatro repeticiones por tratamiento. Se muestrearon cinco plantas por unidad experimental y se evaluaron las variables altura de planta, diámetro de tallo, diámetro del capítulo y vida de florero. Se realizó análisis de varianza y comparación de medias mediante el programa SAS versión 9.1, además del registro de costos para el análisis económico. Los resultados mostraron diferencias significativas ($p \leq 0.05$) en variables agronómicas, destacando la altura de planta y el diámetro de capítulo. Todas las variedades presentaron buena adaptabilidad a las condiciones del sitio experimental y cumplieron con características adecuadas para su uso ornamental. En términos económicos, los

tratamientos resultaron rentables ($B/C > 1$); sin embargo, la variedad Vincent's Choice destacó por presentar mejores atributos de calidad ornamental y mayor potencial de comercialización. Se concluye que las variedades evaluadas son viables para su producción en la región, siendo Vincent's Choice la opción más sobresaliente en términos agronómicos y económicos.

Palabras clave: análisis económico, bicolor, flor de corte, Full Sun, Vincent's Choice, White Life.



Dinámica de la relación C:N del suelo en áreas bajo tratamientos silvícolas

Dynamics of the soil C:N ratio in areas under silvicultural treatments

Ashmir Ambrosio-Lazo^{1§}, Gerardo Rodríguez-Ortiz², Wenceslao Santiago-García³, Salvador Lozano Trejo², Vicente A. Velasco-Velasco², José R. Enríquez-del Valle²

^{1,2}Estudiante, investigador, Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca. División de Estudios de Posgrado e Investigación, Ex Hacienda de Nazareno, CP 71233, Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca, México. ³Universidad de la Sierra Juárez. Instituto de Estudios Ambientales. Cam. a la Universidad, CP 68725, Ixtlán de Juárez, Oaxaca, México. [§]Autor para correspondencia: (ashmir26@gmail.com).

Resumen

En la actualidad, el cambio climático genera una preocupación mundial, lo que ha impulsado el estudio de los sumideros de CO₂. En este sentido, los suelos forestales almacenan grandes cantidades de carbono (C). Asimismo, el C está estrechamente relacionado con el nitrógeno, ya que ambos regulan la fertilidad del suelo; sin embargo, la disponibilidad de estos nutrientes depende de la conservación y del manejo adecuado. El objetivo de este estudio fue analizar la relación C:N del suelo en áreas conservadas y en sitios sometidos a diferentes tratamientos silvícolas (TS) en Ixtlán de Juárez, Oaxaca, México. En 2025 se establecieron 98 sitios de muestreo distribuidos en seis tratamientos: segundo aclareo (2A), tercer aclareo (3A), corta de liberación (CL), selección (S), matarrasa a 10 años (MI0) y matarrasa a 20 años (M20), además de un área sin manejo (ASM). En cada sitio se realizó el inventario arbóreo y se tomaron muestras de suelo por cuadrante (a 30 cm de profundidad) para determinar el contenido de C y N. Las ASM presentaron la mayor acumulación de carbono en el suelo (109.77 t ha⁻¹), con diferencias significativas respecto a los

TS ($p < 0.01$), los cuales registraron en promedio 67.88 t ha⁻¹. En cuanto a la relación C:N, las áreas bajo MI0 mostraron valores elevados (29.53), asociados a una menor descomposición de la materia orgánica, por otro lado, los demás tratamientos se ubicaron dentro de un rango óptimo (8.9–18.15), con excepción de M20, que presentó valores bajos (5.21). Los tratamientos silvícolas modifican los patrones de la relación C:N, por lo que es necesario implementar prácticas complementarias que contribuyan a mantener la funcionalidad del suelo forestal.

Palabras clave: áreas sin manejo, Ixtlán de Juárez, materia orgánica, tratamientos complementarios.



Modelado matemático y cinética de la germinación *in vitro* de esporas de *Hemileia vastatrix* bajo diferentes regímenes térmicos y de pH

Mathematical modelling and kinetics of *in vitro* germination of *Hemileia vastatrix* spores under different temperature and pH conditions

Miguel Morales-Antonio¹, Gisela Santiago-Martínez^{1§}, Ernesto Castañeda-Hidalgo¹, Salvador Lozano-Trejo¹, José Carrillo-Rodríguez¹, Celerino Robles-Perez²

¹TecNM. Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca. División de Estudios de Posgrado e Investigación. Ex-Hacienda de Nazareno, Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca, CP 71233, México.; ²Instituto Politécnico Nacional. CIIDIR Unidad Oaxaca. Hornos 1003, Col. Noche Buena, Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca, CP 71230, México. §Autor de correspondencia: (gisela.sm@voaxaca.tecnm.mx).

Resumen

La germinación es la fase determinante del ciclo infectivo de la roya del café. El objetivo fue determinar la cinética germinativa de *Hemileia vastatrix* mediante NLIN (método Marquardt). Se evaluaron ocho temperaturas (18 – 32°C) y 3 pH (3.7, 5.7 y 7.7) en condiciones de luz y oscuridad. El análisis de regresión no lineal demostró que el pH controla la capacidad germinativa (L) y la temperatura, la tasa de germinación (K). En condiciones de oscuridad L se mantiene estable entre 18 y 24°C, pero K y tiempo de germinación (t_0) mejoran con la temperatura. En este sentido, aunque a 18°C y pH 5.7 existe alta germinación, el modelo cinético demuestra que con 22°C el proceso se optimiza y acelera (t_0 más corto), no obstante, con temperaturas mayores a los 26°C la respuesta germinativa se modifica. Respecto de los pH 3.7 y 7.7, la germinación se vio limitada por acidez y alcalinidad, pero en 7.7 y 28°C se invirtió el comportamiento biológico respecto del pH de 5.7 en el que el hongo cambia su preferencia de pH, bajo estrés calórico. El modelo logístico

permitió inferir que las esporas tienen una agresividad cinética con un t_0 entre 4 y 6 horas, temperatura entre 20 y 22°C y pH de 5.7. Al respecto de las condiciones de luz (factor inhibidor de la germinación) se alteró negativamente L , K y t_0 . Por otra parte, existió un umbral crítico de germinación en pH 3.7 y 18°C donde no hubo respuesta germinativa ($L = 0$) por lo que se impidió la convergencia del modelo (singularidad del Hessiano). Con estos resultados podemos inferir sobre la cinética germinativa de *Hemileia vastatrix* en las condiciones climáticas tropicales.

Palabras clave: humedad, roya del café temperatura.



El papel de los probióticos en dietas vegetales para crustáceos: retos y oportunidades en acuicultura sostenible

The role of probiotics in plant-based diets for crustaceans: challenges and opportunities in sustainable aquaculture

Xochitl Cortes-González[§], Rodolfo Benigno De los Santos-Romero, Nathali Martínez-Salazar

Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca (ITVO). Ex Hacienda de Nazareno SN. Nazareno Xoxocotlán, CP. 71233. Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca, México. [§]Autor de correspondencia: (xochitlcor05@gmail.com).

Resumen

En la acuicultura se utiliza tradicionalmente la harina y el aceite de pescado como fuente principal de proteína en la formulación de dietas destinadas a la alimentación de especies acuícolas en general. Sin embargo, el uso de estos productos crea dependencia de insumos de origen marino e incrementan los costos de producción. Para ello se ha implementado el uso de dietas vegetales, las cuales pueden presentar limitaciones en la digestibilidad y disponibilidad de nutrientes esenciales, por lo que se ha impulsado el uso de probióticos como una alternativa para mejorar el aprovechamiento de las dietas. El objetivo de la presente investigación fue analizar la importancia de los probióticos en el aprovechamiento de las dietas vegetales en crustáceos de importancia acuícola. Para el análisis se utilizó la técnica de la investigación documental a partir de una revisión de literatura científica. La investigación evidenció que los probióticos desempeñan un papel clave en

la adaptación de las dietas vegetales. Estos microorganismos actúan como una herramienta biotecnológica capaz de modular la microbiota intestinal del hospedador y favorecer la digestibilidad de las materias primas vegetales mediante la producción de enzimas digestivas, las cuales permiten la degradación de compuestos complejos en formas simples, facilitando su absorción y una mejor utilización de los nutrientes. En conjunto, estos efectos se reflejan en una mejora en el crecimiento y desempeño de las especies acuícolas. En conclusión, los probióticos optimizan el aprovechamiento de las dietas vegetales, mejoran la eficiencia nutricional y reducen los costos en los sistemas acuícolas. Se recomienda continuar con la investigación en temas como la selección de cepas, dosis adecuadas y condiciones de aplicación para maximizar sus beneficios.

Palabras clave: acuicultura, crustáceos, digestibilidad, probióticos.



Efecto de la interacción entre iluminación y fertilización en características fisiológicas de esquejes de crisantemo

Effect of the interaction between lighting and fertilization on physiological characteristics of chrysanthemum cuttings

Fátima Manuel Zárate^{1§}, José Raymundo Enríquez-del Valle¹, Alfonso Vásquez López², Gerardo

Rodríguez-Ortiz¹, Isidro Morales-García², Yuri Villegas-Aparicio¹

¹Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca. Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca, México. CP 71233. ²Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Oaxaca. Santa Cruz Xoxocotlán, CP 71230. [§]Autor de correspondencia: (manuelzaratef.97@gmail.com).

Resumen

La calidad genética y sanitaria de las plantas madre de *Chrysanthemum x morifolium* var. Polaris White es fundamental para realizar su propagación asexual mediante estacas herbáceas. Factores como la iluminación y la fertirrigación influyen directamente en el enraizamiento, crecimiento vegetativo e inhibir en esta etapa la floración de los esquejes. Por lo que el objetivo de este trabajo fue evaluar las características fisiológicas (tasa fotosintética neta, conductancia estomática, concentración interna de CO₂ y transpiración) debido al efecto de cuatro diferentes calidades de iluminación, en base a longitudes de onda (roja, azul, violeta y blanca) y cuatro tipos de fertirrigación (biol, fosfosoil, Steiner 100 % y agua), en un diseño factorial 4×4 en bloques, generando 16 tratamientos en invernadero. A la semana 10 se midieron las variables, encontrándose diferencias significativas en la tasa fotosintética neta y en la transpiración. Las plantas expuestas a luz blanca y violeta mostraron mayores tasas fotosintéticas en comparación con las plantas expuestas a luz roja, aunque las plantas en esta última mantuvieron mayor concentración interna

de CO₂. Las plantas fertirrigadas con fosfosoil incrementaron su fotosíntesis y la apertura estomática respecto a las fertirrigadas con Steiner y Biol. Las plantas tratadas con luz blanca + fosfosoil mostraron la mayor tasa de fotosíntesis neta (9.0981 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) y transpiración (10.8946 $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$). En conclusión, la combinación de luz blanca y fertilización con fosfosoil optimiza la fisiología de las plantas madre, favoreciendo la producción de esquejes de alta calidad y uniformidad.

Palabras clave: características fisiológicas, crisantemo, fertirriego, longitud de onda.



Respuesta de la densidad de plantación en la calidad floral y daño fitosanitario en plantas de borla (*Celosia argentea* var. *cristata*)

Response of planting density on floral quality and phytosanitary damage in tassel plants (*Celosia argentea* var. *cristata*)

Fabiola Azucena Hernández Santiago^{1§}, Edilberto Aragón Robles¹, Eduardo Antonio Zárate Martínez²

¹Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca. Ex Hacienda de Nazareno s/n, Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca, México. ²Productor cooperante. San Felipe del Agua, Oaxaca de Juárez, Oaxaca, México. [§]Autor de correspondencia: (azucena51534@gmail.com).

Resumen

La borla (*Celosia argentea* var. *cristata*) es una flor ornamental de alto valor estacional en Oaxaca; su manejo local dispone de información limitada sobre densidad de plantación, calidad floral y daño fitosanitario. El objetivo fue evaluar el efecto de tres distancias entre plantas sobre variables vegetativas, atributos florales y porcentaje de plantas dañadas en un cultivo establecido en San Felipe del Agua, Oaxaca. El ensayo se condujo en campo abierto bajo diseño en bloques completos al azar, con tres tratamientos: T1 = 20 cm, T2 = 25 cm y T3 = 30 cm entre plantas, y tres repeticiones. En cada unidad experimental (T1 = 240 plantas por UE; T2 = 190 plantas por UE; T3 = 160 plantas por UE), se muestreó 10 % de las plantas. Se registraron altura de planta, grosor de tallo, largo, ancho y altura de flor, así como plantas dañadas; los datos se analizaron mediante ANOVA y prueba de Tukey. T1 presentó mayores valores de largo (21.24 cm), ancho (18.27 cm) y altura de flor (19.23 cm) que T2 y T3 (Tukey, $\alpha = 0.05$), aunque tuvo el mayor daño observado (69.44 %). T2 y T3 mostraron menor tamaño floral y daños de 52.63 y 54.17 %, respectivamente. Se observaron insectos asociados al daño foliar y floral, principalmente *Epicauta*

spp., además de síntomas compatibles con complejo de pudrición de raíz. Los resultados muestran una tensión agronómica entre maximizar el tamaño floral y reducir el daño fitosanitario observado: T1 favoreció los atributos florales de tamaño, mientras que T2 ofreció una respuesta más equilibrada para el manejo local al combinar menor daño relativo, aireación, soporte entre plantas y tamaño floral intermedio. Se concluye que T1 constituye mayor tamaño de flor, no obstante, obtuvo un alto porcentaje de daño por plagas y enfermedades, condiciones a tomar en cuenta dentro de la producción florícola local oaxaqueña de pequeña escala.

Palabras clave: fitosanidad, flor de corte, flor de terciopelo, México, Oaxaca.



Caracterización agronómica de gramíneas forrajeras de corte en la planicie costera del Istmo de Tehuantepec,
Oaxaca

Agronomic characterization of forage grasses for cutting in the coastal plain of the Isthmus of Tehuantepec,
Oaxaca

Edsel Jesús Bernal Antonio, Veremundo Morales Velásquez, Zulma Castillejos Antonio[§], Juan Rendón
Cruz, José Manuel Cabrera Toledo

TECNM. Instituto Tecnológico de Comitancillo. San Pedro Comitancillo, Oaxaca. Carretera Ixtaltepec-
Comitancillo km 7.5. CP 70750. [§]Autor de correspondencia: (zulma.ca@comitancillo.tecnm.mx).

Resumen

Cinco diferentes especies forrajeras del género *Pennisetum*, fueron evaluadas en el Instituto Tecnológico de Comitancillo, ubicado en San Pedro Comitancillo, Oaxaca. Rodas, CT-169, CT-115, OM-22 y Elefante Morado, sometidas a dos cortes. Se utilizó un diseño experimental en bloques al azar con arreglo en parcelas divididas siendo las parcelas grandes las especies de gramíneas y las subparcelas los cortes realizados. Se midieron las variables: altura de planta (ALP), rendimiento de forraje verde (RFV), rendimiento de materia seca (RMS), materia muerta (MM) y la relación hoja/tallo (RHT). El análisis estadístico mostró significancia entre especies ($p \leq 0.05$), así como en cortes para variables de rendimiento de forraje verde, rendimiento de materia seca materia seca y relación hoja/tallo. Rodas se destacó con mayor RFV (161.08 t ha⁻¹) y RMS (26.45 t ha⁻¹), superando significativamente a casi todas las

demás especies, especialmente al Elefante Morado y OM-22. El segundo fue CT169 fue en RFV, también sobresalió con buen RMS (23.82 t ha⁻¹) pero con el MM más alto (0.54 kg). OM-22, aunque fue bajo en RFV y RMS, posee la mayor RHT (0.73), lo que generalmente implica mayor calidad para uso forrajero. Las variedades CT115 y Elefante Morado fueron menores en RFV y RMS, aunque CT115 presentó buena RHT (0.57) y Elefante Morado demostró valores bajos en general. El tiempo de producción de forraje entre corte osciló entre 39 y 42 días para las distintas especies estudiadas. Las especies de *Pennisetum* evaluadas muestran potencial como forrajes de alto rendimiento, para mejorar y asegurar la alimentación de ovinos y bovinos.

Palabras clave: *Pennisetum*, caracterización, forrajes, producción.



Análisis del conocimiento etnobotánico en la atención de la salud reproductiva de la mujer en los Valles Centrales de Oaxaca, México

Analysis of ethnobotanical knowledge in women's reproductive health care in the Central Valleys of Oaxaca, Mexico

Gemma Bianey Ponce-López[§], Gustavo Omar Díaz-Zorrilla

Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca (ITVO). Ex -Hacienda de Jesús Nazareno, Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca. [§]Autor de correspondencia: (gemma.ponce24@outlook.com).

Resumen

El conocimiento etnobotánico constituye un componente relevante en la atención de la salud reproductiva en contextos rurales e indígenas, donde las prácticas etnomédicas continúan formando parte del cuidado comunitario. En los Valles Centrales de Oaxaca persiste el uso de plantas medicinales por parteras y médicos tradicionales; sin embargo, existe escasa documentación sistematizada sobre su empleo en la salud materna y reproductiva de la mujer. El objetivo de esta investigación fue sistematizar el conocimiento etnomédico y de “tizateros” del uso de plantas medicinales en la atención de la salud reproductiva femenina en Oaxaca. La investigación se basa en un enfoque cualitativo-etnográfico, abarcó 21 municipios de los Valles Centrales y localidades clave de regiones como Cañada, Cuenca del Papaloapan y Sierra Norte. Se aplicaron 65 entrevistas a médicos tradicionales, como parteras, hueseros, curanderos y chupadores, así como 12 entrevistas a vendedores de plantas medicinales de los dos principales mercados tradicionales. Se implementaron entrevistas semiestructuradas y a profundidad, observación

participante, recorridos de campo y colecta etnobotánica, formas de preparación y usos terapéuticos. Como resultado, se registró el uso de 30 especies de plantas medicinales asociadas a la atención del embarazo, parto y puerperio. Los usos terapéuticos principales son para hemorragias, infecciones urinarias, dolores menstruales, estimulación del parto, expulsión de placenta y de síntomas como náuseas, vómito y fatiga. Se documentaron aplicaciones orientadas al posparto, incluyendo relajación, recuperación física, tratamiento de mastitis y estimulación de la producción de leche materna. Los resultados evidencian la permanencia y relevancia del conocimiento etnomédico en comunidades rurales de Oaxaca, así como la necesidad de profundizar en el análisis de la seguridad y pertinencia del uso de especies medicinales durante etapas sensibles como el embarazo y el puerperio.

Palabras clave: agroecosistemas, etnomedicina, partería tradicional, plantas medicinales, salud materna.



Comportamiento productivo de pollos de traspatio con sustitución parcial de harina de soya por harina de lombriz o harina de pescado

Productive performance of backyard chickens with partial replacement of soybean meal by earthworm meal or fish meal

Paulina Cruz-García, Juan Rendón-Cruz[§], Zulma Castillejos-Antonio, José M. Cabrera Toledo

¹TECNM. Instituto Tecnológico de Comitancillo. Km 7.5 Carretera Ixtaltepec-Comitancillo, San Pedro Comitancillo, Oaxaca, México. [§]Autor de correspondencia: (juan.rc@comitancillo.tecnm.mx).

Resumen

En regiones rurales de México es importante evaluar fuentes alternativas de proteína para la alimentación de pollos de traspatio. El objetivo de este estudio fue evaluar el valor alimenticio de la harina de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) y la harina de pescado cocinero verde (*Caranx caballus*) como fuentes alternativas de proteína en pollos de traspatio. El experimento se llevó a cabo en el Instituto Tecnológico de Comitancillo, con tres tratamientos; T1: maíz, harina de soya, aceite de soya, premezcla de vitaminas y minerales (control), T2: sustitución del 20 % de harina de soya por harina de lombriz, y T3: sustitución del 20 % de harina de soya por harina de pescado; los tres tratamientos tuvieron 23 % de proteína cruda (PC) y 3.2 Mcal de EM kg⁻¹. Se utilizó un diseño experimental en bloques al azar con tres repeticiones. El material genético fue de una colecta de huevos en San Luis Rey, Tehuantepec, Oaxaca. Se midieron semanalmente el peso vivo, ganancia de peso, consumo de alimento y conversión alimenticia durante ocho semanas. Los datos fueron analizados mediante el procedimiento Repeated del paquete SAS. Se detectaron diferencias significativas ($p \leq 0.05$) entre tratamientos para peso vivo y ganancia de peso, diferencias altamente significativas ($p \leq 0.01$) entre semanas para todas las variables, y una

interacción tratamiento $\times$ semana significativa para peso vivo ($p \leq 0.05$) y altamente significativa para consumo de alimento ($p \leq 0.01$). El T3 mostró mayor peso vivo final (788.63 g) y ganancia de peso (670.17 g) ($p \leq 0.05$). El consumo de alimento y conversión alimenticia fueron similares entre tratamientos ($p > 0.05$). Se concluye que la dieta con 8.28 % de harina de pescado permitió sustituir el 20 % de la harina de soya con mejores resultados productivos en pollos de traspatio.

Palabras clave: alimentación, alternativas de proteína, pollos, traspatio.



Características agronómicas de gramíneas forrajeras del género *Urochloa* en el Istmo de Tehuantepec, Oaxaca

Agronomic characteristics of forage grasses of the *Urochloa* genus in the Isthmus of Tehuantepec, Oaxaca

Zulma Castillejos Antonio[§], Juan Rendón Cruz, José Manuel Cabrera Toledo

TECNM. Instituto Tecnológico de Comitancillo. San Pedro Comitancillo, Oaxaca. Carretera Ixtaltepec-Comitancillo km 7.5. CP 70750. [§]Autor de correspondencia: (zulma.ca@comitancillo.tecnm.mx).

Resumen

Con el objetivo de evaluar las características agronómicas de siete gramíneas forrajeras del género *Urochloa* en la planicie costera del Istmo de Tehuantepec, Oaxaca, se estableció un experimento en el Instituto Tecnológico de Comitancillo, bajo clima cálido subhúmedo, con temperatura media de 27 °C y precipitación anual de 700 a 800 mm. Las especies de gramíneas sometidas a estudio fueron: Mulato II, Cobra, Cayman, Insurgente, Señal, Piata y Mg5 en un diseño de bloques al azar con dos repeticiones. Las variables analizadas fueron altura a los siete días de rebrote, altura a cosecha, diámetro de macollo, rendimiento de forraje verde por corte, rendimiento de materia seca por corte, relación hoja/tallo, interceptación solar, rendimiento de forraje verde acumulado y rendimiento de materia seca acumulada. Los resultados mostraron que Mulato II destacó en altura a los siete días de rebrote con 19.46 cm, rendimiento de forraje verde por corte con 24.05 t ha⁻¹ y rendimiento de materia seca con 5.82 t ha⁻¹ por corte. Piata presentó la mayor altura a cosecha con 67.01 cm y Cobra la mejor relación hoja/tallo con 3.52. Insurgente sobresalió en interceptación solar con 93.90 %, rendimiento de forraje verde acumulado con 79.04 t ha⁻¹ y rendimiento de materia seca acumulada con 20.21 t ha⁻¹. Se concluye que Mulato II e Insurgente fueron las gramíneas más

sobresalientes por su mayor potencial productivo, por lo que constituyen alternativas viables para la producción de forraje en el Istmo de Tehuantepec, Oaxaca.

Palabras clave: agronómica, caracterización, gramíneas, tropical.



Usos de *Clinopodium macrostemum* y *Litsea glaucescens* en San Pablo Cuatro Venados, Zaachila, Oaxaca

Uses of *Clinopodium macrostemum* and *Litsea glaucescens* in San Pablo Cuatro Venados, Zaachila, Oaxaca

Domitila Jarquin Rosales^{1§}, Gisela Virginia Campos-Ángeles², Valentín José Reyes-Hernández³, Salvador Lozano Trejo², Juan José Alpuche Osorno⁴, Gerardo Rodríguez-Ortiz²

^{1,2}Estudiante, investigador, TecNM. Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca (ITVO). División de Estudios de Posgrado e Investigación. Ex Hacienda de Nazareno, Xoxocotlán, Oaxaca, México. CP 71233.

³Colegio de Postgraduados. Campus Montecillo. Carretera México-Texcoco km. 36.5, Montecillo, Texcoco Estado de México, CP 56230. ⁴Universidad Autónoma Benito Juárez de Oaxaca. Facultad de Medicina y Cirugía. Laboratorio de Bioquímica. Ex Hacienda de Aguilera s/n, Colonia Reforma, Oaxaca, México CP 68020. [§]Autor de correspondencia: (D09920044@voaxaca.tecnm.mx).

Resumen

El conocimiento tradicional que guardan las comunidades indígenas de Oaxaca acerca del uso de sus recursos es crucial para realizar un manejo sustentable y evitar su sobreexplotación. Por lo anterior, el objetivo de la investigación fue documentar el conocimiento tradicional de *Clinopodium macrostemum* (poleo) y *Litsea glaucescens* (laurel) en San Pablo Cuatro Venados, Zaachila, Oaxaca, México. Se realizó un muestreo estratificado, con un intervalo de confianza del 95 %. Se aplicaron 40 cuestionarios durante el año 2024, donde se recopiló información, sobre los usos de las especies y padecimientos para los que se utiliza. A los datos recopilados se aplicó un análisis de independencia. Los resultados mostraron que ambas especies tienen uso medicinal, cultural-religioso y alimenticio, sin embargo, para poleo el uso medicinal es mayor (45 %), seguido del cultural- religioso (40 %) y solo el 5 % el alimenticio, en comparación con laurel en el que el uso medicinal fue del 40 %, el cultural-

religioso de 15 % y el alimenticio de 45 % ($\chi^2 = 19.9619$, $\alpha = 0.05$). El uso medicinal de poleo fue para siete padecimientos, en comparación con laurel donde se registraron cinco padecimientos. Poleo es más utilizado para tratar el dolor de estómago 32.5 %, seguido de la resaca 25 % y el vómito con el 7.5 %. En el caso de laurel es más utilizado para tratar la gripe 40 %, seguido de los cólicos menstruales 17.5 % y baños postparto 17.5 % ($\chi^2 = 11.9510$, $\alpha = 0.05$). *Clinopodium macrostemum* y *Litsea glaucescens* son ampliamente usadas, sin embargo, para la primera, el uso medicinal es el más marcado y *L. glaucescens* es mayormente usada como condimento en San Pablo Cuatro Venados, Zaachila, Oaxaca, México.

Palabras clave: conocimiento tradicional, laurel, padecimientos, poleo.



Tipología de productores de agave en tres localidades de Valles Centrales de Oaxaca

Typology of agave producers in three localities of the Central Valleys of Oaxaca

Blanca Estela Loeza-Santiago[§], María Isabel Pérez-León, Ernesto Hernández-Santiago, Rosa María
Gómez-Ugalde

Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca (ITVO). Ex hacienda de Nazareno, Xoxocotlán, Oaxaca. México. CP 71233. §Autor de correspondencia: (loaezablanca14@gmail.com).

Resumen

El sistema de producción de agave constituye una de las actividades productivas y bioculturales de mayor importancia en Oaxaca, debido a su relación con la elaboración artesanal de mezcal, la generación de ingresos y el aprovechamiento de los recursos naturales. En los Valles Centrales de Oaxaca, el cultivo de agave forma parte de los sistemas agrícolas, donde interactúan conocimientos tradicionales, prácticas de manejo local y dinámicas productivas que varían entre productores, en este contexto, el objetivo del presente estudio fue caracterizar y establecer una tipología de productores de agave considerando variables sociodemográficas, económicas y productivas. La información se obtuvo mediante entrevistas aplicadas a 53 productores de las localidades de Tlacolula, Ocotlán de Morelos y San Pablo Huixtepec. Los datos fueron analizados mediante estadística descriptiva y análisis de conglomerados, identificando grupos de productores con características similares. Los resultados mostraron que la producción de agave es realizada principalmente por hombres, con edad promedio de 44 años y experiencia variable en la actividad. Predominan los sistemas tradicionales de manejo, donde el cultivo de agave representa una actividad económica complementaria para las

familias. La especie más utilizada es *Agave angustifolia*, aunque también se registró diversidad de magueyes empleados para la elaboración del mezcal. Así mismo, se identificaron diferencias en la escala de producción, acceso a apoyos gubernamentales y estrategias de comercialización. La tipología obtenida permitió identificar tres grupos de productores, evidenciando la heterogeneidad de los sistemas agaveros y la influencia de factores productivos y socioeconómicos en este. Se concluye que el análisis tipológico constituye una herramienta útil para diseñar estrategias de manejo sustentable y programas de desarrollo rural adaptados a las condiciones específicas de cada grupo de productores del sector agavero en Oaxaca.

Palabras clave: *Agave angustifolia*, productores de maguey, sistema agavero.



Aceptabilidad de un suplemento proteico a base de *Leucaena esculenta* en *Apis mellifera*

Acceptability of a protein supplement based on *Leucaena esculenta* in *Apis mellifera*

Milton Hernández-Cruz[§], María Isabel Pérez-León, Salvador Lozano-Trejo, Gerardo Rodríguez-Ortiz,
Miguel Ángel López-Justo, Emmanuel Velasco-Ángel

Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca (ITVO). Ex-Hacienda de Nazareno, Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca, México. CP 71233. §Autor de correspondencia: (milton.hernandez.cruz98@gmail.com).

Resumen

La apicultura enfrenta desafíos debido a la variabilidad climática y reducción de fuentes florales, lo que compromete el estado nutricional de las colmenas. La suplementación proteica es vital para mantener la población de *Apis mellifera*; el guaje (*Leucaena esculenta*) destaca como alternativa local por su alto contenido proteico. El objetivo fue evaluar la aceptabilidad y el consumo de un suplemento formulado con un 30 % de harina de *L. esculenta* (25 % de PC). El experimento se realizó durante cuatro semanas en dos ambientes de Oaxaca: el apiario del ITVO y la comunidad de San Antonio Acutla (Teposcolula, Mixteca). Se utilizaron ocho unidades experimentales (cuatro por localidad), evaluando la dieta al 30 % de inclusión frente a un grupo control. El suplemento se suministró en tortas proteicas de 50 g sobre los cabezales de la cámara de cría. La aceptabilidad se determinó por observación conductual y el consumo se cuantificó semanalmente por método gravimétrico. Los datos se procesaron en R Studio. Los resultados indican una aceptabilidad adecuada en ambas localidades, sin mostrar rechazo de la dieta. El consumo promedio general fue de 38.5 ± 7.9 g/semana,

siendo de 39.5 g/semana en el ITVO y 37.5 g/semana en San Antonio Acutla. Este consumo permitió mantener la estabilidad de la población y una postura de cría constante frente al grupo control. Se concluye que *L. esculenta* al 30 % es una alternativa viable y que aprovecha los recursos de la flora local para el fortalecimiento nutricional de los apiarios en estas dos regiones de Oaxaca.

Palabras clave: consumo de alimento, guaje, nutrición apícola, torta proteica.



Cultivo de cucarachas de Madagascar bajo el efecto de tres dietas en un entorno urbano

Rearing of Madagascar Hissing Cockroaches under the Influence of Three Diets in an Urban Setting

Ixchel Guerrero-Esperanza[§], Edilberto Aragón-Robles, Miguel Calixto-Rojas

Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca, San Jesús Nazareno, Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca, CP 71233, México. §Autor de correspondencia: (ixchelguespe@gmail.com).

Resumen

En la actualidad existe una crisis relacionada con la gestión de desechos orgánicos. Dicha problemática puede ser atendida y acelerada con organismos degradadores como los insectos. Este último grupo puede ser utilizado como fuente de proteína animal. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de tres dietas basadas en residuos orgánicos sobre la ganancia de biomasa en el cultivo de la Cucaracha de Madagascar (*Gromphadorhina portentosa*) en un entorno urbano de la Ciudad de Oaxaca de Juárez. Se utilizaron 270 individuos en estado ninfal que fueron distribuidos aleatoriamente en nueve unidades experimentales (30 organismos por unidad), bajo un diseño completamente al azar (DCA) con medidas repetidas en el tiempo durante 11 semanas. Los tratamientos evaluados fueron: T1 (50 % pan dulce + 50 % frutas y verduras), T2 (50 % residuos alimentarios + 50 % frutas y verduras) y T3 (100 % frutas y verduras frescas). Se cuantificó el peso grupal cada semana y analizó mediante un modelo mixto (PROC MIXED, SAS 9.4), considerando la dieta, tiempo e interacción entre

ambos, y repeticiones anidadas dentro de dieta como efecto aleatorio, con estructura de covarianza autoregresiva AR(1). Los resultados muestran efectos significativos de la dieta ($p = 0.0022$) y de la interacción dieta $\times$ tiempo ($p = 0.0040$). No se hallaron diferencias significativas entre T1 y T2 ($p > 0.05$), (172.13 g y 169.47 g, respectivamente), mientras que T3 mostró un rendimiento significativamente menor (146.17 g), con una diferencia a partir de la semana 5 ($p = 0.0217$). Se concluye que el crecimiento depende de la fuente de alimentación a lo largo del tiempo lo que respalda su uso para el aprovechamiento de residuos en sistemas semi-controlados de bioconversión en entornos urbanos.

Palabras clave: cucaracha de Madagascar, bioconversión, residuos orgánicos.



Comportamiento *ex situ* de larvas L3 inmaduras de *Cochliomyia hominivorax* bajo estrés ambiental y nutricional

Ex situ behavior of immature L3 larvae of *Cochliomyia hominivorax* under environmental and nutritional stress

Ana María Hernández-Medina^{1§}, Yuri Villegas-Aparicio¹, Héctor Ulises Bernardino-Hernández², María Isabel Pérez-León¹, Vicente Arturo Velasco-Velasco¹, Aaron Martínez-Gutiérrez¹

¹Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca. Santa Cruz Xoxocotlán-Oaxaca. México. ²Universidad Autónoma "Benito Juárez" de Oaxaca. Facultad de Ciencias Químicas, Oaxaca de Juárez-Oaxaca. México. [§]Autor de correspondencia: (anam_herme@outlook.com).

Resumen

La viabilidad de larvas de gusano barrenador del ganado (*Cochliomyia hominivorax*) es una fase determinante para su supervivencia y dispersión. En la etapa larvaria, el parásito requiere de tejido vivo; sin embargo, la temperatura y la humedad son factores determinantes para su completo desarrollo. El objetivo de estudio fue evaluar el comportamiento *ex situ* en larvas L3 inmaduras bajo estrés ambiental y nutricional. Las larvas fueron extraídas de miasis activas de diferentes especies de animales domésticos en el municipio de Santa Cruz Mixtepec, Oaxaca, sin aplicación previa de fármacos. Los especímenes fueron evaluados en el laboratorio de reproducción animal del TecNM del Valle de Oaxaca, a temperatura promedio de 17 °C y 40 % de HR sin alimento. La unidad experimental fue una caja Petri con 10 larvas, se tuvieron 15 unidades experimentales. Cada una de las larvas fue identificada de acuerdo al Manual COMEXA 2008 y su confirmación se realizó con pruebas de laboratorio oficial. Se determinó el número de larvas que se convirtieron en pupa a diferente tiempo (12, 24, 36, 48, 60 y 72 h), considerando el porcentaje de conversión. Los datos obtenidos se sometieron a una prueba de medias repetidas en SPSS®, para determinar diferencia entre promedios se utilizó la prueba de

Bonferroni, $\alpha = 0.05$. Todas las larvas se mantuvieron alertas hasta la formación de pupa, a las 48 h el 60 % sufrió conversión a pupa y a las 72 h fue del 100 %. Se concluye que la restricción de alimento no limita la conversión de L3 inmadura a pupa. La exposición a temperaturas inferiores a la temperatura corporal del huésped no afecta la conversión, es posible que posea mecanismos de adaptación al estrés que le permiten reproducirse.

Palabras clave: conversión larva pupa, mecanismos de adaptación, miasis.



Uso de dietas no convencionales en la alimentación de conejos de engorda y su influencia en parámetros productivos y calidad cárnica

Use of unconventional diets in the feeding of fattening rabbits and their influence on production parameters and meat quality

Eliezer Herrera-Illescas^{1§}, Yuri Villegas-Aparicio¹, Aarón Martínez-Gutiérrez¹, Jorge Hernández-Bautista²,
María Isabel Pérez-León¹

¹Tecnológico Nacional de México, Campus Valle de Oaxaca (ITVO). Ex hacienda de Nazareno, Xoxocotlán, Oaxaca, México. CP 71233. ²Universidad Autónoma Benito Juárez de Oaxaca. Facultad de Medicina. [§]Autor de correspondencia: (eliezerherrera93@gmail.com).

Resumen

Hoy en día existe una amplia variedad de aditivos y materias primas empleadas en la alimentación animal. Sin embargo, depender exclusivamente de estos incrementa los costos de producción. El objetivo del estudio fue evaluar una dieta alternativa en conejos de engorda a partir de su rendimiento y calidad cárnica. La investigación se realizó en el municipio de Santa Cruz Amilpas, Oaxaca, de octubre a diciembre de 2025. Se utilizaron 40 conejos de la raza California (hembras y machos) de 52 días de edad, alojados en jaulas dobles. El grupo testigo recibió el concentrado comercial Purina Conejina Turbo (16 % de proteína y 17 % de fibra). Los tratamientos experimentales incluyeron 30 % de forraje verde hidropónico (FVH) y 70 % de concentrado artesanal, formulado para alcanzar 17 % de proteína. Las variables evaluadas fueron peso vivo, peso sin sangre, peso de la canal caliente y fría, rendimiento de subproductos no destinados al consumo humano, rendimiento del despiece de la canal, capacidad de retención de agua, pH y color. Los datos estadísticos se analizaron con el software R versión 4.5.2 (2025-10-31 ucrt); para el análisis

de varianza se empleó ANOVA para determinar diferencias significativas y, posteriormente, la prueba de comparación múltiple de Duncan con un nivel de significancia de 0.05. Los resultados no mostraron diferencias significativas en el rendimiento cárnico entre los tratamientos. Sin embargo, se observó que los ejemplares alimentados con el FVH la presencia de grasa fue menor de 0.04 g y los que consumieron el concentrado comercial se registró 8.6 g de grasa en hembras y 21.6 g en machos, lo que sugiere un efecto positivo en la calidad de la carne. Estos hallazgos indican que la combinación de concentrado artesanal y FVH constituye una alternativa viable para la engorda de conejos, al mantener un desempeño productivo comparable al concentrado comercial y mejorar ciertos parámetros de calidad.

Palabras clave: concentrado, forraje, hidroponía, rendimiento.



Modelo preliminar para estimar área foliar en plantas aclimatadas de *Agave angustifolia*

Preliminary model for estimating leaf area in acclimatized plants of *Agave angustifolia*

Ilse Lizbeth Chávez-Cruz^{1§}, José Raymundo Enríquez-Valle², Gerardo Rodríguez-Ortiz², Vicente Arturo Velasco Velasco²

^{1,2}Estudiante, investigador, Tecnológico Nacional de México (TecNM). Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca (ITVO). División de Estudios de Posgrado e Investigación. Ex hacienda de Nazareno, Xoxocotlán, Oaxaca. CP 71233. [§]Autor de correspondencia: (ilse9421@hotmail.com).

Resumen

La aclimatación es una etapa subsecuente de la propagación *in vitro* y se considera un punto crítico en la producción de agaves y otras especies, que en invernadero se controla la transición gradual de las condiciones *in vitro* hacia un ambiente *ex vitro*. En esta etapa, estimar el área foliar puede apoyar a evaluar el vigor de las plantas. El objetivo de este trabajo, fue generar un modelo de regresión para estimar el área foliar de plantas de *A. angustifolia* aclimatadas en condiciones de invernadero. Para ello se evaluaron 36 plantas de *A. angustifolia* obtenidas de cultivo *in vitro*, las cuales se establecieron durante 95 días en condiciones de invernadero para su aclimatación. Se les realizó un muestreo destructivo y se registraron datos de las variables altura, número de raíces, longitud de la raíz, diámetro de tallo, volumen de la raíz, área foliar, peso seco foliar y peso seco de la raíz. Se analizaron modelos de

regresión y se seleccionaron las variables predictoras más significativas. El peso seco foliar fue el predictor más asociado con el área foliar. El modelo más simple compuesto por la altura de planta y peso seco de la hoja con alta capacidad explicativa ($R^2 = 0.760$; R^2 ajustado = 0.746; $p = 0.0001$), al integrar el diámetro tallo aumentó ligeramente el ajuste ($R^2 = 0.778$; R^2 ajustado = 0.757), pero su coeficiente no fue estadísticamente estable. El área foliar de *A. angustifolia* en aclimatación puede estimarse con un conjunto reducido de variables, principalmente altura y biomasa foliar, sin embargo, el modelo debe considerarse preliminar, explicativo-predictivo.

Palabras clave: aclimatación, biomasa, muestreo.



Replantando la conservación: contribuciones de la naturaleza para las personas como eje de la sostenibilidad ambiental

Rethinking conservation: nature's contributions to people as the cornerstone of environmental sustainability

Edwin Yoshimar Chávez-Pascual[§], Salvador Lozano-Trejo, Gustavo Omar Díaz-Zorrilla, Martha Patricia Jerez-Salas, Ernesto Castañeda-Hidalgo

Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca. Ex hacienda de Nazareno, Xoxocotlán, Oaxaca, México. CP 71233. [§]Autor de correspondencia: (edwinyoshimar553@gmail.com).

Resumen

La creciente desvinculación entre sociedad y naturaleza, junto con modelos de desarrollo centrados en el crecimiento económico, ha intensificado la degradación ambiental y comprometido la sostenibilidad y el bienestar humano. El enfoque de Contribuciones de la Naturaleza para las Personas (CNP) surge como un marco integrador que reconoce la diversidad de beneficios materiales, no materiales y de regulación que la naturaleza aporta a las sociedades, incorporando perspectivas científicas y saberes locales e indígenas. El objetivo fue analizar la producción científica sobre conservación de recursos naturales mediante un enfoque basado en CNP, con el fin de identificar tendencias, actores clave y vacíos de investigación. La información se recopiló en el metabuscador OpenAlex®, utilizando la ecuación (nature's contributions to people) AND (nature conservation), aplicada a título, resumen, palabras clave y texto completo, en el periodo de enero 2010 a febrero 2026. Se siguió la declaratoria PRISMA-2021 para la depuración de registros, y el análisis se realizó con Bibliometrix

y Biblioshiny en RStudio. Se generaron nubes de palabras y diagramas Sankey. Se identificaron 999 publicaciones con un enfoque interdisciplinario, evidenciado en la frecuencia de términos como "geography", "ecology", "political science", "biology" y "environmental resource management", lo que refleja la convergencia entre ciencias naturales y sociales. Así como una red global de colaboración liderada por países como Estados Unidos, Australia, China, Brasil y Sudáfrica. También la relevancia de participación social en la co-producción de conocimiento. El enfoque CNP se consolida como una herramienta para la gestión sostenible. Sin embargo, la producción científica se concentra en el norte global, evidenciando la necesidad de fortalecer investigaciones en México y América Latina mediante estudios contextualizados que integren saberes locales y apoyen políticas públicas más equitativas.

Palabras clave: bibliométrico, motores de búsqueda, PRISMA, RStudio.



Respuesta a la selección y atributos agroproductivos en poblaciones nativas de chile huacle (*Capsicum annuum* L.) del estado de Oaxaca

Response to selection and agro-productive attributes in native populations of huacle chili (*Capsicum annuum* L.) from Oaxaca state

Viviana Areli Hernández-Ríos^{1§}, José Cruz Carrillo-Rodríguez¹, José Luis Chávez-Servia², Salvador

Lozano-Trejo¹, Araceli Minerva Vera-Guzmán²

¹Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca (ITVO). Ex Hacienda de Nazareno, Xoxocotlán, Oaxaca, México. CP 71230. ²Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Oaxaca. Oaxaca, México. [§]Autor de correspondencia: (rioshdzrojas38@gmail.com).

Resumen

El chile huacle es de gran importancia en el estado de Oaxaca, por su valor gastronómico. El objetivo de este estudio fue seleccionar poblaciones de chile huacle, bajo el método pedigree en condiciones de invernadero. Se aplicaron criterios agronómicos, fisiológicos, morfología de fruto, sanidad de planta y rendimiento. En el estudio se utilizaron 15 poblaciones nativas de chile huacle, que se obtuvieron en la selección uno del primer ciclo productivo. La plantación se estableció en condiciones de invernadero. Las variables que se registraron fueron: altura de planta a los 30, 60 y 90 días después del trasplante, días a floración, días a fructificación, días a maduración, altura de bifurcaciones, número total de frutos por planta, peso total de frutos por planta, diámetro polar, diámetro ecuatorial y grosor de pericarpio. La selección de plantas sanas se realizó considerando aquellas plantas con mayor número de frecuencias de fruto en cada nudo, frutos grandes, mayor concentración de frutos del primer estrato, sin presencia de plagas, hongos o virosis. El análisis estadístico fue un diseño completamente al azar de 15 poblaciones, cada población con 34 plantas.

Los resultados mostraron diferencias altamente significativas en todas las variables entre poblaciones, sin embargo, entre plantas resultó no significativas a excepción de las variables días a floración y días a fructificación. Las poblaciones que presentaron mayor altura fueron los amarillos y la CH-2-2-35, con mayor rendimiento la CH-2I-2-I, CH-4-I-3, y CH-I-I-32 fueron las que predominaron con mayor número de frutos por plantas y mayor peso por planta, las poblaciones más precoces fueron CH-I-I-6 y I-I-10. En conclusión, con esto se confirma la amplia variabilidad genética en caracteres morfológicos y fenológicos entre los genotipos de chile huacle.

Palabras clave: fenología, poblaciones nativas, selección individual.



Estructura de la comunidad de parasitoides en sistemas de monocultivo de maíz

Structure of the parasitoid community in maize monoculture systems

Diana Laura Méndez Flota^{1§}, Esaú Ruiz Sánchez¹, Alejandra González Moreno¹, Luis Latournerie Moreno¹, Carolina Flota Bañuelos², Franklin H. Rocha³, Luis Filipe Conceição dos Santos³

¹Tecnológico Nacional de México (TecNM). Instituto Tecnológico de Conkal. Avenida Tecnológico s/n, CP. 97345, Conkal, Yucatán, México. ²SECIHTI. Colegio de Postgraduados. Campus Campeche. 24450 Champotón, Campeche, México. ³Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Km. 25 antigua carretera Mérida-Motul. Mococho, Yucatán, México. CP. 97454. [§]Autor de correspondencia: (DDI3800038@conkal.tecnm.mx).

Resumen

Las avispas parasitoides desempeñan un papel fundamental como agentes de control biológico, ya que regulan poblaciones de insectos plaga que afectan a los cultivos. El cultivo de maíz, que usa superficies extensas para su cultivo, puede ser el nicho de una amplia cantidad de especies de enemigos naturales, pero estas comunidades podrían verse afectadas por el uso de agroquímicos para el manejo de plagas en los sistemas de producción. El objetivo de la presente investigación fue comparar la abundancia, riqueza y diversidad de avispas parasitoides en dos sistemas de monocultivo de maíz en el estado de Yucatán. Se realizaron colectas en dos sitios del estado de Yucatán, uno ubicado en el municipio de Conkal (norte) y Muna (sur), mediante trampas Malaise durante cuatro meses, con muestreos quincenales. Los ejemplares se identificaron a nivel de familia mediante el libro *Hymenoptera of the World: An Identification Guide to Families* de Henri Goulet y John T. Huber (1993). Se recolectó un total de 431 individuos, con mayor abundancia en Muna (363 individuos) y en Conkal (68 individuos). Ambos sitios presentaron la misma riqueza ($^0D = 6$); sin embargo, Conkal mostró mayor equidad, reflejada en valores ligeramente superiores de diversidad en los órdenes ^1D y ^2D . En términos de

abundancia relativa (Whittaker), para ambos sitios las familias dominantes fueron Ichneumonidae y Braconidae, se registraron familias exclusivas por sitio: Sphecidae y Scelionidae en Conkal, y Evaniidae y Eurytomidae en Muna. Estos resultados sugieren que, aunque Muna presenta mayor abundancia de parasitoides, el sitio Conkal fue más equitativo, lo que podría reflejar diferencias en el grado de perturbación entre ambos sitios.

Palabras clave: abundancia, agroecosistemas, avispas, diversidad, riqueza.



Comportamiento agronómico de variedades mejoradas de maíz en el sureste de México

Agronomic performance of improved maize varieties in southeastern Mexico

Luis da Conceição-dos Santos^{1§}, Augusto Peña-Peña¹, Alejandro Cano-González¹, José Castillo-Caamal²,
Walther Torres-Cab³, Efraín Cruz-Castillo⁴

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Campo Experimental Mocochoá. Km 25 Carretera Mérida-Motul, Mocochoá, Yucatán. ²Universidad Autónoma de Yucatán (UADY). Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Km 15 Carretera Xmatkuil Mérida, Yucatán. ³Instituto Tecnológico Superior de Hopelchén (ITSH), Km 8.3 Carretera Campeche-Hopelchén, Hopelchén, Campeche. ⁴Universidad Tecnológica del Mayab (UT del Mayab), Km 5 Carretera Peto-Santa Rosa, Peto, Yucatán. [§]Autor de correspondencia: (santos.luis@inifap.gob.mx).

Resumen

En la Península de Yucatán, la producción de maíz ha mostrado una tendencia decreciente en las últimas décadas. En el 2024, se registró una producción de 745 386 t, con un rendimiento inferior a la media nacional. El bajo volumen de cosecha se debe a factores ambientales, tecnológicos y sociales. El INIFAP ha generado para el subtrópico de México diversas variedades mejoradas de maíz con potencial de rendimiento que pueden contribuir a incrementar la productividad de la región. Por lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue evaluar comportamiento agronómico y el rendimiento de grano de ocho variedades de maíz en el sureste de México. Se establecieron cuatro parcelas experimentales en diferentes municipios de Yucatán y Campeche. El diseño experimental fue de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. Se evaluaron las variedades VS-536, V-540, V-560, V-561, V-562, V-528, V-539 y Sac Beh. Se determinaron las variables días a floración, altura de plantas, largo y ancho de la mazorca, así como el rendimiento de grano. Se

utilizó un modelo mixto que considera la interacción entre genotipos y ambientes ($G \times A$) para analizar el comportamiento de las variedades en diferentes condiciones. El análisis mediante modelos mixtos mostró una fuerte interacción $G \times A$, lo que indica una respuesta diferencial de los genotipos a las condiciones ambientales evaluadas. Los genotipos V-562 y V-560 presentaron el mayor rendimiento promedio ajustado. En contraste, genotipos como V-539 mostraron un buen desempeño en ambientes favorables, pero mayor sensibilidad ante condiciones restrictivas. Estos resultados sugieren la necesidad de implementar estrategias de recomendación específicas por ambiente en la región.

Palabras clave: autosuficiencia alimentaria, productividad, rendimiento de grano, *Zea mays* L.



El cerdo criollo de Yucatán: origen, características, valor agregado y retos actuales

The creole pig of Yucatán: origin, characteristics, added value, and current challenges

Julio César Rodríguez-Pérez^{1§}, Víctor Manuel Toledo-López¹, Ángel Carmelo Sierra-Vásquez², Raciél Javier Estrada-Léon³, Naomi del Carmen Cih-Angulo², Víctor Gilberto Quintal-Solís², Leilani Sierra-Martínez⁴

¹Tecnológico Nacional de México (TecNM). Instituto Tecnológico de Mérida. Km. 5 Carretera Mérida-Progreso, Mérida, Yucatán, México. CP. 97118. ²TecNM. Instituto Tecnológico de Conkal. Av. Tecnológico S/N, Conkal, Yucatán, México. CP. 97345. ³TecNM. Instituto Tecnológico Superior de Calkiní. Av. Ah Canul S/N por Carretera Federal, Calkiní, Campeche, México. CP. 24900. ⁴TecNM. Instituto Tecnológico Superior de Champotón. Carretera Champotón Isla Aguada Km 2, Colonia el Arenal, CP. 24400, Champotón, Campeche, México. [§]Autor de correspondencia: (DD25081313@merida.tecnm.mx).

Resumen

El cerdo criollo latinoamericano (*Sus scrofa domestica*), que se adaptó desde la Patagonia hasta las costas de México, desciende directamente de razas ibéricas, celtas y asiáticas introducidas durante la colonización. Esta investigación documental, busca revalorizar el papel que tiene actualmente el cerdo criollo de Yucatán (CCY), ante las amenazas del cambio climático y la necesidad de proveer alimentos de calidad al sector rural. A través de siglos de adaptación, estos animales han desarrollado una elevada rusticidad, resiliencia y resistencia a enfermedades y tolerancia al estrés térmico tropical, constituyendo un reservorio genético vital para las comunidades mayas de la Península de Yucatán (PY). En México, se destacan variedades como el Cuino, el Ts'üdi Xirgo y, especialmente en la PY, el Cerdo Pelón Mexicano (Birich keken). Aunque presenta una menor productividad numérica comparado con razas transfronterizas, su carne posee una calidad superior caracterizada por su alto contenido de grasa intramuscular y excelentes propiedades sensoriales, fundamentales para la gastronomía tradicional yucateca (como la

cochinita pibil); lo anterior, con la contribución de una alimentación alternativa de forrajes locales como la morera (*Morus alba*), la moringa (*Moringa oleifera*) el ramón (*Brosimum alicastrum*), entre otras especies nativas; estas, pueden sustituir parcialmente las dietas convencionales, reduciendo los costos de alimentación sin comprometer el rendimiento productivo, aportando alta calidad en la carne o productos transformados. Actualmente, el CCY ha pasado de estar en peligro de extinción a un estatus de conservación; sin embargo, para potenciar su impacto, es necesario avanzar hacia la industrialización de productos cárnicos con valor agregado (embutidos y cortes finos) y obtener la Identificación Geográfica Protegida ante el IMPI, asegurando así, con el tiempo, la protección y revalorización de este recurso zoogenético único de Yucatán.

Palabras clave: agroindustria, cadenas de valor, conservación y aprovechamiento, recurso zoogenético, resiliencia.



Bacillus subtilis productoras de surfactante, endofíticas y promotoras del crecimiento en chile dulce

Bacillus subtilis surfactant-producing, endophytic, and growth-promoting bacteria in sweet pepper

Arturo Reyes-Ramírez, Julio Jacobo Gamboa-Angulo[§], Jairo Cristóbal-Alejo, José María Tun-Suarez

Tecnológico Nacional de México (TecNM). Instituto Tecnológico de Conkal. División de Estudios de Posgrado e Investigación. Avenida Tecnológico s/n, 97345. Conkal, Yucatán, México. [§]Autor de correspondencia: (DDI3800213@conkal.tecnm.mx).

Resumen

Los microorganismos son utilizados en la protección y mejora de los cultivos *Bacillus subtilis* es una bacteria que presenta potencial en el control de hongos fitopatógenos y como promotor de crecimiento vegetal, esto debido a propiedades como producción de lipopéptidos, solubilización de minerales y producción de auxinas. El objetivo de este estudio fue determinar la capacidad endófitas de *B. subtilis* F8 y M9 promotoras de crecimiento en chile dulce (*Capsicum annuum* L.) y con actividad surfactante. Las cepas de *B. subtilis* fueron cultivadas en caldo nutritivo, a las 48 h se les determinó su actividad surfactante. Se utilizaron como inóculos una solución de esporas de *B. subtilis* (D.O de 0.8), se inocularon semillas de chile dulce y se realizó una segunda aplicación a las plántulas a los 15 días de la emergencia. La capacidad endófitas se evaluó mediante la colonización cualitativa, a nivel de tallos. *Bacillus subtilis* F8 y M9 mostraron una actividad surfactante a las 24 h (E24) de 18.5 y 31.%. La inoculación de *B. subtilis* F8 y M9 aumenta la altura de las plantas 6 y 13 %, 11 y 18% en la biomasa fresca total. En los ensayos de actividad endófitas, las cepas *B. subtilis* F8 y M9 colonizaron los tallos de chile dulce 93.8 % para *B. subtilis* M9 y en el caso de *B. subtilis* F8 con un porcentaje de colonización de 56.3 %. Los aislados de *B. subtilis* F8 y M9 son productores de surfactantes con

capacidad endófitas que promueven el crecimiento del chile dulce, mejorando la calidad de las plántulas. *Bacillus subtilis* tiene el potencial en la formulación de inóculos en la agricultura sustentable.

Palabras clave: bioestimulantes, biosurfactantes, *Capsicum annuum*, PGPR.



Evaluación de excretas porcinas como abono en king grass (*Pennisetum Purpureum x Pennisetum Typhoides*)

Evaluation of swine manure as fertilizer in king grass (*Pennisetum Purpureum x Pennisetum Typhoides*)

Ana Cristina Flores-Avila[§], Edgar Aguilar-Urquiza, Alfonso Pérez-Gutiérrez, Ingrid Abril Valdivieso-Pérez,

Mariana Ines Alvarez-Euan

Tecnológico Nacional de México (TeNM). Campus Conkal. Avenida Tecnológico s/n, CP. 97345. Conkal, Yucatán, México. [§]Autor de correspondencia: (L21800290@conkal.tecnm.mx).

Resumen

Las excretas porcinas se caracterizan por contener altas concentraciones de nitrógeno, fósforo, potasio y materia orgánica, lo que les confiere valor agronómico como abono orgánico. El manejo de estas excretas representa una oportunidad para transformar un residuo contaminante en un recurso útil. En este contexto, el cultivo de gramíneas forrajeras constituye una alternativa sostenible para integrar los desechos pecuarios en sistemas agrícolas. Por lo cual se evaluó el efecto de la aplicación de excretas porcinas líquidas y sólidas sobre el desarrollo del pasto elefante morado (*Pennisetum purpureum* × *Pennisetum typhoides*). Se estableció un diseño completamente al azar, donde se evaluaron tres tratamientos: testigo (TT), excreta líquida (TL) y excreta sólida (TS). Se midieron variables fenológicas como la altura de la planta, diámetro del tallo, largo de la hoja y rendimiento de materia verde a los 75 días de corte. Los resultados mostraron diferencias ($p \leq 0.05$) en la variable largo de la hoja del tratamiento con excreta líquida 74.57 ± 13.64 cm. En cuanto a los rendimientos, la materia verde, el tratamiento con excreta sólida presentó el mejor resultado ($p \leq 0.05$) con 17.12 ± 8.98 t ha⁻¹, seguido del tratamiento con excreta líquida con

16.41 ± 6.63 t ha⁻¹, con respecto a la materia seca el TS mostró diferencia ($p \leq 0.05$) con 1.280 ± 0.230 t ha⁻¹, continuando con el tratamiento con TL con 1 ± 0.173 t ha⁻¹. En conclusión, la aplicación de excreta sólida porcina favoreció al crecimiento del pasto elefante morado en las variables estudiadas, demostrando que la liberación gradual y sostenida de nutrientes optimiza la disponibilidad nutrimental y el aprovechamiento del cultivo, esto representa una alternativa viable, económica y ambiental para la producción de forraje en la región de Yucatán.

Palabras clave: abono orgánico, excretas porcinas, pasto elefante morado, variables morfológicas.



Reservas de carbono del suelo en sistemas ganaderos tradicionales comparados con selvas en dos comunidades del sur de México

Soil carbon reservoirs in traditional livestock farming systems compared to forests in two communities of southern Mexico

Ana I. Gutiérrez-López¹, Fernando Casanova-Lugo^{1§}, Gilberto Villanueva-López², Laura Macario-González¹, Luis A. Lara-Pérez¹, Deb R. Aryal³

¹Tecnológico Nacional de México (TecNM). Campus IT de la Zona Maya. Carretera Chetumal-Escárcega km 21.5, Ejido Juan Sarabia, CP. 77960, Othón P. Blanco, Quintana Roo, México. ²El Colegio de la Frontera Sur, unidad Villahermosa. Carretera a Reforma 15.5 s/n Ra. Guineo 2ª Sección, CP. 86280, Villahermosa, Tabasco, México. ³Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación. El Colegio de la Frontera Sur. Av. Rancho Polígono 2-A, Col. Ciudad Industrial, CP. 24500. Lerma, Campeche, México. §Autor de correspondencia: (fkzanov@gmail.com).

Resumen

El carbono orgánico del suelo (COS) es un componente fundamental de los ecosistemas terrestres, ya que contribuye a la fertilidad del suelo. En el sur de México, la conversión de selvas tropicales, principalmente hacia sistemas ganaderos con monocultivo de pastos, ha modificado significativamente los ciclos biogeoquímicos y favorecido la pérdida de carbono (C) del suelo. Sin embargo, los sistemas silvopastoriles con árboles dispersos en potreros surgen como una alternativa viable para mitigar esta problemática. En este contexto, el estudio evaluó y comparó las reservas C del suelo en sistemas ganaderos tradicionales de las comunidades de Nicolás Bravo y Río Verde, Quintana Roo. Se seleccionaron por duplicado tres sistemas: árboles dispersos en potreros (STP), monocultivo de pastos (PM) y selva (FS). En cada sistema, se tomaron aleatoriamente muestras de suelo por triplicado mediante núcleos de 50 cm de profundidad. La densidad aparente (DA) se determinó por el método del cilindro de volumen conocido, y las fracciones de C del suelo se determinaron con un analizador elemental a

intervalos de 10 cm. El STP de Nicolás Bravo mostró los mayores contenidos de C (2.7 %). La DA fue mayor en el sistema STP y en el PM de Río Verde (1.23 y 1.25 g cm⁻³). En Nicolás Bravo, el sistema FS presentó las mayores reservas de C del suelo (130.7 Mg C ha⁻¹), mientras que en Río Verde el sistema STP registró las mayores reservas de C (122.7 Mg C ha⁻¹). Se concluye que las selvas mantienen mayores reservas de carbono en el suelo; sin embargo, los sistemas silvopastoriles con árboles dispersos en potreros representan una alternativa viable para mantener y garantizar la productividad ganadera en las regiones tropicales.

Palabras clave: árboles dispersos, monocultivo de pasto, selvas tropicales, sistemas silvopastoriles.



Efecto de la celulosa bacteriana obtenida de SCOBY de kombucha sobre la cinética de fermentación y algunos atributos de calidad del pan francés

Effect of bacterial cellulose obtained from kombucha SCOBY on fermentation kinetics and quality attributes of French bread

Gerardo Antonio Cervera-Marrufo¹, Víctor Manuel Moo-Huchin^{1§}, David Abram Betancur-Ancona²,

Víctor Toledo-López¹, Enrique Sauri-Duch¹, Wilbert José Rodríguez-Canto¹

¹Tecnológico Nacional de México (TecNM). Instituto Tecnológico de Mérida. Carretera Mérida-Progreso Km. 5, CP. 97120. Mérida, Yucatán, México. ²Universidad Autónoma de Yucatán. Facultad de Ingeniería Química. CP. 97203, Mérida, Yucatán, México. [§]Autor de correspondencia: (victor.mh@merida.tecnm.mx).

Resumen

Actualmente hay interés en productos de panadería más saludables, particularmente aquellos enriquecidos con fibra dietética; sin embargo, su incorporación puede afectar la calidad del producto. El objetivo del estudio fue evaluar la incorporación de celulosa bacteriana de kombucha (CBK) al pan francés. A una fórmula base de pan francés, se le incorporó CBK purificada a 0.045 % y 0.090 % respecto a la masa fresca. Se analizaron la cinética de fermentación de la masa mediante el modelo de Chapman, el volumen específico y el color de la corteza del pan. Respecto al pan control, los panes con CBK exhibieron valores similares de volumen máximo alcanzado (ΔV_{max}), pero la constante de velocidad de expansión (b) fue menor (0.028 para 0.045 % y 0.025 para 0.090 % de CBK), lo que sugiere un efecto de refuerzo mecánico en la red de gluten. El tiempo óptimo de fermentación de las masas evaluadas ($\frac{3}{4} V_{max}$) fue similar ($p > 0.05$), al igual que el volumen específico (4.9 y $5.2 \text{ cm}^3 \text{ g}^{-1}$), lo que indica la preservación de la estructura alveolar. El análisis de color CIELab reveló un aumento en la luminosidad (L^*) en panes con CBK (63.62 y 64.41) respecto al control (57.37), y una disminución de los parámetros de color a^* (6.34 -

0.045 % y 6.02 - 0.090 % vs. 12.33 -control) y b^* (26.0 para ambos tratamientos vs. 35.1 —control). Estas variaciones se atribuyen al reemplazo parcial de la harina de trigo por CBK, lo cual limita la formación de compuestos derivados de la reacción de Maillard. Se concluye que la CBK actúa como un refuerzo estructural en el pan francés y, su incorporación reduce la formación de compuestos responsables de tonalidades rojizas y amarillas en la corteza.

Palabras clave: celulosa bacteriana, cinética de fermentación, kombucha, modelo Chapman, pan francés, refuerzo estructural, SCOBY.



Diferencias en las prácticas de manejo y aprovechamiento del chile maax (*Capsicum annuum* var. *glabriusculum* (Dunal) Heiser & Pickersgill) en traspatios de Yucatán y Campeche

Differences in the management practices and utilization of maax chili (*Capsicum annuum* var. *glabriusculum* (Dunal) Heiser & Pickersgill) in backyards from Yucatán and Campeche

Cinthia Isabel Briceño-Santiago^{1§}, Rene Garruña², Jaime Martínez-Castillo³, Virginia Solís-Montero⁴, Luis Latournerie-Moreno¹, Rubén Humberto Andueza-Noh²

¹Tecnológico Nacional de México (TecNM). IT. Conkal, Avenida Tecnológico s/n, Conkal CP. 97345, Yucatán, México. ²SECIHTI-TecNM. IT. Conkal, Avenida Tecnológico s/n, Conkal CP. 97345, Yucatán, México. ³Centro de Investigación Científica de Yucatán. Calle 43 No. 130, Colonia Chuburná de Hidalgo, Mérida CP. 97205, Yucatán, México. ⁴Universidad Autónoma de Yucatán. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Departamento de Manejo y Conservación de Recursos Naturales Tropicales. [§]Autor de correspondencia: (isabelbs.1609@hotmail.com).

Resumen

El chile maax (*Capsicum annuum* var. *glabriusculum*) es una especie de importancia biocultural, sin embargo, la información de su manejo e importancia económica es escasa. El objetivo de este estudio fue determinar las diferencias en las prácticas de manejo y aprovechamiento del chile maax ejercidas en las comunidades de Yucatán y Campeche. Se aplicaron 90 entrevistas semiestructuradas, 50 en Yucatán y 40 en Campeche. Los datos se analizaron mediante estadística descriptiva. Se registraron ocho prácticas de manejo: tolerancia, protección, deshierbe, riego, poda, abono orgánico, cosecha y preferencia del fruto al momento de la cosecha. Las prácticas de manejo difieren en el deshierbe en Yucatán (62 %) y Campeche (53 %), la poda registró el 28 % en Yucatán y 20 % en Campeche, el uso de abono orgánico fue mayor en Campeche (53 %) respecto a Yucatán (24 %). En las comunidades de Campeche el 28 % aprovecha el fruto para la venta y el 20 % realizan intercambio del fruto con sus vecinos, mientras que en Yucatán el 16 % vende el fruto y solo el 2 % realiza intercambio con sus vecinos. El peso total de los frutos cosechados mostró diferencias entre entidades; en Yucatán

predominó la categoría de 90–120 g de frutos cosechados (88 %), mientras que en Campeche se observó mayor variabilidad, destacando la categoría de 10–30 g (55 %). La comercialización fue mayor a escala local en Campeche (20 %) siendo el fruto fresco (23 %) la presentación de venta más representativa. Las prácticas de manejo y el aprovechamiento del fruto evidenciaron la importancia del chile maax en ambas comunidades y la comercialización empieza a tomar mayor importancia en las comunidades de Campeche.

Palabras clave: comercialización, chile maax, importancia biocultural, prácticas de manejo, traspatios.



Atributos fenotípicos del *Meleagris gallopavo* en la Zona Centro del Estado de Yucatán

Phenotypic attributes of the *Meleagris gallopavo* in the Central Zone of the Yucatán State

Maricela Adelaida Canul Solís^{1§}, Ángel Carmelo Sierra Vasquez¹, Raciél Javier Estrada León², Rodrigo Portillo Salgado², Rubén Humberto Andueza Noh¹, Daniel Enrique Vazquez Solís¹.

¹Tecnológico Nacional de México (TecNM). IT de Conkal. Avenida Tecnológico s/n. Conkal, Yucatán, México. CP 97435. ²TecNM. IT de Calkiní. Avenida Ah-Canul s/n x Carretera Federal CP. 4900 Calkiní, Campeche, México. [§]Autor de correspondencia: (maricela.cs@conkal.tecnm.mx).

Resumen

La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación (FAO), reporta que al menos 61 % de las razas de animales locales se encuentra en situación de riesgo desconocida. El guajolote nativo en México no es la excepción, ya que no se cuenta con programas de conservación y aprovechamiento y se le presta poca o nula atención como especie producto. Por ello, la caracterización fenotípica es una de las estrategias esenciales para el desarrollo de un programa de conservación o mejora genética de una raza de interés. El objetivo del trabajo fue, caracterizar a una población de guajolote nativo adulto (n= 53) mediante variables fanerópticas, en sistemas de traspatio de comunidades mayas de la zona centro del estado de Yucatán, Las variables evaluadas fueron: color del plumaje, color de ojos y color de tarsos. El análisis de datos incluyó tablas de frecuencias (relativas y absolutas) utilizando el software Statgraphics, ver 16.2.04 (2013). Se identificaron nueve variantes diferentes para el color del plumaje, sobresaliendo los colores puros como el negro (20.75 %) y la combinación de dos colores: negro y café (20.75 %), así como la combinación de tres colores: negro, café y blanco (9.43 %). Para el color de ojos y tarso se sobresalieron tres combinaciones: café (73.78 %)

y rosado (84.91%), respectivamente. Se concluye que el guajolote nativo de la zona centro de Yucatán presenta amplia variabilidad fenotípica en cuanto a sus características fanerópticas. Se recomienda evaluar sus características morfoestructurales.

Palabras clave: pavos, recurso zoogenético, traspatio, variabilidad fenotípica.



Follaje de especies leñosas como mantillo en sistemas agroforestales: beneficios ecológicos y fisiológicos para la resiliencia del maíz en el trópico subhúmedo

Woody species foliage as mulch in agroforestry systems: ecological and physiological benefits for maize resilience in the sub-humid tropics

Paolo Arturo Xiu-Canché^{1§}, Laura A. Macario-González¹, Fernando Casanova-Lugo¹, Luis A. Lara-Pérez¹,
Manuel Jesús Cach-Pérez²

¹Instituto Tecnológico de la Zona Maya. Departamento de Agroecosistemas. Juan Sarabia, Chetumal, Quintana Roo, México. ²El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR). Unidad Villahermosa. Departamento de Agricultura, Sociedad y Ambiente, Tabasco, México. [§]Autor para correspondencia: (paoloxiu@gmail.com).

Resumen

Las variaciones climáticas, baja fertilidad de suelos y simplificación de sistemas productivos tropicales han ocasionado un incremento en la presencia de arvenses, estrés hídrico-térmico en áreas de cultivo, reducción en la diversidad funcional y consecuentemente, el detrimento de la seguridad alimentaria. Los sistemas agroforestales (SAF) ofrecen una alternativa que puede mitigar estos efectos mediante el uso del follaje podado como mantillo para cobertura del suelo. El objetivo del estudio fue evaluar los beneficios ecológicos y fisiológicos del uso del follaje de *Leucaena leucocephala* y *Guazuma ulmifolia* como mantillo solo y combinado en un SAF con maíz criollo en Yucatán. Se establecieron ocho tratamientos por triplicado con y sin mantillo en un diseño de bloques al azar. Se evaluó el control de arvenses, microclima y desempeño fisiológico del maíz. La adición de mantillo de *G. ulmifolia* mostró el mayor potencial de supresión (36 %). En todos los casos, el mantillo disminuyó la temperatura del suelo entre 0.48–1.28 °C y retuvo 14–50% más agua que los tratamientos sin mantillo. En cuanto a la fisiología del maíz, la asimilación de CO₂ y la transpiración aumentaron del día 45 al 70 en todos los tratamientos. El mantillo de *L. leucocephala* combinado con *G. ulmifolia* tuvo el mayor

rendimiento de grano, hasta 85 % superior comparado con el control. El contenido de clorofila fue hasta 21 % mayor en plantas con el uso de mantillo con relación al control. Se concluye que, el follaje de especies leñosas usadas como mantillo en SAF con maíz constituye una estrategia efectiva que mejora el control de arvenses, el microclima, la fisiología y la productividad del maíz, lo que contribuye a la resiliencia de los sistemas productivos tropicales.

Palabras clave: agroforestería, arvenses, cambio climático, cobertura del suelo, fisiología vegetal.



Efecto de la alta temperatura y CO₂ elevado en depredadores generalistas

Effect of High Temperature and Elevated CO₂ on Generalist Predators

Jehú G. Noh-Kú^{1§}, Adrián Fernández Basto¹, Alejandra González-Moreno¹, Esaú Ruiz-Sánchez¹, Horacio S. Ballina-Gómez¹, René Garruña²

¹Tecnológico Nacional de México (TecNM). Instituto Tecnológico de Conkal, Av. Tecnológico s/n, Conkal 97345, Yucatán, México. ²SECIHTI. Instituto Tecnológico de Conkal. Av. Tecnológico s/n, Conkal 97345, Yucatán, México. Autor de correspondencia: (jehunohku@gmail.com).

Resumen

En los últimos años el aumento de temperatura y CO₂ afectan tanto a las plantas como a los insectos, es fundamental comprender sus efectos y cómo alteran la biología de estos organismos. El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de la temperatura alta y el CO₂ elevado en la dinámica de *Amblyseius swirskii* y *Chrysoperla externa*. Se usaron cuatro cámaras de crecimiento con diferente combinación de temperatura y CO₂ (30 °C - 400 ppm, 30 °C - 1200 ppm, 40 °C - 400 ppm y 40 °C - 1200 ppm), dentro de ellas se evaluaron la mortalidad, voracidad y eclosión de las especies estudiadas. *C. externa* fue más susceptible a los cambios de temperatura, presentando 100 % de mortalidad en todos los ambientes evaluados. En contraste, *A. swirskii* tuvo 60 % menor mortalidad el ambiente de 30°C enriquecidos con CO₂. Por otra parte, la voracidad de *C. externa* aumentó hasta 100 % en escenarios con CO₂ elevado, y *A. swirskii* tuvo mayor adaptación a temperaturas elevadas reduciendo hasta un 50 %. En los ambientes con 40°C la eclosión de *C. externa* fue al menos 44 % mayor que a 30 °C, esto indica que la eclosión fue favorecida por el incremento de la temperatura, y el CO₂ no mostró diferencias significativas. En conclusión, *C. externa* fue altamente susceptible a

la temperatura alta, con mortalidad total, pero antes de morir aumentó su eclosión y su voracidad en los ambientes a 40 °C y CO₂ elevado, respectivamente. Por otra parte, *Amblyseius swirskii* mostró mayor tolerancia a la temperatura alta, menor mortalidad y mejor adaptación térmica. Estos resultados indican un panorama real ante la respuesta de depredadores en futuros escenarios de cambio climático.

Palabras clave: depredador, eclosión, mortalidad, voracidad.



Desempeño productivo de corderas en crecimiento alimentadas con harina de *Enterolobium cyclocarpum*
Productive performance of growing sheep feeding with *Enterolobium cyclocarpum* flour

Mariana Ines Alvarez-Euan[§], Edgar Aguilar-Urquizo, Miguel Magaña-Magaña, Angel Piñeiro Vázquez,
Cristina Flores-Avila

Tecnológico Nacional de México (TecNM). Campus Conkal. Avenida Tecnológico s/n, CP. 97345. Conkal, Yucatán, México. §Autor de correspondencia: (L21800038@Conkal.Tecnm.mx).

Resumen

La alimentación es fundamental en la producción ovina, debido a su relación directa con el comportamiento productivo; además, representa una parte importante de los costos totales de producción. Ante esta problemática, surge el interés por evaluar ingredientes alternativos de origen local que permitan mantener el desempeño productivo de los animales. Se planteó el presente estudio para evaluar la viabilidad de la harina de pich (*Enterolobium cyclocarpum*) como suplemento alimenticio de corderas en crecimiento. Se utilizaron 15 corderas criollas con un peso inicial promedio de 21.34 ± 4.82 kg, distribuidas en un diseño completamente al azar considerando tres tratamientos de acuerdo al porcentaje de inclusión de harina de pich (T1 = 0 %, T2 = 10 % y T3 = 20 %) y cinco repeticiones por tratamiento. El experimento tuvo una duración de 75 días. Se evaluaron las siguientes variables: ganancia diaria de peso (GDP), ganancia total de peso (GTP), consumo voluntario (CV) y conversión alimenticia (CA). No se encontraron diferencias significativas ($p > 0.05$) entre tratamientos; sin embargo, el T3 demostró una tendencia similar al T1, destacando en ganancia diaria de peso (0.179 ± 0.06 kg/día) y el peso final (37.32 ± 6.9 kg/día). En cuanto al CV, se observaron valores de 1.092, 0.921 y 1.084 kg/día para T1, T2 y T3, respectivamente ($p = 0.35$). La CA presentó valores de 4.50, 5.50 y 4.90 ($p = 0.53$), confirmando que la eficiencia en el aprovechamiento del alimento consumido fue similar entre tratamientos. Los resultados indican

que la inclusión de hasta un 20 % de la harina de pich en la dieta, mantiene el desempeño productivo de las corderas en crecimiento.

Palabras clave: comportamiento productivo, harina de pich, ovinos en crecimiento.



Efecto combinado del ácido salicílico y extracto de algas sobre el crecimiento y desarrollo floral en *Gerbera jamesonii* Bolus

Combined effect of salicylic acid and seaweed extract on floral growth and development in *Gerbera jamesonii* Bolus

Norma E. Dzul-Ek¹, Eduardo Villanueva-Couoh^{1§}, Pinzón López-Luis¹, Cituk Chan-Daniel¹, Manuel J. Zavala-León²

¹Tecnológico Nacional de México (TecNM). Instituto Tecnológico de Conkal. Av. Tecnológico s/n, Conkal 97345, Yucatán, México. ²Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) Mococho. Carretera Mérida- Motul, km 25, Mérida, Mococho, Yucatán. [§]Autor de correspondencia: (eduardo.vc@conkal.tecnm.mx).

Resumen

La gerbera es una planta ornamental de alto valor comercial ampliamente utilizado como flor de corte o de maceta, por esta razón, el objetivo de este estudio fue determinar el efecto del ácido salicílico y un extracto de alga, aplicados de forma individual y combinada, sobre el crecimiento vegetativo y el desarrollo floral en *Gerbera jamesonii* Bolus. Se utilizó el producto comercial a base de alga marina (Stimplex®) en tres diferentes dosis: 2.4 mL L⁻¹, 3.0 mL L⁻¹ y 3.6 mL L⁻¹; así como también tres concentraciones de AS: 10⁻⁶, 10⁻⁸ y 10⁻¹⁰ M. Se midieron variables como el número de hojas, largo del tallo y diámetro de la flor. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con arreglo factorial 4×4. Los datos fueron sometidos a un análisis de varianza (ANOVA) mediante el software estadístico R, utilizando la prueba de Tukey como prueba de comparación de medias. Se obtuvo como resultado que los tratamientos en los que se aplicó AS aumentaron el número de hojas (12) en comparación con el testigo (9) mientras que la aplicación del Stimplex® no tuvo un efecto significativo. En la longitud del tallo se observó que la interacción entre el alga y el AS favoreció la formación de tallos más largos (7cm), así como mayor diámetro de la flor (9 cm). En conjunto, estos resultados

sugieren que la combinación de ambos factores ejerce un efecto positivo sobre el desarrollo floral; no obstante, la aplicación de AS por sí sola también mostró un efecto favorable en el cultivo de gerbera.

Palabras clave: *Ascophyllum nodosum*, flor, Stimplex®.



Diversidad vegetal de los huertos familiares en Juan Sarabia y Sac-Xan, Quintana Roo, México

Plant diversity in home gardens in Juan Sarabia and Sac-Xan, Quintana Roo, Mexico

Margarita R. Rojas-Ávila¹, Justo R. Enríquez-Nolasco^{2§}, Carlos R. Villanueva-Partida¹, Zazil Ha M.

García-Trujillo¹, Fernando Casanova-Lugo¹

¹Tecnológico Nacional de México (TecNM). Campus IT de la Zona Maya. Othón P. Blanco, Quintana Roo, México. ²El Colegio de la Frontera Sur (EcoSur). Unidad Villahermosa. Tabasco, México. [§]Autor de correspondencia: (enriqznl@hotmail.com).

Resumen

Los huertos familiares representan sistemas tradicionales del manejo que contribuyen a la conservación de la diversidad vegetal y al aprovechamiento de recursos útiles para las comunidades rurales. El objetivo del presente estudio fue documentar la diversidad de especies vegetales presentes en los huertos familiares de las localidades de Juan Sarabia y Sac-Xan, Quintana Roo, México. Se realizaron recorridos de campo, encuestas e identificación taxonómicas de las especies registradas, así como el análisis de su distribución, hábito de crecimiento, tipo de vegetación y origen botánico. Se registró un total de 56 especies agrupadas en 40 familias botánicas. Juan Sarabia presentó la mayor riqueza florística, con 50 especies pertenecientes a 36 familias, mientras que en Sac-Xan se documentaron 23 especies distribuidas en 16 familias. La familia más diversa fue Lamiaceae con cuatro especies, seguida de Rutaceae y Sapotaceae con tres especies cada una. Las especies registradas mostraron una amplia distribución en la Península de Yucatán, reportándose 56 especies para Quintana Roo, 54 para Campeche y 53 para Yucatán. Predominando especies arbóreas y herbáceas. La vegetación secundaria concentró la mayor riqueza florística. En cuanto al origen botánico, destacaron las especies cultivadas, seguidas de las introducidas y nativas. Además, varias especies registradas son

utilizadas con fines alimenticios, medicinales y ornamentales, lo que refleja la importancia de los huertos familiares en el conocimiento tradicional y en la subsistencia de las familias rurales. Los resultados evidencian la importancia de los huertos familiares como espacios de conservación y manejo de la diversidad vegetal en el sur de Quintana Roo.

Palabras clave: agrobiodiversidad, conservación, flora.



Cacería de subsistencia y valoración cultural de la fauna silvestre en la comunidad de Yaxhachen, Oxkutzcab
Yucatán, México

Subsistence hunting and cultural valuation of wildlife in the community of Yaxhachen Oxkutzcab Yucatán,
Mexico

Rey Dzul-Us[§], Marcos Briceño Mendez

Tecnológico Nacional de México (TecNM). ITS del Sur del estado de Yucatán. Carretera Muna-Felipe Carrillo Puerto Tramo Oxkutzcab-Akil, Km 41+400, Oxkutzcab, Yucatán, México. §Autor de correspondencia: (dzulusreymelchor@gmail.com).

Resumen

En el estado de Yucatán, las comunidades mayas mantienen la cacería de subsistencia como una estrategia de subsistencia y manejo tradicional de la fauna silvestre. El estudio de estas prácticas permite comprender la relación entre las comunidades rurales y los recursos faunísticos, así como documentar la importancia cultural, alimentaria y de manejo que la cacería conserva en la región. El objetivo de este estudio fue analizar las prácticas de cacería de subsistencia en la comunidad maya de Yaxhachen, Oxkutzcab Yucatán, México. Se aplicaron 40 encuestas y 10 entrevistas semiestructuradas a cazadores locales. Se incluyeron preguntas relacionadas con frecuencia de caza, especies aprovechadas, técnicas utilizadas y destino de la carne. Los datos se organizaron y analizaron mediante frecuencias y porcentajes. Adicionalmente, se realizó una salida de campo mediante cacería solitaria tradicional conocida como *xímbal ts'on*, con el propósito de documentar de manera directa el proceso de caza y las especies objetivo. Los resultados muestran que los cazadores se agrupan en dos categorías: quienes cazan de manera frecuente y quienes lo hacen ocasionalmente, principalmente para la protección de cultivos de temporal. En ambos grupos, la actividad de caza aumenta durante la época de lluvias, condición reportada por el 60 % de los participantes. La carne constituye el principal

producto de aprovechamiento y se destina principalmente al autoconsumo. La cacería de subsistencia continúa siendo una práctica vigente en las comunidades mayas de Yucatán y mantiene una estrecha relación con la seguridad alimentaria, la protección de cultivos y la identidad cultural local. La variación en la frecuencia de caza y la composición de especies aprovechadas sugieren respuestas adaptativas frente a la disponibilidad de fauna silvestre y a las necesidades estacionales de las comunidades.

Palabras clave: cacería de subsistencia, comunidad maya, fauna silvestre, etnozoología.



Caracterización agromorfológica de maíces criollos de Yucatán

Phenotypic Characterization of Creole Maize from Yucatán

Luis E. Poot-Mena[§], Luis Latournerie-Moreno, Esaú Ruíz-Sánchez

Tecnológico Nacional de México (TecNM). IT. Conkal. División de Estudios de Posgrado e Investigación. Avenida Tecnológico s/n, CP. 97345, Conkal, Yucatán, México. [§]Autor de correspondencia (MM18800237@conkal.tecnm.com.mx).

Resumen

El maíz criollo en Yucatán es clave para la seguridad alimentaria de comunidades rurales mayas ya que gran parte de la producción se destina al autoconsumo. Sin embargo, su conservación enfrenta retos debido a la erosión genética, abandono del campo y la introducción de semillas mejoradas, esto genera la necesidad de fortalecer las estrategias de conservación y uso sustentable. El objetivo del trabajo fue evaluar la variación agromorfológica en poblaciones de maíz criollo. Se evaluaron 22 poblaciones de ciclo precoz e intermedio (ocho de la raza Nal tel y 14 de la crucea interracial Xmejen nal (Nal tel x Tuxpeño), variedad Santa rosa, Mejen blanco y Dzit bacal amarillo. El experimento se estableció en condiciones de temporal en Xoy, Peto, Yucatán, en junio de 2025, en un diseño de bloques al azar con tres repeticiones. La unidad experimental fue dos surcos de 5.0 m cada uno, con distancia entre surcos de 1.0 m y 0.40 m entre mata y mata (dos plantas por mata). Se midieron 28 descriptores de planta, espiga, mazorca, grano y olote. En el análisis de componentes principales (CP), los primeros tres componentes explicaron el 63 % de la variación observada. El CP1 aportó el 37 % de la variación asociándose principalmente con la altura de planta, altura de mazorca, días a floración y diámetro de tallo. El CP2 explicó el 16% asociado al tamaño de la mazorca. El análisis

de conglomerados formó siete grupos, de los cuales el grupo mayoritario fue el subgrupo con las poblaciones de Nal tel y el subgrupo de los Xmejen nal, sugiriendo la relación debido a la precocidad. Mejen blanco, Xmejen nal amarillo y rojo se separaron de forma independiente y más divergente.

Palabras clave: diversidad, Nal tel, variación fenotípica, *Zea mays*.



Impacto del manejo agroecológico de Sembrando Vida sobre la diversidad microbiana del suelo en Campeche

Impact of agroecological management under Sembrando Vida on soil microbial diversity in Campeche

Karina Verdel Aranda[§], Delfina Margarita Chan-Uc, Gerardo Alfonso Avilés-Ramírez, Lorena Guadalupe

Ramón Canul

Tecnológico Nacional de México (TecNM). Instituto Tecnológico de Chiná. Campeche, México. [§]Autor de correspondencia: (karina.va@china.tecnm.mx).

Resumen

El manejo agrícola influye directamente en la estructura y diversidad de las comunidades microbianas del suelo, impactando su funcionalidad y sostenibilidad. En este estudio se evaluó la diversidad bacteriana de suelos agrícolas provenientes de dos comunidades de Campeche, México: Chemblás (C) y Hampolol (H), bajo dos esquemas de manejo: agroecológico correspondiente al programa Sembrando Vida (SV) y convencional (SSV). Se analizaron diez muestras de suelo mediante secuenciación de amplicones del gen 16S rRNA, incluyendo muestras de rizosfera de parcelas con manejo agroecológico y sus contrapartes convencionales. Los resultados mostraron diferencias en la abundancia absoluta de las comunidades microbianas entre sistemas de manejo, destacando mayores valores en algunas muestras agroecológicas, particularmente de parcelas de Hampolol. Asimismo, los análisis de diversidad alfa evidenciaron variaciones en la riqueza de especies, mientras que la diversidad beta basada en Bray-Curtis mostró separación entre muestras de acuerdo con el tipo de manejo y origen geográfico, sugiriendo una influencia conjunta de las prácticas agrícolas y del sitio. Los perfiles taxonómicos revelaron comunidades complejas con diferencias en la abundancia relativa de diversos grupos microbianos entre sistemas de manejo, lo que

podría reflejar cambios en la funcionalidad del suelo asociados al manejo agroecológico. En conjunto, los resultados sugieren que las prácticas implementadas en el programa Sembrando Vida pueden favorecer modificaciones en la estructura microbiana del suelo, con implicaciones potenciales en la salud edáfica y la sostenibilidad agrícola.

Palabras clave: agroecología, diversidad microbiana, microbioma del suelo, secuenciación 16S.



Dinámica productiva y retos socio-agronómicos para la conservación local del frijol lima (*Phaseolus lunatus*) en comunidades de Yucatán

Productive dynamics and socio-agronomic challenges for the local conservation of lima beans (*Phaseolus lunatus*) in Yucatan communities

Aldo Daniel Chan-Arjona^{1§}, Horacio Salomón Ballina-Gómez^{1§}, Roberto Rafael Ruiz-Santiago², Esaú Ruiz-Sánchez¹

¹Tecnológico Nacional de México (TecNM). Campus Conkal. División de Estudios de Posgrado e Investigación. Avenida Tecnológico S/N, CP. 97345. Conkal, Yucatán, México. ²Centro de Investigación Científica de Yucatán. Unidad de Recursos Naturales. Calle 43 No. 130, Col. Chuburná de Hidalgo CP. 97205, Mérida, Yucatán, México. [§]Autor de correspondencia: (aldodanielchanarjona@gmail.com).

Resumen

El frijol lima (*Phaseolus lunatus* L.) representa un recurso de gran valor biocultural en el sistema agrícola mesoamericano. El presente estudio tuvo como objetivo caracterizar el conocimiento tradicional, el manejo y la producción de este cultivo por parte de los agricultores en tres comunidades de Yucatán, México: Kantunil, Xoy y Cacalchén. Se realizó un muestreo de bola de nieve, se seleccionaron 33 productores reconocidos por su experiencia. Se aplicó una entrevista estructurada enfocada en datos socio-agronómicos, variedades y producción, así como las necesidades de apoyos gubernamentales. Los datos categóricos se procesaron mediante un análisis de ji-cuadrada para los datos categóricos con el programa Python y se elaboraron tablas de contingencia a través de un análisis exploratorio para determinar frecuencias. Los resultados mostraron contrastes estadísticos significativos entre las comunidades. La edad de los productores varió ($p = 0.01$), predominando los adultos mayores (61-79 años) con un 61.53 %, concentrándose fuertemente en Cacalchén. Esto incide directamente en la falta de relevo generacional ($p = 0.01$), el cual es inexistente para el 61.53 % de los encuestados. El rendimiento productivo por ciclo también difirió ($p = 0.03$),

siendo predominantemente bajo en Cacalchén y medio en Kantunil. El sabor (38.4 %) destacó como el principal motivo para conservar las variedades locales ($p = 0.02$). El destino final de la producción ($p = 0.003$) se orientó al consumo familiar y venta (69.23 %). La demanda de apoyos técnicos ($p = 0.01$) priorizó abrumadoramente el manejo de insectos plaga (76.9 %). En conclusión, el sostenimiento del frijol lima recae en una población productora adulta que enfrenta bajos rendimientos y un severo déficit de reemplazo generacional. Es urgente canalizar los apoyos técnicos hacia el control de plagas para salvaguardar esta agrobiodiversidad.

Palabras clave: agricultores, biocultural, comunidades indígenas, producción, variedades.



Efecto de la suplementación con bloques multinutricionales sobre la condición corporal y masa muscular en rumiantes durante la época de estiaje en Yucatán

Effect of Multinutritional Block Supplementation on Body Condition and Muscle Mass in Ruminants During the Dry Season in Yucatan

Marina Samary Puga Canul[§], Ariel Erbe Rejon Tun, Andrea Castillo Cuxim, Abigail Valdespino Hernández, Daniela Sonia Gabriela, Gabriel Jesús Fernández Canul, Daniela Christian Rivera Chale, Cristopher David Martínez Vega, Joan Jesús Kantun Pech

Tecnológico Nacional de México (TecNM). Campus Conkal. Antigua Carretera Mérida-Motul Km 16.3, 97345 Conkal, Yucatán, México. [§]Autor de correspondencia: (pugacanulmarinasamary@gmail.com).

Resumen

En el sector agropecuario de Yucatán, la estacionalidad climática genera una crisis de disponibilidad forrajera, lo que se traduce en pérdidas económicas directas para el productor, debido a la degradación de la musculatura y condición corporal del rumiante. U Muuk' Kéej surge como un emprendimiento orientado a resolver esta problemática mediante la comercialización de bloques multinutricionales de alta eficiencia. El objetivo de este agronegocio es ofrecer una herramienta tecnológica que garantice la estabilidad productiva del hato, evitando que el rumiante pierda peso y valor de mercado durante los periodos críticos de estiaje. Nuestro modelo de negocio se basa en un producto balanceado que integra fibra, sales minerales, proteína de origen animal o vegetal, grano molido y aditivos esenciales para la dieta del rumiante. A diferencia de la alimentación convencional, estos bloques facilitan una suplementación constante y de bajo manejo, optimizando la función ruminal y el aprovechamiento de forrajes de baja calidad presentes en la región. La propuesta de valor de U Muuk' Kéej radica en la conservación de la masa muscular del animal, asegurando que el productor mantenga su competitividad y rentabilidad. Por lo anterior, la implementación de estos bloques representa una inversión rentable para el

agronegocio ovino y bovino. Además, representa una solución nutricional integral que transforma un desafío ambiental en una oportunidad de mejora productiva y económica para los productores yucatecos.

Palabras clave: agronegocio, bloques multinutricionales, condición corporal, estiaje, rumiantes.



Predicción de la composición tisular en ovinos Katahdin mediante mediciones biométricas y algoritmos de aprendizaje automático

Prediction of Tissue Composition in Katahdin Sheep Using Biometric Measurements and Machine Learning Algorithms

Jesús Mezo-Solis¹, Ángel Piñeiro-Vázquez^{1§}, Ángel Sierra-Vásquez¹, Alfonso Chay-Canul²

¹Tecnológico Nacional de México (TecNM). Campus Conkal, ²Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.

§Autor de correspondencia: (angel.pv@conkal.tecnm.mx).

Resumen

La evaluación del peso vivo y la composición corporal es crucial para la toma de decisiones en manejo y mejoramiento genético en los animales de granja. Los métodos tradicionales como la disección de la canal son costosos e invasivos. En contraste, las mediciones biométricas ofrecen una alternativa eficiente y no invasiva, y su valor predictivo se ha mejorado significativamente con la aplicación de técnicas de aprendizaje automático (Machine Learning). Este estudio tuvo como objetivo evaluar la capacidad de los algoritmos Random Forest (RF) y Gradient Boosting (GB) para predecir la composición de la canal en 70 ovinos Katahdin (25 hembras y 45 machos). Se registraron 10 mediciones biométricas, así como el peso vivo y la composición de la canal (músculo, grasa y hueso). Los resultados del análisis de correlación de Pearson mostraron altas correlaciones positivas entre las mediciones biométricas y los componentes de la canal. El peso vivo y el perímetro torácico (PT) tuvieron una correlación de 0.95 con el músculo y de 0.88 con la grasa y el hueso. El modelo Gradient Boosting superó consistentemente a Random Forest, en la mayoría de las predicciones. Para el peso de la canal fría (CF), el GB alcanzó un $R^2 = 0.94$, demostrando una precisión superior. Aunque ambos modelos tuvieron dificultades para predecir la canal caliente (CC), el GB mostró un mejor rendimiento ($R^2 = 0.59$). Los resultados sugieren

que el modelo Gradient Boosting, al ser más robusto y preciso, es una herramienta prometedora para la predicción no invasiva de la composición corporal en ovinos, permitiendo una toma de decisiones más informada y eficiente en la producción animal.

Palabras clave: composición, machine learning, modelos, ovinos.



Especies de Formicidae con hábitos detritívoros y oportunistas en agroecosistemas tradicionales de maíz

Formicidae species with detritivorous and opportunistic habits in traditional maize agroecosystems

María Concepción Martínez Sandoval^{1§}, Esaú Ruiz Sánchez¹, Diana Laura Méndez Flota¹, Horacio Ballina Gómez¹, Ángel T. Piñeiro Vázquez¹, Franklin H. Rocha Vela², Luis A. Lara Pérez³

¹Tecnológico Nacional de México (TecNM). Campus Conkal. Av. Tecnológico S/N Conkal Yucatán. México. CP 97345. ²Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Km. 25 antigua carretera Mérida-Motul. Mocochoá, Yucatán, México. CP. 97454. ³TecNM. Instituto Tecnológico de la Zona Maya. Othón P. Blanco, Quintana Roo. [§]Autor de correspondencia: (dd10800047@conkal.tecnm.mx).

Resumen

Las especies de Formicidae con hábitos detritívoros y oportunistas representan un componente clave en los agroecosistemas debido a su potencial en procesos de descomposición de materia orgánica y reciclaje de nutrientes. En sistemas de maíz, estas funciones adquieren gran importancia debido a la dinámica de residuos vegetales y la interacción con prácticas de manejo. El objetivo del trabajo fue identificar y analizar la abundancia de especies de Formicidae con hábitos detritívoros y oportunistas en unidades de producción agrícola tradicional (maíz en policultivos y monocultivo rodeado por vegetación arbustiva). Para ello se realizó un muestreo entre 2024 y 2025 mediante tres estrategias: trampas malaise, redes de golpeo y trampas pitfall. Los ejemplares se identificaron a nivel especie. La abundancia de Formicidae con hábitos detritívoros y oportunistas varió entre técnicas de muestreo, de los 20 642 individuos capturados mediante trampas pitfall, el sistema monocultivo registró la mayor concentración con 13 244 ejemplares. Por su parte, el redeo reportó 2217 individuos y las trampas Malaise 895. En pitfall predominó *Monomorium ebeninum*, concentrando el 33 % de total seguido por *Pheidole gouldi* con 18 % y *Solenopsis geminata* 15 %, evidenciando una fuerte dominancia en el estrato del suelo. En

Malaise se observó una composición más equilibrada, con alta representación de *Solenopsis geminata* con 23 %, *Dorymyrmex insanus* 22 % y *Paratrechina longicornis* 16 %. La red de golpeo mostró una dominancia extrema de *Solenopsis geminata* con el 99 % que concentró prácticamente la totalidad de los individuos. Las especies de Formicidae con hábitos detritívoros y oportunistas presentaron alta abundancia en agroecosistemas tradicionales de maíz, con predominio en el estrato del suelo y variaciones en su registro según la técnica de muestreo.

Palabras clave: agroecosistemas, descomposición, reciclaje de nutrientes.



Desempeño productivo preliminar del crecimiento en cerdos criollos utilizando dietas alternativas

Preliminary performance data on growth in native pigs fed alternative diets

Alexander M. Ehuan-Chavez^{1§}, Erika Ismene Bermudes-Cetina¹, Raciél Javier Estrada León², Ángel Carmelo Sierra Vásquez¹

¹Tecnológico Nacional de México (TecNM). Instituto Tecnológico de Conkal. Av. Tecnológico S/N, Conkal, Yucatán, Mexico. CP. 97345. ²TecNM. Instituto Tecnológico Superior de Calkiní. Av. Ah Canul S/N por Carretera Federal, Calkiní, Campeche, Mexico. CP. 24900. [§]Autor de correspondencia: (MMI19800379@conkal.tecnm.mx).

Resumen

El cerdo pelón mexicano, es una de las razas criollas más representativas que forma parte de la historia y cultura rural de la Península de Yucatán; además, es muy importante por su resiliencia, adaptación al clima tropical, y por su capacidad para aprovechar los recursos alimenticios locales. El presente estudio tuvo como objetivo evaluar el crecimiento del cerdo criollo de Yucatán alimentado con fuentes alternativas. Se evaluaron 20 cerdos criollos (10 machos y 10 hembras) con edades promedio de 60 días, provenientes de la Unidad de Producción Pecuaria (UPP) "Teya" ubicada en el municipio de Kanasín, Yucatán. Los animales se pesaron cada 7 días durante 7 semanas ($n = 140$ pesajes). Se formularon cinco dietas integrales: dieta I (alimento comercial sin enzimas), dieta II (alimento comercial con enzimas), dieta III (20% de harina de *Morus alba* con enzimas), dieta IV (20 % de harina de *Brosimum alicastrum* con enzimas) y dieta V (15 % de harina de *Brosimum alicastrum* con 5 % de harina de *Morus alba* con enzimas). El análisis estadístico de los datos consistió en parámetros de estadística descriptiva, utilizando el programa Statgraphics centurión vXVI. El peso vivo promedio al inicio de la prueba (peso I) fue de

24.19 ± 2.9 kg mientras que al pesaje final a los 44 días de la prueba (P7) fue de 39.11 ± 3.89 kg; obteniéndose una ganancia diaria de peso (GMD) de 339 g. La media general de peso vivo fue de 32.61 ± 5.97 kg con un coeficiente de variación del 18.3 %. Se puede concluir, de manera preliminar, que el crecimiento de los cerdos criollos en Yucatán alimentados con dietas integrales puede ser una alternativa a recomendar en el medio rural.

Palabras clave: cerdo pelón de Yucatán, comportamiento productivo, dietas alternativas.



Variación en el contenido de antocianinas y color de microcápsulas de antocianinas de caimito púrpura durante el almacenamiento

Variation in anthocyanin content and color of purple star apple anthocyanin microcapsules during storage

Emmanuel de Jesús Chi-Gutiérrez¹, Silvia Nallely Chan-Koyoc², Víctor Manuel Moo-Huchin^{1§}, Luis Fernando Cuevas-Glory¹, Enrique Sauri-Duch¹, María de Lourdes Vargas y Vargas¹, Carlos Rolando Rios-Soberanis³

¹Tecnológico Nacional de México (TecNM). Instituto Tecnológico de Mérida. Carretera Mérida-Progreso Km. 5, CP. 97120. Mérida, Yucatán, México. ²TecNM. Instituto Tecnológico Superior de Calkiní. Avenida Ah Canul S/N, CP 24900. Calkiní, Campeche, México. ³Centro de Investigación Científica de Yucatán. Calle 43 No. 130 x 32 y 34, CP. 97205. Mérida, Yucatán, México. [§]Autor de correspondencia: (victor.mh@merida.tecnm.mx).

Resumen

La cáscara de caimito púrpura (*Chrysophyllum cainito* L.) presenta un alto contenido de antocianinas totales; estos compuestos son importantes tanto por su función como colorantes naturales como por sus propiedades bioactivas. Sin embargo, su limitada estabilidad química y estructural restringe su aprovechamiento industrial. El presente estudio tuvo como objetivo determinar la estabilidad de las microcápsulas de antocianinas de *C. cainito* obtenidas por coacervación compleja utilizando proteína de chícharo (PCH), alginato de propilenglicol (ALGP) y maltodextrina (MDA). Las antocianinas fueron extraídas de cáscaras liofilizadas mediante ultrasonido y con posterior microencapsulación por doble emulsión seguida de coacervación compleja, variando las concentraciones de los materiales de pared (1.0 % PCH-ALGP definido como T1 y 1.5 % PCH-ALGP definido como T2). Los polvos obtenidos se almacenaron en viales de vidrio ámbar durante 60 d a 25, 35 y 45 °C. Se tomaron muestras cada 10 d para determinar el contenido de antocianinas totales y los parámetros de color CIELab. El T2 a

25 °C mantuvo ~3.0 veces más el contenido de antocianinas tras 60 d en comparación con el extracto sin encapsular. Asimismo, T1 exhibió una mayor tasa de degradación de antocianinas durante los primeros 20 d respecto a T2. A 45 °C, las microcápsulas T2 mostraron la mayor degradación del color, asociada con el incremento de la luminosidad (de 44.74 a 46.85) y °hue (de 14.44 a 24.75), junto con una disminución de los valores de a* (de 19.07 a 14) y de la cromaticidad (de 19.69 a 15.48). En conclusión, el incremento en la concentración de los materiales de pared mejoró la estabilidad de las antocianinas microencapsuladas a 25 y 35 °C durante 60 d, en comparación con el extracto sin encapsular.

Palabras clave: almacenamiento, antocianinas, caimito púrpura, emulsión, microcápsulas.



Macerados acuosos de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray fortalecen la resistencia física y el rendimiento del frijol lima *Phaseolus lunatus* L.

Aqueous extracts of *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray improve physical resistance and yield of lima bean *Phaseolus lunatus* L.

Jean A. P. Eichholtzer^{1§}, Roberto R. Ruiz-Santiago², Alejandra del S. González-Moreno¹, Esaú Ruiz-Sánchez¹, Horacio S. Ballina-Gómez¹

¹Tecnológico Nacional de México (TecNM). Campus Conkal. División de Estudios de Posgrado e Investigación. Avenida Tecnológico s/n, CP. 97345, Conkal, Yucatán, México. ²Centro de Investigación Científica de Yucatán. Calle 43 No. 130. Col. Chuburná de Hidalgo, CP. 97205, Mérida, Yucatán, México.

[§]Autor de correspondencia: (DD24800504@conkal.tecnm.mx).

Resumen

El uso de plantas alelopáticas como *Tithonia diversifolia* representa una alternativa prometedora para la agricultura sustentable, debido a su capacidad para aportar nutrientes y metabolitos que favorecen el desarrollo de los cultivos y su defensa contra plagas. El objetivo de este estudio fue evaluar los efectos de los macerados acuosos de *T. diversifolia* sobre el crecimiento, la defensa y el rendimiento de *Phaseolus lunatus*, cultivo de importancia socioeconómica en regiones tropicales y subtropicales. Se estableció un experimento en campo abierto bajo un diseño de parcelas divididas con tres repeticiones y cinco cultivares de *P. lunatus* (I-V). Se aplicaron cinco tratamientos con macerados de hojas y tallos de *T. diversifolia* al 5 y 10 % (p/v), preparados a partir de material vegetal fresco remojado en agua durante 24 h (Control, H5, H10, T5 y T10). Los tratamientos se aplicaron en la base del tallo durante la etapa vegetativa y mediante aspersión foliar durante la floración. Se midieron variables de crecimiento (diámetro, altura, número de hojas, área foliar, biomasa), defensa foliar (dureza, grosor, densidad de tricomas) y daño foliar en cuatro cosechas no destructivas, así como el rendimiento por planta. Los resultados mostraron efectos variables sobre el

crecimiento; sin embargo, el tratamiento T5 incrementó en 2.9 % la dureza foliar, mientras que H10 redujo en 9.1 % el daño foliar por artrópodos herbívoros. Además, los tratamientos H10 y T10 aumentaron el rendimiento del cultivar I en 69.4 y 52.7 %, respectivamente. En conjunto, los resultados indican que los macerados acuosos de *T. diversifolia* fortalecen la resistencia física de *P. lunatus* y pueden mejorar el rendimiento del cultivo, lo que resalta su potencial como insumo biorracional en sistemas de producción sustentable.

Palabras clave: agricultura sustentable, biorracionales, frijol lima, herbivoría.



Estructura poblacional y ancestría genética del bovino criollo de nunkiní, Campeche, México

Population structure and genetic ancestry of the nunkiní creole cattle from Campeche, Mexico

Alejandro Escalante-Ávila^{1§}, Ángel Sierra-Vásquez¹, Raciél Estrada-León¹, Gaspar Parra-Bracamonte²

¹Tecnológico Nacional de México (TecNM). Instituto Tecnológico de Conkal. Av. Tecnológico S/N CP. 97345. Conkal, Yucatán México. ²Instituto Politécnico Nacional (IPN). Centro de Biotecnología Genómica, Blvd. del Maestro S/N, Narciso Mendoza, 88710 Reynosa, Tamaulipas, México. [§]Autor de correspondencia: (alexescaavi@gmail.com).

Resumen

El bovino criollo de Nunkiní, Campeche, constituye un recurso zoogenético de importancia para la conservación de la diversidad genética bovina en México; sin embargo, los cruzamientos no controlados podrían favorecer procesos de introgresión que comprometan su integridad genética. El objetivo de este estudio fue evaluar la estructura poblacional y los coeficientes de ancestría del bovino criollo de Nunkiní mediante marcadores SNP de alta densidad. Se analizaron 35 individuos provenientes de nueve unidades de producción pecuaria (UPP) genotipados con el chip Illumina Bovine SNP 100K. Los datos fueron integrados a poblaciones bovinas africanas, europeas, ibéricas, criollas y cebuinas de referencia. La estructura genética se evaluó mediante análisis de componentes principales (PCA) y los coeficientes de ancestría se infirieron con el paquete LEA en R. Se encontró una diferenciación clara entre los linajes *Bos taurus* y *Bos indicus*, mientras que los individuos de Nunkiní se ubicaron en una posición intermedia, con afinidad hacia razas criollas e ibéricas, pero con evidencia de proximidad genética hacia poblaciones cebuinas. Por otro lado, se reveló una composición genética mixta y una marcada introgresión cebuina en la mayoría de las UPP estudiadas. Se puede concluir que existe un proceso de sustitución

genética en la población del bovino criollo de Nunkiní, Campeche; sin embargo, algunas UPP aún conservan componentes genéticos criollos relevantes que se podrían rescatar a través de la implementación y diseño de estrategias de conservación y aprovechamiento sustentable.

Palabras clave: estructura poblacional, recurso zoogenético, SNP, variabilidad genética.



Evaluación de actividad antioxidante e hipoglucemiante de cultivos nativos en sistemas agroforestales del programa Sembrando Vida en comunidades rurales de Campeche, México

Evaluation of antioxidant and hypoglycemic activity of native crops in agroforestry systems of the Sembrando Vida program in rural communities of Campeche, Mexico

Elizabeth Consuelo González-Pech, Lorena Guadalupe Ramón-Canul[§], Norma Laura Rodríguez-Ávila,
Gerardo Alfonso Avilés-Ramírez, Delfina Margarita Chan-Uc

Tecnológico Nacional de México (TecNM). Campus Chiná. C. II, Cementerio, 24520 San Francisco de Campeche, Camp. §Autor de correspondencia: (lorena.rc@china.tecnm.mx).

Resumen

Actualmente, el síndrome metabólico constituye uno de los principales problemas de salud pública a nivel mundial debido a su relación directa con enfermedades crónicas no transmitibles. El objetivo de esta investigación fue caracterizar la composición nutricional y fitoquímica, así como evaluar la actividad antioxidante e hipoglucemiante in vitro de cultivos representativos del programa Sembrando Vida en los municipios de Chemblás y Hampolol, Campeche. Se recolectaron muestras de cilantro, frijol, chaya y dos variantes de maíz, las cuales fueron secadas, molidas y extraídas mediante ultrasonido con metanol del 80 %. Se llevaron a cabo análisis químico proximal para la determinación de fenoles y flavonoides, así como de la actividad antioxidante (DPPH, ABTS, FRAP) y actividad hipoglucemiante (α -amilasa y α -glucosidasa). El análisis estadístico fue completamente al azar con cinco repeticiones. Los datos se sometieron a un análisis de varianza (ANOVA) de una vía con un nivel de significación del 5 %. La comparación de medias se realizó mediante la prueba de Tukey. Los resultados obtenidos revelaron diferencias significativas ($p \leq 0.05$) entre cultivos; el frijol presentó valores altos en proteína (28.47 %), la chaya presentó mayor

fibra dietética con 25.01 %, y las variantes de maíz presentaron alto contenido de carbohidratos (66.89 % y 68.56 %). El cilantro, registro valores en fenoles de 987.4 mg AG/g y en flavonoides 481 mg Q/g, así como la mayor actividad antioxidante: DPPH con 349 μ mol trolox g⁻¹, ABTS 365 μ mol trolox/g, FRAP: 487 μ mol trolox g⁻¹. El maíz Chac Chob mostró mayor actividad hipoglucemiante. Se concluye que los resultados evidencian el potencial de los cultivos nativos como estrategia para la prevención de enfermedades.

Palabra clave: actividad antioxidante, actividad hipoglucemiante, cultivos nativos, síndrome metabólico.



Estructura y variación estacional de la comunidad de aves asociadas a una matriz agrícola y fragmentos de selva seca

Structure and seasonal variation of the bird community associated with an agricultural matrix and fragments of dry forest

Pablo Quiñones-Arjona[§], Horacio Ballina-Gómez

Tecnológico Nacional de México (TecNM). IT de Conkal. División de Estudios de Posgrado e Investigación. Av. Tecnológico s/n. CP. 97345, Conkal, Yucatán, México. [§]Autor de correspondencia: (pajaropq@gmail.com).

Resumen

El estudio de la diversidad de aves en distintos tipos de cobertura vegetal es fundamental para comprender el efecto del uso de suelo sobre comunidades biológicas. El objetivo de esta investigación fue evaluar la diversidad y composición de la avifauna en tres tipos de cobertura: área agrícola, selva de borde y selva medianamente conservada. El estudio se realizó en el municipio de Conkal, Yucatán. En cada sitio se efectuaron un total de 16 monitoreos durante dos temporadas: lluvias (junio-agosto) y nortes (noviembre-diciembre); en cada muestreo se realizaron avistamientos directos. La diversidad se evaluó mediante número efectivo de especies ($q = 0$, $q = 1$ y $q = 2$). Así mismo, se aplicaron análisis de ANOVA y ordenación no métrica multidimensional (NMDS). Los resultados de la temporada de lluvias mostraron que el área agrícola presentó una mayor riqueza de especies mientras que la selva medianamente conservada mostró una mayor diversidad efectiva de órdenes superiores. En la temporada de nortes, hubo un incremento general de la riqueza total siendo el área agrícola la de valores más altos. Los análisis estadísticos mostraron diferencias significativas en la composición de especies entre los hábitats en ambas temporadas. El NMDS evidenció una separación notoria de los ensamblajes, indicando

así una variación en la estructura de la comunidad. Se concluye que tanto el tipo de hábitat como la estacionalidad influyen significativamente en la diversidad y composición de la avifauna.

Palabras clave: avifauna, estacionalidad, diversidad, hábitat.



Bacillus spp. y *Trichoderma* como consorcios para el biocontrol de *Fusarium* spp. y biofertilizante en chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.)

Bacillus spp. and *Trichoderma* as consortia for the biocontrol of *Fusarium* spp. and biofertilizer in habanero chili (*Capsicum chinense* Jacq.)

Carlos Chan-Ku¹, Jairo Cristóbal-Alejo^{1§}, José Tun-Suárez¹, Arturo Reyes-Ramírez¹, Felicia Moo-Koh¹,
Miguel Mejía-Bautista²

¹Tecnológico Nacional de México (TecNM). Campus Conkal. km 16.3, Avenida Tecnológico s/n. Conkal, Yucatán. México. CP. 97345. ²TecNM. Campus Escárcega. Calle 85 s/n entre 10B, Colonia Unidad Esfuerzo y Trabajo I, Francisco Escárcega, Campeche. México CP. 24350. §Autor de correspondencia: (jairo.ca@conkal.tenm.mx).

Resumen

El chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) es un cultivo de importancia económica debido a su alta rentabilidad en la península de Yucatán. La enfermedad de la marchitez, provocada por *Fusarium* spp., representa pérdidas de producción que oscilan entre el 25 % y el 100%. Sin embargo, la producción de *C. chinense* en Yucatán también enfrenta el reto de disminuir el uso de agroquímicos en el control de fitopatógenos y en la nutrición. Las estrategias de biocontrol mediante consorcios microbianos como *Trichoderma* spp. y *Bacillus* spp., pueden generar mayor eficiencia, logrando reducciones significativas en la incidencia de enfermedades mientras que aumentan el rendimiento en comparación con cepas individuales. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de *Bacillus* spp. y *Trichoderma* como consorcios en el biocontrol de *Fusarium* spp. y como biofertilizante en *C. chinense*. El estudio comprendió la evaluación *in vitro* de la capacidad antagonista de *Bacillus* sp. MAN22, *B. subtilis* CBCK47 y *T. asperellum* TaI3-17 frente a *F. equiseti* FCHE y *F. oxysporum* FCHA y FCHJ. Posteriormente, se determinó *in vivo* el efecto de los consorcios microbianos en el biocontrol de la enfermedad de la marchitez; asimismo, se explorarán rutas

metabólicas relacionadas con la resistencia inducida durante la interacción *Bacillus* spp.-*Trichoderma*-*C. chinense*-*Fusarium* para identificar posibles mecanismos asociados a la defensa vegetal. Finalmente, se evaluará el efecto biofertilizante de los consorcios sobre variables de crecimiento y rendimiento del cultivo. Se espera que el uso de consorcios microbianos que emplean *Trichoderma* y *Bacillus* sea una estrategia sustentable con potencial biocontrolador en la marchitez y biofertilizante favoreciendo la producción de *C. chinense*.

Palabras clave: biocontrol, biofertilizante y resistencia inducida, consorcios microbianos.



Control de *Tetranychus urticae* con aceites botánicos: impacto sobre las comunidades de artrópodos

Control of *Tetranychus urticae* with botanical oils: impact against arthropod communities

Adrián Israel Fernández-Basto^{1§}, Jehú Noh-Kú¹, Alejandra González-Moreno¹, Marcos Cua-Basulto², Esaú Ruiz-Sánchez¹, René Garruña³

¹Tecnológico Nacional de México (TecNM). Instituto Tecnológico de Conkal. Av. Tecnológico s/n, Conkal 97345, Yucatán, México. ²CINVESTAV-IPN Unidad Mérida. Departamento de Recursos del Mar. Antigua carretera a Progreso s/n, Mérida 97310, Yucatán, México. ³SECIHTI/Instituto Tecnológico de Conkal. Av. Tecnológico s/n, Conkal 97345, Yucatán, México. [§]Autor de correspondencia: (israelagro28@gmail.com).

Resumen

La productividad en el cultivo de papaya es afectada por el ácaro de dos manchas (*Tetranychus urticae*), que provoca clorosis, necrosis y reducción fotosintética. El control tradicional ha sido mediante plaguicidas sintéticos, pero su uso intensivo ha generado resistencia y efectos negativos al ambiente. Como alternativa, los aceites botánicos destacan por su bajo impacto ecológico, biodegradabilidad y acción sobre múltiples mecanismos. Por lo tanto, el objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de aceites botánicos en el control de *Tetranychus urticae* en plantas de papaya y su impacto en la entomofauna asociada. Los tratamientos fueron aceite de maíz, soya, lavanda y orégano; además, un tratamiento con abamectina y un testigo (sin aplicación). Las aplicaciones se realizaron por aspersión, se evaluaron los estadios huevos, ninfas y adultos a los 1, 2, 3, 7, 14, 21, 29, 30, 31, 35, 42 y 49 días; el día 28 se realizó una segunda aplicación. Previo a los conteos, la densidad poblacional fue de 15 ácaros por cm². Para artrópodos asociados, se realizaron colectas semanales con aspiradoras entomológicas y posterior identificación taxonómica. Los aceites botánicos mostraron efecto inmediato en todos los estadios. En comparación al testigo, el aceite de orégano redujo

80.6 % de huevos, mientras que la lavanda alcanzó hasta 91.5 % de mortalidad en ninfas; en adultos, la abamectina fue más efectiva (96.7 %), pero la lavanda tuvo 80.4 %. Aunque los aceites presentaron menor persistencia, tras la segunda aplicación igualaron al control químico. En artrópodos, dominaron cinco familias, destacando Coccinellidae, su abundancia fue mayor en el testigo. Los aceites botánicos son una alternativa viable y sostenible para el control de *T. urticae* favoreciendo la estabilidad del agroecosistema al afectar menos la presencia de enemigos naturales.

Palabras clave: artrópodos, coccinellidae, entomofauna asociada.



Análisis de la funcionalidad simbiótica y sostenibilidad de sistemas agroforestales de *Carludovica palmata* Ruiz & Pavón en el norte de Campeche

Analysis of the symbiotic functionality and sustainability of agroforestry systems of *Carludovica palmata* Ruiz & Pavón in northern Campeche

José Manuel Alcocer-Espinosa[§], Gerardo Alfonso Avilés-Ramírez, Bernardino Candelaria-Martínez, Pedro Salvador-Morales, Norma Laura Rodríguez-Ávila

Instituto Tecnológico de Chiná. Calle 11 entre 22 y 28, Col. Centro, Chiná, CP 24050, Campeche, México.

§Autor de correspondencia: (alcocerjosemanuel7@gmail.com).

Resumen

El manejo de *Carludovica palmata* Ruiz & Pavón en el sureste mexicano enfrenta una división entre la intensificación agrícola y la preservación de sistemas tradicionales. El objetivo de este estudio fue evaluar la sostenibilidad y complejidad botánica de los sistemas de cultivo de “palma jipi” en las comunidades de Becal y Santa Cruz Ex-Hacienda, Campeche. Mediante una metodología mixta y un instrumento multidimensional de percepción agronómica (n = 20), se caracterizaron las unidades de producción bajo el principio de saturación teórica. Los resultados revelaron que el 55 % de los cultivos operan bajo sistemas agroforestales tradicionales, integran especies nativas como Jabín (*Piscidia piscipula*) y Cedro (*Cedrela odorata* L.) con frutales nativos e introducidos. Es fundamental considerar que el desarrollo natural de *C. palmata* ocurre bajo el dosel forestal, ya que es una especie esciófita que alcanza su óptimo fisiológico y mayor calidad de fibra en condiciones de sombra, evitando la fotoinhibición y la deshidratación del follaje. Estos sistemas agroforestales recrean dicho microclima, muestran una valoración ecológica de 4.4/5 en comunidades rurales estudiadas, superando significativamente la percepción de beneficio observada en los monocultivos de zonas urbanas. Se documentó que la asociación vegetal mitiga el

estrés hídrico en suelos someros “Tsek’el” (Litosoles y Leptosoles), favoreciendo la estabilidad del rizoma y la calidad de la fibra. Se identificó la presencia de plagas como *Heterogeomys hispidus* y *Brassolis sophorae*, las cuales condicionan el rendimiento en plantaciones maduras. Se concluye que los sistemas agroforestales de *C. palmata* funcionan como reservorios de agrobiodiversidad que garantizan la resiliencia del ecosistema frente a la expansión comercial. La integración de conocimientos etnoecológicos con herramientas biotecnológicas es imperativa para asegurar la sostenibilidad del recurso sin comprometer la integridad del suelo.

Palabras clave: agrobiodiversidad, agroforestería, jipijapa, manejo tradicional, sostenibilidad.



Participación de la mujer yucateca en la apicultura como agente del desarrollo comunitario

Participation of Yucatecan women in beekeeping as agents of community development

José Francisco Ek-Ek¹, Ingrid Abril Valdivieso-Pérez^{1§}, Celene Espadas-Manrique², Alma Liz Vargas-de la Mora³, Miguel Ángel Magaña-Magaña¹, Ángel Sierra-Vázquez¹

¹Tecnológico Nacional de México (TecNM). IT de Conkal. Avenida Tecnológico s/n. CP. 97345, Conkal, Yucatán, México. ²Centro de Investigación Científica de Yucatán. A.C., Calle 43 N°130 por 32 y 34, Chuburná de Hidalgo, CP. 97205, Mérida, Yucatán, México. ³Instituto Nacional de Investigación Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). CIR Pacífico Sur. Campo Experimental Centro de Chiapas. Km 3 carretera Internacional Ocozocoautla-Cintalapa, Ocozocoautla de Espinosa, Chiapas, CP. 29190. [§]Autor de correspondencia: (abril.vp@conkal.tecnm.mx).

Resumen

La apicultura es una actividad económicamente sostenible y de gran relevancia para la seguridad alimentaria y el mantenimiento del equilibrio ecológico. En Yucatán, se practica principalmente por familias campesinas que obtienen ingresos mediante la comercialización de miel y otros productos de la colmena, contribuyendo a la economía familiar. El objetivo de esta investigación fue analizar la participación de las mujeres en la apicultura y su contribución a la economía familiar en el estado de Yucatán. Se realizó un muestreo estratificado en las siete regiones socioeconómicas del estado, mediante la aplicación de cédulas de entrevista semiestructuradas. Se recabó información socioeconómica, prácticas de manejo, producción y comercialización. Los datos se analizaron mediante estadística descriptiva. Se entrevistaron 102 personas apicultoras, de las cuales únicamente el 9.8 % fueron mujeres, lo que evidencia una baja representación femenina en la actividad. La participación de las mujeres se registró en cuatro regiones (Centro, Litoral Centro, Noreste y Oriente), con valores entre 2.0 % y 3.9 %. Las apicultoras presentan una edad promedio de 44.7 ± 10.2 años, una experiencia de 15.9 ± 10.6 años y una escolaridad de 10.7 ± 4.2 años. En

promedio, cada apicultora posee 2.4 ± 0.7 apiarios con 39.1 ± 13.2 colmenas, con un rendimiento medio de 30.7 ± 2.2 kg de miel por colmena, lo que representa un ingreso económico relevante para sus hogares. Se concluye que, aunque la participación de las mujeres en la apicultura es limitada, su contribución económica es significativa. La inclusión de mujeres en esta actividad puede fortalecer el desarrollo socioeconómico y la resiliencia socioambiental de las comunidades rurales.

Palabras clave: abejas, género, ingresos, producción, sistema apícola,



Condiciones estructurales y desigualdades en el mercado de la producción artesanal de *Carludovica palmata* en Campeche, México

Structural conditions and market inequalities in *Carludovica palmata* handicraft production in Campeche, Mexico

Ricardo Aarón Escalante-Tec, Mónica Beatriz López-Hernández, Karina Verdel-Aranda, Gerardo Alfonso Avilés-Ramírez, Eloína Guadalupe González-Lara, Norma Laura Rodríguez-Ávila[§]

Tecnológico Nacional de México (TecNM). Instituto Tecnológico de Chiná. Calle 11 s/n entre 22 y 28, Colonia Centro, CP. 24520 Chiná, Campeche, México. §Autor de correspondencia: (norma.ra@china.tecnm.mx).

Resumen

La producción artesanal de *Carludovica palmata* o “jipi japa” en el norte de Campeche es un sistema tradicional que se desarrolla en condiciones de desigualdad en el mercado. El objetivo de este estudio fue analizar las limitaciones en la producción, comercialización y apoyo institucional que afectan la continuidad del trabajo artesanal, mediante un enfoque mixto basado en encuestas y entrevistas aplicadas a artesanos y productores del municipio de Calkiní, Campeche. Los resultados muestran una alta participación de mujeres y una transmisión del conocimiento entre generaciones, principalmente dentro del entorno familiar, lo que fortalece su valor cultural, pero también limita su desarrollo formal y crecimiento. En términos económicos, los ingresos obtenidos son bajos y no presentan una relación clara con la experiencia, lo que indica problemas en la forma en que se establecen los precios y en la capacidad de los productores para negociar. La venta se concentra principalmente en canales directos y depende del turismo local, lo que genera vulnerabilidad ante cambios en la demanda y favorece prácticas como el regateo, que disminuyen el valor del trabajo artesanal. Además, se identificó una falta de apoyo institucional y dificultades para acceder a mercados más formales. En el ámbito

productivo, el manejo tradicional de jipi japa continúa siendo fundamental, aunque enfrenta problemas relacionados con factores ambientales y la disponibilidad de materia prima. Se concluye que la permanencia de esta actividad depende de reducir estas desigualdades mediante estrategias que mejoren la comercialización, fortalezcan la organización de los productores y reconozcan el valor económico del trabajo artesanal.

Palabras clave: artesanía, comercialización, conocimiento tradicional, desigualdad de mercado, economía rural.



Principales grupos de insecticidas y herbicidas empleados por agricultores de la Península de Yucatán

Main insecticide and herbicide groups used by farmers in the Yucatan Peninsula

Ana L. Ruiz-Jiménez^{1§}, Sergio Emmanuel Kantun-Tun², Walther Torres-Cab², Francisco Gabriel Echeverría-Ramos², Esaú Ruiz-Sánchez¹, Horacio S. Ballina-Gómez¹

¹Tecnológico Nacional de México (TecNM). Campus Conkal. Av. Tecnológico s/n. Conkal, Yucatán, México. ²Instituto Tecnológico Superior de Hopelchén. Carretera Federal Campeche-Hopelchén, Km. 83, Hopelchén CP. 24600, Campeche, México. §Autor de correspondencia: (aruiz_ji@hotmail.com).

Resumen

La aplicación de plaguicidas ha favorecido el aumento de la producción agrícola global, aunque también representa riesgos potenciales para la salud, los ecosistemas y los organismos no objetivo. Con el fin de conocer las tendencias de uso en los sistemas de producción agrícola, el objetivo fue determinar los principales grupos de insecticidas y herbicidas utilizados por agricultores de la Península de Yucatán. Para ello, se utilizó una metodología basada en encuestas descriptivas para recopilar información sobre el uso de plaguicidas en la Península de Yucatán. El estudio se desarrolló en zonas de producción agrícola e incluyó la participación de 50 agricultores encuestados. Entre los agricultores participantes en la encuesta, el 90 % fueron hombres y el 10 % mujeres. El 100 % de los agricultores indicaron que tienen problemas por plagas y malezas. Dentro del grupo de insecticidas, spinetoram y clorantropiliprol, correspondientes a las familias químicas de las espinosinas y diamidas antranílicas, respectivamente, fueron los ingredientes activos más utilizados por los agricultores. Por su parte, en el grupo de herbicidas, glifosato y atrazina destacaron como los compuestos de mayor uso, pertenecientes a las familias químicas de glicinas sustituidas y triazinas, respectivamente. La aplicación y uso es recomendado por el proveedor y técnicos. El 80 % de productores reporta un incremento en el uso de plaguicidas. En cuanto a

la pérdida de efectividad o resistencia un 54 % ha tenido problemas. Se concluye, que el daño por plagas y malezas es el principal problema en sus unidades de producción. La identificación de los grupos químicos, indican una alta dependencia de estos compuestos en el manejo agrícola en la región.

Palabras clave: agroinsumos, malezas, plagas, productores.



Caracterización morfológica de la variedad de maíz nativo “Mejen” en Tabasco, México

Morphological characterization of the native maize variety “Mejen” in Tabasco, Mexico

Melissa Davis Cruz Vetzky¹, Daniela Correa Castillo¹, Luis Latournerie Moreno², Vinicio Calderón

Bolaina^{§1}, Lorena Vázquez Hernández¹ Jose Notario Torres¹, Oswaldo Tique de los Santos¹

¹Tecnológico Nacional de México (TecNM). Instituto Tecnológico de Huimanguillo (ITHUI). Carretera del Golfo Malpaso-El Bellote Km. 98.5, Col. Ranchería Libertad 86400 Huimanguillo, Tabasco, Mexico.

²Tecnológico Nacional de México (TecNM). IT de Conkal (IT Conkal). Avenida Tecnológico s/n Conkal, Yucatán. Conkal Yucatán, CP. 97345. [§]Autor de correspondencia: (vinicio.cb@huimanguillo.tecnm.mx).

Resumen

La variedad “Mejen” es ampliamente sembrada en la región de Huimanguillo, Tabasco, los productores la prefieren por su buena adaptación y rendimiento de grano. El objetivo del presente trabajo fue caracterizar fenotípicamente la variedad nativa “Mejen”. El estudio se realizó en Huimanguillo, Tabasco. Se sembró de forma con espeque a distancia entre surcos de 0.80 m y 0.50 m entre matas (dos plantas por mata o cepa). La caracterización se realizó con base en la guía del Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS), para ello se midieron 40 plantas. Se evaluó la morfología de la planta, panícula, hojas y mazorca para establecer la descripción fenotípica que apoye la conservación de los recursos fitogenéticos regionales. Los resultados morfológicos indican que la variedad “Mejen” presenta en estructura: ausencia de hijuelos y un porte muy alto (>300 cm). Follaje:

hojas escasas en floración (>16 a ≤18) con ángulo estrecho (<5°) respecto al tallo. Panícula: ramas ligeramente recurvadas y pigmentación antocianínica débil en la base de la gluma. Mazorca: longitud clasificada como media (>15 a ≤20 cm). La investigación se desarrolló en colaboración entre el Instituto Tecnológico de Huimanguillo y las Escuelas de Campo locales. Esta alianza vinculó el conocimiento técnico institucional con la práctica agrícola comunitaria, optimizando el registro de los caracteres distintivos del grano. El proyecto demuestra cómo la cooperación interinstitucional fortalece la conservación del agroecosistema, asegurando la preservación de la identidad genética de los maíces nativos en el trópico.

Palabras clave: diversidad fenotípica, escuelas de campo, interinstitucional.



Producción de gas y degradabilidad *in vitro* de la materia seca de seis especies forrajeras no-convencionales para rumiantes

In vitro gas production and dry matter degradability of six non-conventional forage species for ruminants

Luis A. Canul-Ku^{1,2}, Fernando Casanova-Lugo², Luis A. Lara-Pérez², Laura A. Macario-González², Elda C. Yam-Chalé², Yujaina J. Perera-Hernández²

¹Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI). Av. Insurgentes Sur 1582, Alcaldía Benito Juárez, Ciudad de México. ²Tecnológico Nacional de México (TecNM). Campus IT de la Zona Maya. Ejido Juan Sarabia, Othón P. Blanco, Quintana Roo, México. ³Autor de correspondencia: (luisalberto.itc2004@gmail.com).

Resumen

El rendimiento productivo de los rumiantes en las regiones tropicales se ve afectado por la mala calidad de los pastos durante la estación seca. Para reducir este impacto negativo, es necesario evaluar otras alternativas nutricionales; por esta razón, el objetivo de este estudio fue evaluar los parámetros de fermentación *in vitro* de seis especies forrajeras no-convencionales para comprobar su calidad nutricional. El líquido ruminal fue obtenido de cinco ovinos de pelo adultos con un peso corporal de 40 ± 3 kg. Las muestras de las especies fueron secadas y molidas a un tamaño de partícula de 1 mm, las cuales fueron incubadas durante 48 h a 39 °C. Se determinaron: la producción total de gas (PTG) y la degradabilidad de la MS (DMS) a las 12, 24 y 48 h. Se utilizó un diseño completamente al azar (DCA) con seis tratamientos: *Brosimum alicastrum* (BA), *Gliricidia maculata* (GM), *Gliricidia sepium* (GS), *Piscidia piscipula* (PP), *Bursera simaruba* (BS) y *Moringa oleífera* (MO), y seis repeticiones por tratamiento en cada tiempo de evaluación. La PTG y DMS fueron mayores ($p \leq 0.05$) en BA (284.71 mL g⁻¹ MS y 606.70 g kg⁻¹ MS) y MO (275.65 mL g⁻¹ MS y 751.79 g kg⁻¹

MS), comparados con los otros tratamientos con rangos de PTG (201.58 a 247.38 mL g⁻¹ MS) y DMS (433.35 a 498.47 g kg⁻¹ MS) después de 48 h. Se encontró una correlación positiva en la PTG y la DMS. Se concluye que el follaje de *Brosimum alicastrum* y *Moringa oleífera* tiene un alto valor nutricional para ser incluidos como mejoradores de dietas para rumiantes.

Palabras clave: calidad nutritiva, fermentación *in vitro*, rumiantes.



RESÚMENES EXTENSOS

AGROECOSISTEMAS Y RECURSOS NATURALES



Análisis proximal y tamizaje fitoquímico en tortilla y tlayuda del mercado Benito Juárez del estado de Oaxaca

Proximate analysis and phytochemical screening of tortillas and tlayudas from the Benito Juárez Market in Oaxaca State

Josué Iván Cruz-García, Flor de Belem Pérez-Chávez, Fernando Pérez-Mendoza, Marco Antonio Sánchez-Medina, Carlos Francisco Varapizuela-Sánchez[§]

Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico de Oaxaca. Autor de correspondencia: (carlos.varapizuela@itoaxaca.edu.mx).

Resumen

Los productos elaborados a partir de maíces pigmentados desempeñan un papel fundamental en la alimentación y cultura del estado de Oaxaca, destacando la tortilla y la tlayuda como principales formas de consumo. Se realizó un análisis proximal para determinar el contenido de humedad, cenizas, proteína, grasas, fibra y carbohidratos siguiendo metodologías de la AOAC (Official Methods of Analysis). Asimismo, se realizó un tamizaje fitoquímico mediante pruebas colorimétricas para identificar la presencia de compuestos bioactivos. Los resultados del análisis proximal mostraron que la tortilla presentó un contenido de humedad de 16.13 % y carbohidratos de 69.11 % mientras que la tlayuda registró un contenido de carbohidratos de 60.99 % observándose variaciones atribuibles a condiciones de almacenamiento y los procesos tradicionales de elaboración, particularmente la nixtamalización y el tratamiento térmico. En el perfil fitoquímico, en ambas muestras se identificó la presencia de flavonoides, taninos y cumarinas, así como la ausencia de saponinas y alcaloides, posicionando a la tortilla y tlayuda como alimentos funcionales para los consumidores.

Palabras clave: análisis proximal, maíz pigmentado, tamizaje fitoquímico, tlayuda, tortilla.

Abstract

Products made from pigmented corn play a fundamental role in the diet and culture of the state of Oaxaca, with tortillas and tlayudas being the primary forms of consumption. A proximate analysis was conducted to determine the moisture, ash, protein, fat, fiber, and carbohydrate content following AOAC (Official Methods of Analysis) methodologies. Additionally, a phytochemical screening was performed using colorimetric tests to identify the presence of bioactive compounds. The results of the proximate analysis showed that the tortilla had a moisture content of 16.13 % and a carbohydrate content of 69.11 %, while the tlayuda had a carbohydrate content of 60.99 %, with variations attributable to storage conditions and traditional production processes, particularly nixtamalization and heat treatment. In the phytochemical profile, the presence of flavonoids, tannins, and coumarins was identified in both samples, as well as the absence of saponins and alkaloids, positioning the tortilla and tlayuda as functional foods for consumers.

Index words: proximate analysis, pigmented corn, phytochemical screening, tlayuda, tortilla.



Introducción

Los productos elaborados a base de maíces pigmentados representan un elemento importante en la cultura y gastronomía de las comunidades del estado de Oaxaca, estos forman parte de la triada alimentaria tradicional, integrada por el maíz, frijol y la calabaza, base de la dieta desde épocas antiguas (Espinoza-Sosa et al., 2025). El maíz es el cereal de mayor consumo y constituye una de las principales fuentes de alimentación, ya que de él derivan una amplia variedad de bebidas, dulces y productos alimentarios. Aunque en la actualidad existe una creciente industrialización de sus derivados (Tapia, 2023), productos como la tortilla y la tlayuda (Serna-Saldivar, 2021) continúan elaborándose de manera artesanal, este proceso incluye prácticas tradicionales como la nixtamalización (Garnica-Romo et al., 2024), las cuales no solo forman parte de la identidad cultural, sino que también se mantienen vigentes en la vida cotidiana de las comunidades.

Además de su relevancia cultural, estos productos poseen un importante valor nutricional, al aportar macronutrientes como carbohidratos, proteínas y lípidos. Asimismo, contienen compuestos bioactivos, entre los que destacan flavonoides, ácidos fenólicos y antocianinas (Paulsmeyer et al., 2022). Estos compuestos han sido asociados con efectos benéficos para la salud, incluyendo la reducción del riesgo de enfermedades como diabetes, obesidad e hipertensión Zhang et al. (2019). Por lo anterior, el estudio de estos compuestos resulta de gran interés, no solo desde el punto de vista tradicional, sino también como fuente potencial de aprovechamiento para la industria alimentaria.

Materiales y métodos

Obtención y preparación de muestras

Las muestras de tortilla y tlayuda elaboradas a partir de maíces pigmentados fueron adquiridas en el mercado Benito Juárez de Oaxaca. La selección se realizó mediante un muestreo simple aleatorio seleccionando productos de distintos puntos de venta dentro del mercado con el fin de reducir sesgos asociados a un solo proveedor. Para la obtención de la harina las muestras se deshidrataron en una estufa a 55 °C durante 12 h con el objetivo de reducir la humedad sin degradar compuestos termosensibles (León et al., 2026), posteriormente se molieron y tamizaron empleando una malla de 180 µm para tener mejor uniformidad. Las harinas fueron almacenadas en frascos de vidrio ámbar y conservadas en desecador hasta su análisis.

Análisis proximal y obtención del extracto

El análisis proximal se realizó de acuerdo a la AOAC (Official Methods of Analysis) analizando las muestras por triplicado, determinando humedad (925.10), cenizas (923.03), grasas (920.39), fibra dietética total (962.09), proteínas (979.09) y, por diferencia, carbohidratos (Mex-Álvarez, 2016).

Los extractos se obtuvieron a partir de 3 g de muestra con 60 mL de solvente acetona-agua (70-30 v/v) mediante sonicación por 30 minutos, seguido de 1 hora de agitación a 600 rpm, pasando por una filtración en papel Whatman número 4 y llevada a centrifugación por 10 minutos a 2500 rpm. El extracto se almacenó en frascos color ámbar a una temperatura de -20°C hasta el momento de su análisis (Rfan et al., 2022).



respectivamente. La formación de un precipitado café-naranja se consideró positiva.

Tamizaje fitoquímico

El tamizaje fitoquímico, se realizó mediante pruebas colorimétricas de acuerdo a lo reportado por Montejano-Rodríguez (2019). La identificación de flavonoides se realizó con 0.5 mL de extracto, 1.5 de etanol al 80 % y tres gotas de NaOH al 10 %, La prueba se consideró positiva si la reacción mostraba coloración amarilla. Las saponinas se identificaron mediante la prueba de espuma utilizando 1 mL del extracto y 1 mL de agua destilada, agitando vigorosamente por 30 segundos. Los taninos se identificaron utilizando 1 mL del extracto, 2 mL de agua destilada y 3 gotas de NaCl al 2 %, hirviendo la mezcla durante 7 minutos; tras enfriar se añadieron tres gotas de FeCl₃ al 1 % y tres gotas de ferrocianuro de potasio al 1 %, una coloración oscura se consideró como resultado positivo.

Las cumarinas se identificaron mediante la reacción de 400 mL de extracto con 400 mL de NaOH al 10 %, la prueba se consideró positiva si la reacción mostraba coloración amarilla. Para la identificación de alcaloides se mezclaron 2 mL del extracto con 4 mL de HCl al 10 %, se hirvió durante 2 minutos y se dejó enfriar. La solución se dividió en dos tubos, en los cuales se añadieron los reactivos de Dragendorff y Wagner

Resultados y discusión

El análisis proximal de la tortilla y tlayuda evidenció variaciones importantes en la composición nutrimental entre ambos productos (**Tabla I**). El contenido de humedad en la tortilla fue de 16.3 % valor que puede considerarse bajo en comparación con lo reportado para productos recién elaborados lo cual sugiere influencia del almacenamiento previo al análisis. Este factor es relevante, ya que la humedad impacta directamente en la estabilidad del producto y en la estimación de otros componentes, especialmente los carbohidratos (Gaxiola et al., 2025).

El contenido de carbohidratos fue mayor en la tortilla (69.11 %) en comparación con la tlayuda (60.99 %), lo cual puede estar relacionado con diferencias en el proceso de elaboración, principalmente el tiempo de cocción y la pérdida de agua durante el tostado característico de la tlayuda. Procesos como la nixtamalización, la molienda y la cocción han sido ampliamente reportados como factores que modifican la disponibilidad y proporción de nutrientes en productos derivados del maíz (Gaxiola et al., 2025).

Tabla I. Análisis proximal de muestras (base seca) y tamizaje fitoquímico (análisis) de tortilla y tlayuda del mercado Benito Juárez del estado de Oaxaca.

Análisis	Tortilla	Tlayuda	Análisis	Tortilla	Tlayuda
Humedad	16.13±0.0002	19.87±0.0007	Flavonoides	+	+
Ceniza	1.20±0.0013	1.36±0.0001	Cumarinas	+	++
Proteína	6.68±0.0024	8.83±0.0012	Saponinas	-	-
Grasa	1.32±0.0002	1.45±0.0002	Taninos	+++	+++
Fibra	5.55±0.0047	7.50±0.0066	Alcaloides	-	-
Carbohidratos	69.11±0.0021	60.99±0.0071			

(+) representa presencia, (++) presencia moderada, (+++) presencia abundante del compuesto, (-) ausencia del compuesto.



Referencias

Por otra parte, en el tamizaje fitoquímico (Tabla I), se detectó la presencia de flavonoides, taninos y cumarinas en ambas muestras, lo que confirma la presencia de compuestos fenólicos asociados a maíces pigmentados. Los taninos presentaron una alta abundancia (+++), lo que sugiere un potencial relevante (Astorga-Gaxiola et al., 2026).

Por otro lado, la presencia de saponinas y alcaloides es carente, esto coincide con estudios previos en productos derivados de maíz, donde estos compuestos suelen estar ausentes o en concentraciones no detectables (Soto-Barajas et al., 2025). En conjunto, los resultados evidencian que tanto la tortilla como la tlayuda no solo aportan nutrientes esenciales, sino que también contienen compuestos bioactivos con potencial funcional, lo cual refuerza su importancia en la dieta tradicional y su posible contribución a la salud del consumidor.

Conclusiones

Los resultados obtenidos en el presente estudio permiten concluir que las tortillas y tlayudas comercializadas en el mercado Benito Juárez de Oaxaca son una fuente de nutrientes, con contenidos de proteína, fibra, cenizas y grasa acordes con lo reportado. Las variaciones observadas en el contenido de humedad y carbohidratos pueden estar influenciadas por diversos factores, entre ellos las condiciones de almacenamiento, los métodos de conservación y los procesos tradicionales de elaboración, particularmente la nixtamalización. Por otra parte, el perfil fitoquímico evidenció la presencia de taninos, flavonoides y cumarinas, confirmando que estos productos no solo poseen valor nutricional, sino también compuestos bioactivos con potencial de actividad antioxidante, característicos de productos elaborados a partir de maíces nativos pigmentados.

- Astorga-Gaxiola, A.H., Picos-Salas, M.A., Cabanillas-Bojórquez, L.A., Leyva-López, N., Gutiérrez-Grijalva, E.P., García-Carrasco, M., Heredia, J.B. and Estrada-Manjarrez, J. (2026). Nutritional composition, phenolic compounds, and antioxidant capacity of blue corn tortillas fortified with quelites. *Processes*, 14(5), 874. doi:<https://doi.org/10.3390/pr14050874>
- Espinoza-Sosa, R. E., Contreras, L. A. M., Alcázar-Valle, M., Enríquez-Vara, J. N., Contreras, J., Sánchez, D. S. & García-Morales, S. (2025). La milpa, análisis y revalorización de un sistema ancestral para la producción agrícola de alimentos. *Enfoques Transdisciplinarios: Ciencia y Sociedad*. <https://revistaenfoques.ciatej.mx/index.php/revistaenfoques/article/view/72>
- Gaxiola, A. H. A., Moreno, C. R., Edeza, M. J., Rodríguez, E. O. C., & Rochín, S. M. (2025). Efecto del Proceso de Nixtamalización Tradicional y Extrusión sobre la Bioaccesibilidad y Actividad Antioxidante de Compuestos Fenólicos de Tortillas de Maíz Azul Durante la Fermentación In Vitro por la Microbiota Colónica Humana. *Biotecnia*, 27, 1-II. Obtenido de <https://doi.org/10.18633/biotecnia.v27.2520>
- Garnica-Romo, G., Martínez Flores, H.E. (2024). El maíz y la tortilla: labase de la alimentación del mexicano. 22 *Milenaria, Ciencia y Arte*. Obtenido de <https://www.milenaria.umich.mx/ojs/index.php/milenaria/article/view/536/305>
- León López, L. ., Martínez Valenzuela, B. R., Sánchez Magaña, L. M., Mora-Rochin, S., Aguayo Rojas, J., Reyes Moreno, C. & León Sicaños, C. del R. (2026). Tortillas de maíz azul fortificadas con soya texturizada: impacto en el contenido proteico y capacidad antioxidante. *Enfoques Transdisciplinarios: Ciencia y Sociedad*, 4(1), 145-162. doi:<https://doi.org/10.5281/zenodo.18746626>



- Mex-Álvarez, R. (2016). Análisis proximal y fitoquímico de cinco variedades de maíz del estado de Campeche, México. *Revista Latinoamericana de Recursos Naturales*, 12(2), 74-80.
<https://revista.itson.edu.mx/index.php/rlrn/article/view/254>
- Montejano-Rodríguez, J. R., Almaguer-Vargas, G., Pacheco-Miramontes, D.F., Rivera-Cabrera, P., Becerril-Flores, M.A., Imbert-Palafox, J.L., Molina-Trinidad, E.M., Balderas-Delgadillo, C. y Ruiz-Anaya, M.E. (2019). Tamizaje fitoquímico preliminar y actividad Antimicrobiana *in vitro* del extracto etanólico de la corteza de *Hippocratea excelsa* Kunth (cancerina) . *Educación y Salud Boletín Científico Instituto de Ciencias de la Salud Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo*, 8(15)
[doi:https://doi.org/10.29057/icsa.v8i15.4838](https://doi.org/10.29057/icsa.v8i15.4838)
- Paulsmeyer, M. N., Vermillion, K. E. & Juvik, J. A. (2022). Assessing the diversity of anthocyanin composition in various tissues of purple corn (*Zea mays* L.). *Phytochemistry*, 201, 113263.
[doi:https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2022.113263](https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2022.113263)
- Rfan, S., Ranjha, MMAN, Nadeem, M., Safdar, MN, Jabbar, S., Mahmood, S., Murtaza, MA, Ameer, K., & Ibrahim, SA. (2022). Actividad antioxidante y contenido fenólico de extractos de etanol y acetona de hojas de *Cymbopogon citratus* obtenidos mediante sonicación y maceración . *Separations*.
<https://doi.org/10.3390/separations9090244>
- Serna-Saldivar, S. O. (2021). Understanding the functionality and manufacturing of nixtamalized maize products. *Journal of Cereal Science*.
[doi:https://doi.org/10.1016/j.jcs.2021.103205](https://doi.org/10.1016/j.jcs.2021.103205)
- Soto-Barajas, M.C., Prado, B., López-Vadillo, AE. & Rodríguez-Ávila, N.L. (2025). Extractos botánicos como herbicidas potenciales en un cultivo de maíz. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 41, 55191.
[doi:https://doi.org/10.20937/rica.55191](https://doi.org/10.20937/rica.55191)
- Tapia, R. A. (2023). Tortillas en México: Sensibilizar sobre su calidad, hacer frente a los impactos de la alimentación industrializada y proteger el patrimonio cultural. *Revista Latinoamericana de Food Design*.
<http://www.publicacionescientificas.fadu.uba.ar/index.php/RLFD/article/view/2711/3048>
- Zhang, Q., De Mejia, E. G., Luna-Vital, D., Tao, T., Chandrasekaran, S., Chatham, L., Juvik, J., Singh, V., & Kumar, D. (2019). Relationship of phenolic composition of selected purple maize (*Zea mays* L.) genotypes with their anti-inflammatory, anti-adipogenic and anti-diabetic potential. *Food Chemistry*, 289, 739-750.
[doi:https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.03.116](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.03.116)



Perfil fitoquímico y análisis químico proximal en extractos de maíz raza bolita de Santa Ana Zegache, Oaxaca, México

Ximena Donají Caballero-Julián, Angeles Regina García-Gutiérrez, Iván Antonio García-Montalvo, Marco Antonio Sánchez-Medina, Carlos Francisco Varapizuela-Sánchez[§]

Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico de Oaxaca. [§]Autor de correspondencia: (carlos.varapizuela@itoaxaca.edu.mx).

Resumen

En Oaxaca, la conservación tradicional de semillas ha permitido mantener la diversidad de razas nativas de maíz, destacando la raza Bolita por su variabilidad en la pigmentación del grano. Sus propiedades dependen de factores genéticos y ambientales que influyen en la síntesis de metabolitos secundarios. El objetivo del estudio fue determinar la composición química proximal y realizar un tamizaje fitoquímico en maíces Bolita rojo y amarillo de Santa Ana Zegache. Los resultados mostraron alto contenido de carbohidratos y proteínas, confirmando su valor energético. Además, se identificaron flavonoides, taninos y cumarinas, asociados con propiedades antioxidantes y funciones de defensa vegetal.

Palabras clave: bolita, extracto, maíz nativo.

Abstract

In Oaxaca, traditional seed conservation has allowed for the preservation of the diversity of native maize varieties, with the Bolita variety standing out for its variability in grain pigmentation. Its properties depend on genetic and environmental factors that influence the synthesis of secondary metabolites. The objective of this study was to determine the proximate chemical composition and perform a phytochemical screening of red and yellow Bolita maize from

Santa Ana Zegache. The results showed high carbohydrate and protein content, confirming its energy value. Furthermore, flavonoids, tannins, and coumarins were identified, which are associated with antioxidant properties and plant defense functions.

Index words: native corn, bolita, extract.

Introducción

El maíz (*Zea mays* L.) constituye uno de los cultivos de mayor relevancia a nivel mundial, al cultivarse en aproximadamente el 85 % de los países. En México, además de su importancia como alimento básico, representa un patrimonio biocultural, dado que millones de familias campesinas lo han cultivado durante más de 350 generaciones, consolidándose como un componente central en la alimentación y un elemento clave en la economía nacional (Secretaría de Agricultura y Desarrollo, 2021). En el estado de Oaxaca, la conservación y selección tradicional de semillas ha permitido mantener una amplia diversidad de razas nativas distribuidas en sus ocho regiones. Entre ellas destaca la raza Bolita, predominante de los Valles Centrales, la cual presenta una amplia diversidad de pigmentaciones del grano (blanco, azul, rojo, amarillo, etc.).

Las propiedades físicas y químicas del grano de maíz están determinadas por factores genéticos y ambientales, influyendo en la síntesis y



acumulación de metabolitos secundarios (Michel et al., 2020). Entre estos, los compuestos fenólicos, taninos y flavonoides contribuyen a la calidad del grano por su actividad antioxidante y antimicrobiana, favoreciendo la defensa frente a plagas, patógenos y prolongando la vida útil durante el almacenamiento (Isman, 2006).

Por lo tanto, el objetivo del presente estudio fue determinar la composición química proximal y realizar el tamizaje fitoquímico para la identificación de metabolitos secundarios en dos muestras de maíz de la raza Bolita (rojo y amarillo) del estado de Oaxaca, con el fin de caracterizar sus propiedades nutricionales y funcionales.

Materiales y métodos

Recolección e identificación de la muestra

Se recolectaron dos muestras de maíz de la raza Bolita de color amarillo (MBA) y rojo (MBR) en el municipio de Santa Ana Zegache, Oaxaca, México (49.5 N, 23.7 W), localidad que se caracteriza por la calidad de su maíz y por ser un punto de conservación *in situ*, además en ambas muestras se puede apreciar en promedio 11 hileras por mazorca y una longitud de 14 cm, de acuerdo con lo reportado por Aragón (2006).

Composición química proximal y obtención del extracto

Para el análisis, se molieron 60 g de ambas muestras en un homogeneizador para la obtención de la harina. Se utilizaron los métodos descritos por AOAC (2005). El contenido de humedad, cenizas, extracto etéreo y fibra cruda se realizaron mediante los métodos 930.15, 942.05, 920.039 y 962.09 respectivamente. Finalmente, el contenido de carbohidratos se estimó por diferencia porcentual, restando al 100 % la suma de los porcentajes promedio obtenidos por triplicado de los análisis previamente determinados.

La harina obtenida y tamizada a través de una malla de 180 μm . La extracción se realizó de acuerdo con la metodología descrita por Hernández-Martínez et al. (2016). Para ello, se pesaron 2 g de cada muestra y se añadieron 40 mL de una mezcla de acetona: agua (70:30 v/v). El extracto se sometió a sonicación durante 30 min y, posteriormente, se mantuvo en agitación a 600 rpm durante 1 hora. Seguidamente, se centrifugó a 2500 rpm durante 10 min y se recuperó el sobrenadante. Finalmente, los extractos se almacenaron en frascos ámbar a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ hasta su análisis.

Tamizaje fitoquímico cualitativo

La identificación de familias de metabolitos secundarios se realizó mediante pruebas que evalúan la presencia de compuestos mediante reacciones colorimétricas y/o de precipitación, de acuerdo con la metodología descrita por (Espinosa-Leal et al., 2022).

Para flavonoides, se tomaron 0.5 mL de extracto, se mezclaron con 1.5 mL de etanol y se añadieron tres gotas de NaOH al 10 %, se consideró positiva por una coloración amarilla. Las saponinas se evaluaron con 2 mL de extracto y 1 mL de agua, mediante agitación durante 30 s y reposo por 10 min, registrándose como positiva la formación de espuma persistente por al menos 2 min. Para taninos, se utilizaron 1 mL de extracto y 2 mL de agua, adicionando tres gotas de NaCl al 2 %; la mezcla se llevó a ebullición durante 7 min, se dejó enfriar y posteriormente se añadieron tres gotas de FeCl_3 al 1 % y tres gotas de ferrocianuro al 1%, considerándose positiva por la presencia de coloraciones azul-negro (ácido gálico), verde (derivados Catech) o azul (compuestos fenólicos). Las cumarinas se determinaron con 400 μL de extracto y 400 μL de NaOH al 10 %, observándose como positiva la coloración amarilla. Finalmente, para alcaloides se emplearon 2 mL de extracto y 4 mL de HCl al 10 %, la mezcla se llevó



a ebullición durante 2 min y se dejó enfriar; posteriormente se dividió en dos alícuotas, añadiendo 1 gota de reactivo Dragendorff y de Wagner, considerándose positivas con un precipitado naranja y café-naranja, respectivamente.

Los resultados del análisis químico proximal se evaluaron con Minitab Statistical Software, con una prueba de confianza de ($p \leq 0.05$)

Resultados y discusión

El análisis de los maíces nativos en la actualidad, es de suma importancia para la preservación de sus distintas razas. En este sentido, preservar sus características resulta fundamental, ya que cada raza posee usos específicos dentro de las comunidades que las cultivan. Esta diversidad no solo tiene un valor cultural, sino que también constituye un pilar esencial para garantizar la seguridad alimentaria de la población (Reza-Solis et al., 2024).

La humedad resultó elevada (Tabla I); Chan-Chan et al. (2021) reportan que este comportamiento se atribuye a que se trata de especies nativas, a diferencia de los maíces híbridos. Sin embargo, de acuerdo con la NMX-

FF-034-I, se encuentra dentro del rango permitido (14 %), lo cual hace adecuado su manejo y almacenamiento. El contenido de proteínas fue elevado, registrándose 9.01 % en MBR y 10.39 % en MBA, en comparación con lo reportado por Mex-Álvarez & Garma-Quen (2016) en muestras de los mismos colores (7.45 % y 4.27 %, respectivamente). En cuanto al análisis de fibra, MBR presenta una mayor cantidad de fibra (5 %) en comparación con los resultados reportados por Juárez et al. (2025).

En el análisis (Tabla I) se identificó la presencia de metabolitos secundarios como lo son flavonoides, cumarinas y taninos en ambas muestras y ausencia de saponinas y alcaloides. En el caso de los taninos, en MBR se observó una coloración azul, indicativa de la presencia de compuestos fenólicos, mientras que en MBA se presentó una coloración azul-negra, asociada a la presencia de ácido gálico. Estos fitoquímicos actúan como potentes antioxidantes y agentes antifúngicos, que desempeñan un papel crucial en la defensa de la planta, como mecanismo de respuesta. Los resultados obtenidos coinciden con los reportados por Feregrino-Pérez et al. (2024), donde se observan datos similares en maíces de la sierra gorda de Querétaro.

Tabla I. Químico proximal de dos muestras de maíz raza Bolita y metabolitos secundarios en extractos de maíz raza Bolita.

Parámetro	MBR	MBA	Metabolito	MBR	MBA
Humedad	9.64±0.001 ^a	9.56±0.001 ^a	Flavonoides	+	++
Cenizas	1.29±0.002 ^a	1.36±0.002 ^a	Saponinas	-	-
Proteínas	9.01±0.006 ^a	10.39±0.015 ^a	Cumarinas	+	+
Extracto etéreo	2.69±0.002 ^a	3.25±0.006 ^a	Taninos	Coloración azul	Coloración azul-negra
Fibra cruda	5.00±0.014 ^a	3.45±0.009 ^a	Alcaloides	-D, -W	-D, -W
Carbohidratos	72.38±0.017 ^a	72.00±0.007 ^a			

Resultados expresados en porcentaje como media $\pm$ desviación estándar. Letras diferentes en la misma línea indican diferencias significativas. MBR = maíz Bolita rojo; MBA = maíz Bolita amarillo. Metabolitos secundarios en extractos de maíz raza bolita de Valles Centrales de Oaxaca, + indica prueba positiva, - prueba negativa, D (Dragendorff), W (Wagner).



Conclusiones

Los resultados del análisis químico proximal y del tamizaje fitoquímico evidencian que las muestras de maíz nativo de la raza Bolita presentan composiciones similares, sin diferencias significativas entre ellas, esta similitud podría estar relacionada con la uniformidad de las condiciones de cultivo, incluyendo características del suelo y disponibilidad de nutrientes minerales, aunque se requieren estudios adicionales para confirmarlo. Ambas muestras se caracterizaron por un alto contenido de carbohidratos, seguido de proteínas y otros componentes en menor proporción, confirmando su relevancia como fuente energética en la dieta. Por otra parte, la identificación cualitativa de metabolitos secundarios reveló la presencia de compuestos como flavonoides, taninos y cumarinas, asociados a propiedades antioxidantes y de defensa, con variaciones en su intensidad según la pigmentación del grano. En este contexto, la raza Bolita de los Valles Centrales de Oaxaca destaca no solo por su valor nutricional, sino también por su potencial funcional, estos hallazgos contribuyen a la revalorización de los maíces nativos y respaldan su conservación y aprovechamiento en los sistemas agrícolas tradicionales.

Referencias

- AOAC, Association of Official Analytical. (2005). *Official Methods of Analysis of AOAC International*. 18th Ed. Gaithersburg MD, Estados Unidos.
- Aragón, F., Taba, S., Hernández, J.M., Figueroa, J. de D. y Serrano, V. (2006). *Actualización de la información sobre los maíces criollos de Oaxaca*. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. CS002. <http://www.conabio.gob.mx/institucion/proyectos/resultados/InfCS002.pdf> (noviembre 2023)
- Chan-Chan, M., Moguel-Ordóñez, Y., Gallegos-Tintoré, S., Chel-Guerrero, L., & Betancur, D. (2021). *Caracterización química y nutrimental de variedades de maíz (Zea mays L.) de alta calidad de proteína (QPM) desarrolladas en Yucatán, México*.
- Espinosa-Leal, C., Treviño-Neávez, J. F., Garza-Padrón, R. A., Julia, M., Rivas-Morales, C., & Morales-Rubio, M. E. (2022). *Contenido de fenoles totales y actividad anti-radical de extractos metanólicos de la planta silvestre y cultivada in vitro de Leucophyllum frutescens*.
- Feregrino-Pérez, A. A., Mercado-Luna, A., Murillo-Cárdenas, C. A., González-Santos, R., Chávez-Servín, J. L., Vargas-Madriz, A. F. & Luna-Sánchez, E. (2024). Polyphenolic Compounds and Antioxidant Capacity in Native Maize of the Sierra Gorda of Querétaro. *Agronomy*, 14(1), 142. <https://doi.org/10.3390/agronomy14010142>
- Hernández-Martínez, V., Salinas-Moreno, Y., Ramírez-Díaz, J. L., Vázquez-Carrillo, G., Domínguez-López, A., & Ramírez-Romero, A. G. (2016). Color, phenolic composition and antioxidant activity of blue tortillas from Mexican maize races. *CyTA-Journal of Food*, 14(3), 473-481. <https://doi.org/10.1080/19476337.2015.1136842>
- Isman, M. B. (2006). Botanical insecticides, deterrents, and repellents in modern agriculture and an increasingly regulated world. *Annual Review of Entomology*, 51(1), 45-66. <https://doi.org/10.1146/annurev.ento.51.110104.151146>
- Juárez Segovia, K. G., Varapizuela Sánchez, C. F., Matías Pérez, D., Díaz Barrita, A., Pérez Santiago, A. D., García Montalvo, I. A., & Sánchez Medina, M. A. (2025). Nutrient composition and chromatic parameter of Bolita pigmented maize (*Zea mays* L.). *Agro*



Productividad.

<https://doi.org/10.32854/9rdxp887>

Mex-Álvarez, R. (2016). Análisis proximal y fitoquímico de cinco variedades de maíz del estado de Campeche, México. *Revista Latinoamericana de Recursos Naturales*, 12(2), 74-80.

<https://revista.itson.edu.mx/index.php/rlrn/article/view/254>

Michel, M. R., Aguilar-Zárate, P., Espinoza-Velázquez, J., Aguilar, C. N., & Rodríguez-Herrera, R. (2020). Efecto del medio ambiente sobre la composición química y propiedades físicas del grano de maíz poliembriónico. *TIP Revista Especializada en Ciencias Químico-*

Biológicas,

23.

<https://doi.org/10.22201/fesz.23958723e.2020.0.221>

Reza-Solis, I. J., Romero-Rosales, T., Galeno, C. del Á. H., Lagarda, J. L. V., & Lobato, V. J. (2024). Saberes tradicionales en el cultivo de maíces nativos. *Revista Biológico Agropecuaria Tuxpan*, 12(1), 167-178. <https://doi.org/10.47808/revistabioagro.v12i1.551>

Secretaría de Agricultura y Desarrollo, R. (2021, marzo 30). *La riqueza de México es el maíz*. gob.mx. <http://www.gob.mx/agricultura/articulos/la-riqueza-de-mexico-es-el-maiz>



Degradación del suelo y acciones de restauración en la región Mixteca de Oaxaca

Soil degradation and restoration actions in the Mixteca region of Oaxaca

Miguel Angel Cortes-Pacheco, Ernesto Castañeda-Hidalgo[§], Salvador Lozano-Trejo, Nancy Gabriela Molina-Luna

Tecnológico Nacional de México (TecNM). Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca. División de Estudios de Posgrado e Investigación. Ex-Hacienda de Nazareno, Xoxocotlán, Oaxaca, México. CP 71213.

§Autor de correspondencia: (casta_h50@hotmail.com).

Resumen

El objetivo fue conocer los avances de la restauración forestal en áreas con degradación del suelo en la región Mixteca de Oaxaca. Para clasificar áreas con algún nivel de degradación se geoprocesó la capa de datos de erosión del suelo en la República Mexicana e información vectorial del marco geoestadístico. A través del proceso de interacción entre capas se utilizó la información geoespacial de diversos programas que propician la restauración, disponible en el sistema nacional de información forestal. Se calcularon y clasificaron superficies con niveles de degradación del suelo, áreas intervenidas con restauración, inversión e intersección entre áreas. En la Mixteca el 55 % de su territorio tiene algún nivel de degradación de suelo, por lo que durante el periodo de 2009 al 2025 fueron intervenidas 23 534 ha, con una inversión pública de \$350,127,656, destinado a la restauración, principalmente con reforestación y actividades complementarias. El 65 % de la superficie financiada se implementó en áreas con algún nivel de erosión, el 8 % se ejecutó en zonas con erosión extrema, 19 % en fuerte, 27 % en leves y el 46 % en moderadas.

Palabras clave: Erosión de suelo, restauración ecológica, superficie restaurada.

Abstract

The objective was to understand the progress of forest restoration in soil-degraded areas of the Mixteca region of Oaxaca. To classify areas with some level of degradation, the soil erosion data layer for Mexico and vector information from the geostatistical framework were geoprocesed. Through the interaction process between layers, geospatial information from various programs that promote restoration, available in the national forestry information system, was used. Areas with varying levels of soil degradation, areas undergoing restoration, investment, and overlap between areas were calculated and classified. In the Mixteca region, 55 % of the territory has some level of soil degradation. Therefore, between 2009 and 2025, 23 534 hectares were restored with a public investment of \$350,127,656, primarily through reforestation and complementary activities. 65 % of the financial surface was implemented in areas with some level of erosion, where 8 % was executed in areas with extreme erosion, 19 % in strong erosion, 27 % in slight erosion and 46 % in moderate erosion.

Index words: soil erosion, ecological restoration, restored surface.



Introducción

En México, anualmente se pierden 203 552 ha de superficie con vegetación, lo que las convierte en áreas de pastizal, agricultura y asentamiento humano (SNMF-CONAFOR, 2026). Debido a ello, la deforestación y otras actividades de origen antrópico han empeorado la degradación del suelo; de acuerdo con la SEMARNAT (2019), el 44.9 % del territorio presenta algún nivel de degradación.

El escenario de la degradación ambiental ha dado relevancia a la restauración ecológica, como una alternativa práctica para impulsar la regeneración de procesos ecológicos en zonas degradadas (Cervantes et al., 2008; Cotler et al., 2020). Las iniciativas de restauración se han ejecutado a través de programas gubernamentales, comunidades rurales y ONG's con fondos de cooperación internacional. De acuerdo con Hernández-Castán et al. (2022) durante el periodo de 2011 al 2020 se encontraban en proceso de restauración 5,219,986 ha en México, aunque se desconocen los lugares de gestión de estas iniciativas, lo que ha dificultado su análisis. Actualmente la fuente oficial en materia de restauración es el Sistema Nacional de Información Forestal (SNIF, 2025), donde se pueden monitorear y ubicar las áreas intervenidas con restauración e inversión por proyecto.

En Oaxaca se encuentra la región Mixteca, catalogada como una zona de mayor desastre ecológico causado principalmente por la deforestación y erosión hídrica, donde se asientan comunidades rurales con altos índices de marginación, por lo que son punto focal para impulsar diferentes acciones de restauración encaminadas a recuperar la vegetación; sin embargo, a la fecha se desconoce en qué territorios se concentran estas acciones y si realmente se están atendiendo las áreas altamente deterioradas. Por lo que el objetivo de la presente investigación fue identificar las zonas con mayor degradación de suelo y la orientación de las iniciativas de

restauración gestadas en el territorio de Mixteca oaxaqueña.

Materiales y métodos

El estudio se realizó en la región Mixteca de Oaxaca, que comprende una extensión territorial de 1,569,653 ha, integrada por 155 municipios. Al norte colinda con el Estado de Puebla, al sur con la región Sierra Sur; al oeste con el Estado de Guerrero y al este con la región Cañada (INEGI, 2025).

Para cuantificar y clasificar la superficie con algún nivel de erosión en los municipios de la región, se utilizó la capa de datos de erosión del suelo de la República Mexicana a escala 1:250 000 INEGI (2014), y de límites municipales del marco geoestadístico (INEGI, 2025), las cuales fueron procesadas en el software ArcGIS. Se realizó la extracción de polígonos por grado y tipo de erosión, y mediante la herramienta "Intersect" se clasificó por municipios. La información de la tabla de atributos se exportó a una hoja de cálculo de Excel y fue analizada con tablas dinámicas.

Para identificar, ubicar y cuantificar las áreas intervenidas con alguna acción que propiciara la restauración, se descargó y procesó información espacial del SNIF (2025), disponibles del periodo 2009 al 2025. Se utilizó información disponible de los programas de compensación ambiental, restauración en cuencas hidrográficas, reforestación y suelos, los cuales son insumos que permiten identificar superficies y montos invertidos por el gobierno federal; a través de geoprocursos en SIG se delimitó el área de estudio. En la tabla de atributos y calculadora de campos se obtuvo la superficie intervenida y montos. Se unificaron los polígonos de los diferentes programas ejecutados y se interceptó con la capa de grado de erosión de suelo, la cual permitió identificar la superficie y el grado de erosión de suelo de los sitios donde se han realizado las acciones de restauración. La información se analizó a través de tablas dinámicas en Excel® a nivel regional y municipal.



Resultados y discusión

La región Mixteca está conformada por una superficie de 1,569,653 ha distribuidas en 155 municipios, donde el 55 % de su territorio presenta algún nivel de degradación del suelo, principalmente por erosión hídrica (99.9 %) y una mínima parte por erosión antrópica. De la superficie con problemas de erosión, el 88 % es de tipo laminar y el 12 % por cárcavas. En la región se encuentran 116 793 ha clasificadas con grado de erosión de fuerte a extremo distribuidos en 104 municipios en los distritos de Coixtlahuaca, Teposcolula, Nochixtlán y Huajuapán. Así mismo, se encuentran 372 941 ha con erosión laminar moderada y 372 034 ha con erosión leve (**Figura I**).

El alto grado de erosión es atribuido a la deforestación, sobrepastoreo por ganadería y a la agricultura (Santiago-Mejía et al., 2018), por lo que se le ha considerado como un área de desastre ecológico. En la época prehispánica la Mixteca mantenía sistemas productivos estables y con importancia comercial, por lo que, durante la colonia, en la región los sistemas se intensificaron

con nuevos cultivos introducidos, lo que generó mayor presión a los ecosistemas (Martínez, 2006).

Las acciones de restauración forestal han estado presentes en el territorio mixteco. Durante el periodo del 2009 al 2025 con políticas públicas federales en materia de restauración se invirtieron \$350,127,656 orientados a restaurar 23 534 ha. Derivado de la intersección realizada entre los polígonos restaurados y los niveles de degradación, solo el 65 % de la superficie intervenida con acciones de restauración se ejecutaron en áreas con alguna clasificación de erosión hídrica laminar (**Figura 2**). El 8 % corresponde a zonas con erosión extrema, 19 % en fuerte, 27 % en leves y el 46 % en moderadas. El 35 % que se ejecutó en áreas sin ningún nivel de degradación, posiblemente atribuido a la resolución espacial y a la escala cartográfica del insumo utilizado, dado que en ocasiones son polígonos envolventes y cuando se planean los proyectos de restauración un principio básico es usar los remanentes de vegetación como referencia o partir de ecosistemas fracturados para frenar su degradación (Longley et al. 2015; SER 2019).

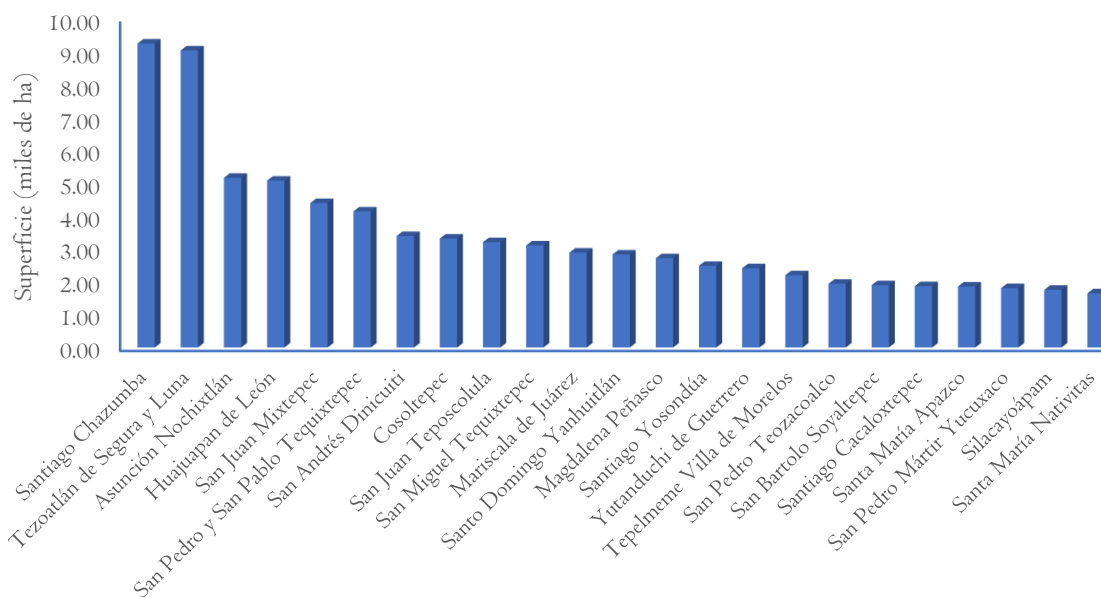


Figura I. Superficie con degradación de suelo por erosión hídrica de nivel fuerte a extremo en los principales municipios.

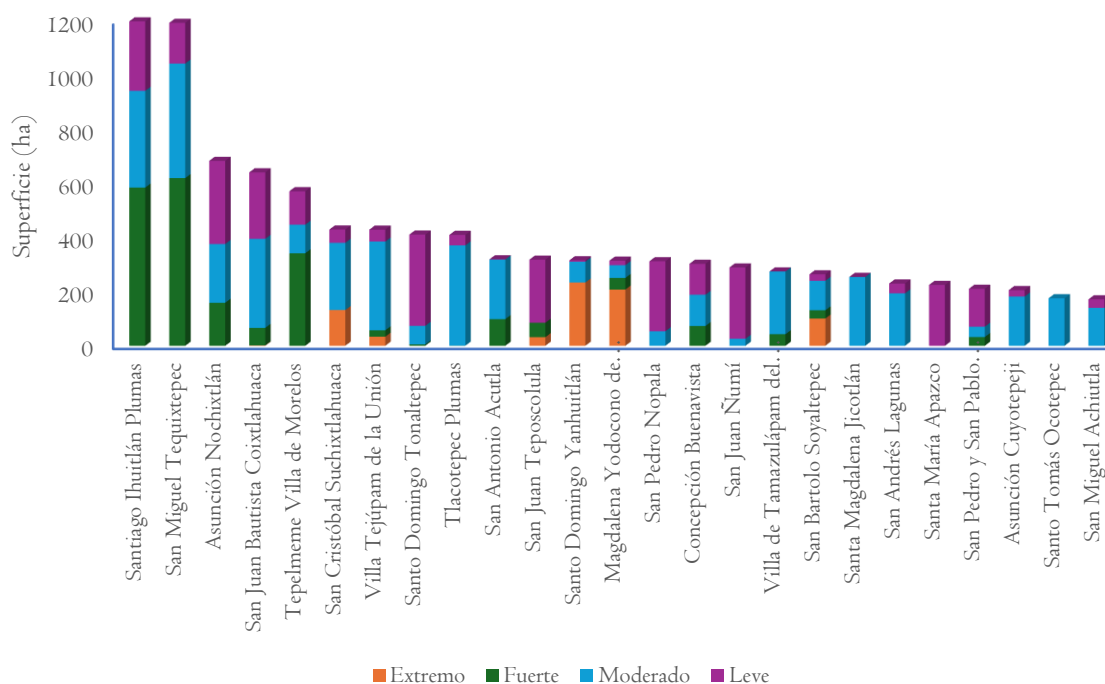


Figura 2. Superficie intervenida con acciones de restauración en áreas erosionadas de principales municipios.

Algunos estudios muestran que el éxito de la apropiación de estos mecanismos de financiamiento es atribuido a la organización comunitaria, expresado en prácticas como el tequio (trabajo colectivo, obligatorio y no remunerado que los miembros de una comunidad realizan para el beneficio común) (Ortíz et al., 2023), además de la necesidad de regenerar áreas degradadas que han limitado la provisión de servicios ecosistémicos (Ramírez et al., 2011).

En general, la región Mixteca presenta avances importantes en restauración, a nivel estatal se han intervenido 36 501 ha, de las cuales, el 65 % se ubica en la Mixteca. Además, está relacionado con los niveles de degradación del suelo (**Figura 3**),

dado que los programas públicos que impulsan la restauración se basan en la zonificación de áreas elegibles prioritarias.

Conclusiones

En la región Mixteca 863 309 (55 %) de un total de 1,569,653 ha se encuentra con algún nivel de degradación del suelo; 88 % de tipo laminar y el 12 % por cárcavas. Del periodo de 2009 al 2025 se han impulsado acciones de restauración en una superficie de 23 534 ha con una inversión pública de \$350,127,656. De la superficie financiada, 15 296 ha (65 %) se ejecutó en áreas con algún nivel de erosión, 8 % en zonas con erosión extrema, 19 % en fuerte, 27 % en leves y el 46 % en moderada.

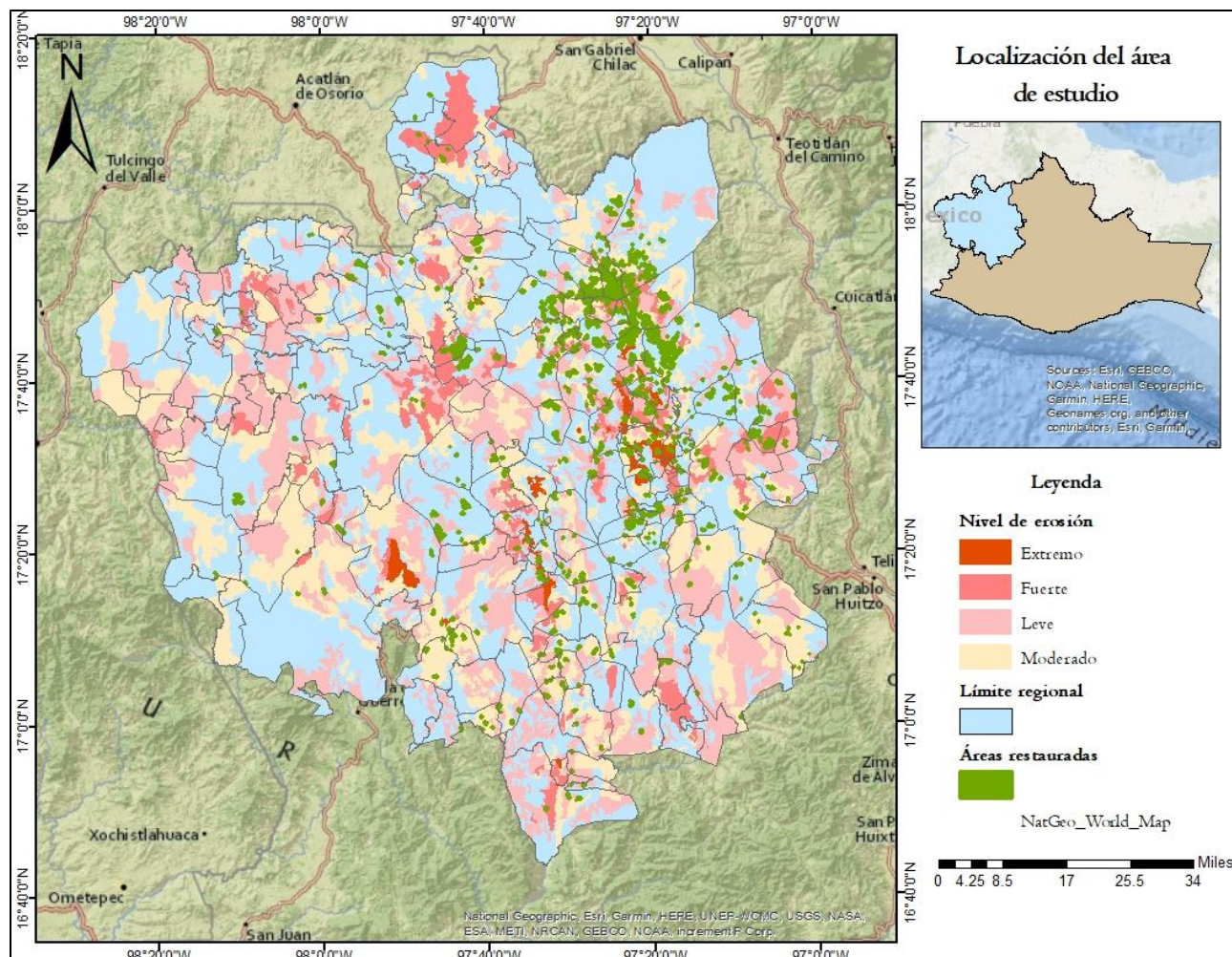


Figura 3. Ubicación de las áreas restauradas y nivel de erosión en la región Mixteca.

Referencias

- Cervantes, V., Carabias, J., & Arriaga, V. (2008). Evolución de las políticas públicas de restauración ambiental. En *Políticas públicas y perspectivas de sustentabilidad: III* (pp. 155-226). Capital natural de México.
- Cotler, H., Corona, J. A., Galeana-Pizaña, J. M., Cotler, H., Corona, J. A., & Galeana-Pizaña, J. M. (2020). Erosión de suelos y carencia alimentaria en México: Una primera aproximación. *Investigaciones Geográficas*, 101. <https://doi.org/10.14350/ig.59976>
- Gann, G. D., McDonald, T., Walder, B., Aronson, J., Nelson, C. R., Jonson, J., Hallett, J. G., Eisenberg, C., Guariguata, M. R., Liu, J., Hua, F., Echeverría, C., Gonzales, E., Shaw, N., Decler, K., & Dixon, K. W. (2019). International principles and standards for the practice of ecological restoration. *Restoration Ecology*, 27(SI), SI-S46. <https://doi.org/10.1111/rec.13035>
- Hernández-Castán, J., Avendaño, J., Cuesta-Mejía, E., López, C., Nello, T., & Simonit, S. (2022). *Aplicación del Barómetro de la Restauración en México: Progreso de la restauración de ecosistemas durante la década 2011-2020*. UICN, Gland.
- INEGI. (2014). *Conjunto de Datos de Erosión del Suelo* [Map].



- INEGI. (2025). *Marco Geoestadístico*.
<https://www.inegi.org.mx/temas/mg/>
- Longley, P.A., Goodchild, M.F., Maguire, D.J., & Rhind, D.W. (2015). *Geographic Information Science and Systems* (4th ed.). Wiley.
- Ortíz, A. O., Luna, N. G. M., & Ojeda, E. M. Y. (2023). El tequio como práctica social en los procesos de reforestación de la Mixteca Alta: Santa María Chachoápam, Nochixtlán. *Punto Cunorte*, 16, 90-110.
<https://doi.org/10.32870/punto.v1i16.168>
- Ramírez López, A., Navarro Garza, H., Pérez Olvera, A., & Cetina Alcalá, V. M. (2011). Experiencia organizativa para la reforestación con *Pinus oaxacana* Mirov. En suelos degradados de la Mixteca oaxaqueña. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 2(7), 57-70.
- Santiago-Mejía, B. E., Martínez-Menez, M. R., Rubio-Granados, E., Vaquera-Huerta, H., Sánchez-Escudero, J., Santiago-Mejía, B. E., Martínez-Menez, M. R., Rubio-Granados, E., Vaquera-Huerta, H., & Sánchez-Escudero, J. (2018). Variabilidad espacial de propiedades físicas y químicas del suelo en un sistema lama-bordo en la Mixteca Alta de Oaxaca, México. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*, 15(2), 275-288.
- Semarnat. (2019). *Informe de la situación del medio ambiente en México*.
www.semarnat.gob.mx
- SNIF. (2025). Sistema Nacional de Información Forestal.
<https://snif.cnf.gob.mx/restauracion/>.
(Consultado el 23 de abril de 2026).
- SNMF-CONAFOR. (2026). *Sistema Nacional de Monitoreo Forestal*. Comisión Nacional Forestal.
<https://snmf.cnf.gob.mx/>.
(Consultado: 28 de abril de 2026).



Marco para la Evaluación de Sistemas de Manejo de Recursos Naturales (MESMIS): caso de producción de café orgánico en el estado de Oaxaca

Framework for the Evaluation of Natural Resource Management Systems (MESMIS): The Case of Organic Coffee Production in Oaxaca State

Bersaín Ortiz Jiménez¹, Cristian Adolfo López López²

Universidad de Chalcatongo. Licenciatura en Administración. ²Ex-alumno de la Universidad de Chalcatongo.

§Autor de correspondencia: (berortiz@unicha.edu.mx).

Resumen

El objetivo de la investigación fue comparar la sustentabilidad entre el sistema de producción de café orgánico de socios de la organización Ñuu Savi y un sistema de producción de café convencional. En la actualidad el término de sustentabilidad tiene mucho impulso, la Organización de las naciones Unidas (ONU), lo estableció para todos los gobiernos mundiales, en los Objetivos de Desarrollo Sustentable (ODS), donde existen algunas metas propuestas para poder combatir problemas sociales, económicos y ambientales. Sin embargo, los productores de pequeña escala, muy pocas veces siguen los lineamientos sugeridos. La producción orgánica es la que más aplican, pero necesita constante capacitación, y el problema se percibe en la forma de transmitir los conocimientos tecnológicos a otros productores. De manera general y para cumplir con la tercera hipótesis, podemos decir, que los valores de los indicadores de las cinco variables que se analizaron, muestran que el sistema orgánico de la organización Ñuu Savi, es aceptable en relación con la sustentabilidad del sistema convencional analizado.

Palabras clave: agricultura, evaluación, sistema convencional, sustentabilidad.

Abstract

The objective of the research was to compare the sustainability between the organic coffee production system of the partners of the Ñuu Savi organization and a conventional coffee production system. Currently the term sustainability has a lot of momentum, the United Nations (UN), initiated it for all worlds governments, in the Sustainable Development Goals (SDG), where there are some proposed goals to combat social, economic and environmental problems. However, small-scale producers rarely follow the suggested guidelines. Organic production is the most applied, but it requires constant training, and the problem is perceived in the way of transmitting technological knowledge to other producers. In general terms and to comply with the third hypothesis, we can say that the values of the indicators of the five variables that are analyzed show that the organic system of the Ñuu Savi organization is acceptable in relation to the sustainability of the conventional system analyzed.

Index words: agriculture, evaluation, conventional system, sustainability.



Introducción

La sustentabilidad ha tomado relevancia en nuestros tiempos; el cambio climático ha afectado a los diversos cultivos de todo el mundo. En la década de los ochentas, surgieron diferentes movimientos mundiales sobre los problemas del clima, agua, suelo, flora, fauna, etc. Estos temas se han retomado por la Organización de las Naciones Unidas (ONU), donde se han establecido y discutido el término de sustentabilidad y sus dimensiones e indicadores (López, 2021). En el estado de Oaxaca, la producción de productos orgánicos se convierte en una actividad necesaria e importante para la conservación del medio ambiente y el desarrollo local. La organización Ñuu Savi, es una organización que se dedica a la producción de café orgánico, para el mercado nacional o de exportación, a través de la Coordinadora Estatal de Productores de Café de Oaxaca (CEPCO).

Sin embargo, existen escasas investigaciones sobre sustentabilidad realizadas a las organizaciones productoras de la región, específicamente a las cafetaleras. Dos casos éxito se pueden encontrar en la literatura, sobre organizaciones cafetaleras: la Unión de Comunidades Indígenas de la Región del Istmo (UCIRI) y Unión Tosepan, las cuales aplicaron estrategias para el manejo y producción de su producto, así como las relaciones con diversos actores, el posicionamiento competitivo en el mercado internacional y el continuo mejoramiento de la productividad (UCIRI, 2023). En el presente estudio se analizó la sustentabilidad de la organización Ñuu Savi.

De acuerdo al primer acercamiento e inmersión en el área de estudios, se observó, desconocimiento en la forma en que cada socio, aporta ideas y beneficios para el mejoramiento o responsabilidades para realizar las tareas importantes en la producción del café orgánico, en la organización de socios Ñuu Savi. En la obtención de café orgánico, generalmente, los trabajos que se realizan en el campo deben basarse

en estándares (CERTIMEX, 2024) que requiere el cliente. El café orgánico es un producto de alta relevancia social, es la principal actividad productiva de la región que ha generado ingresos para la sobrevivencia de las familias. Por otra parte, la producción de café orgánico tiene relación directa con el desarrollo sustentable, debido a que aporta beneficios para la conservación del medio ambiente a nivel local. Satisface las necesidades de la generación presente, pero sin comprometer a las generaciones futuras (Nájera, 2002; Sanchez, 2019).

Por otro lado, la investigación participativa y en particular el Marco para la Evaluación de Sistemas de Manejo Incorporando Indicadores de Sustentabilidad (MESMIS) que permitió sistematizar los saberes relacionados con el manejo de suelos en estudios sobre la sostenibilidad de agroecosistemas (Santander, 2024). El MESMIS presenta una estructura flexible para adaptarse a diferentes niveles de información y capacidades técnicas disponibles localmente, e implica un proceso de evaluación participativo que enfatiza dinámicas de grupos y una retroalimentación constante del equipo evaluador (Astier et al., 2008). El concepto orgánico está estrechamente relacionado con el concepto de sustentabilidad, este último muy de moda en la actualidad, por la gravedad del cambio climático a nivel mundial. En el estudio de investigación, la forma de producir y vender lo orgánico tiene que ver con formas legales que favorecen a la organización y que muchas veces desconocen lo sustentable, cuando en la práctica lo están realizando. El desarrollo sustentable, permite conservar a nivel local el medio ambiente y beneficia a las familias de los socios y a la misma sociedad.

Materiales y métodos

El estudio de la investigación se realizó mediante el enfoque cuantitativo. El análisis comparativo del MESMIS, fue para conocer la sustentabilidad del sistema orgánico y convencional. El origen de la información que se analizó en la investigación fue la primaria, se realizó un análisis probabilístico de



una muestra de la población de socios que integran a la organización de productores. Con la información primaria referente a las variables de sustentabilidad, se analizó de producción de café orgánico y se buscó información de un sistema convencional, para aplicar la metodología MESMIS el cual fue una herramienta metodológica para evaluar la sostenibilidad de los sistemas de manejo de recursos naturales, con énfasis en los pequeños agricultores y en su contexto local (Neri et al., 2008). La población o los elementos son socios (mujeres y hombres), que pertenecen a la organización Ñuu Savi, y se ubican en las siguientes comunidades: Guadalupe Zacatepec, Guadalupe Nuevo Centro, San Juan Cabeza del Río y El Coyulito, todas pertenecientes al municipio de Santa María Zacatepec, Distrito de Putla, región Sierra Sur del estado de Oaxaca.

Muestra

Debido a la cantidad de socios y su dispersión en las diferentes comunidades de la región, se obtuvo una muestra probabilística, a través de un muestreo aleatorio simple. Se aplicó un cuestionario a cada socio seleccionado de la muestra, para obtener información primaria sobre el manejo del cultivo de café orgánico. Posteriormente, se obtuvo información secundaria de productores que cultivan café de manera convencional. Las variables para medir la sustentabilidad de los sistemas fueron: estabilidad y producción, adaptabilidad, resiliencia, equidad y autogestión.

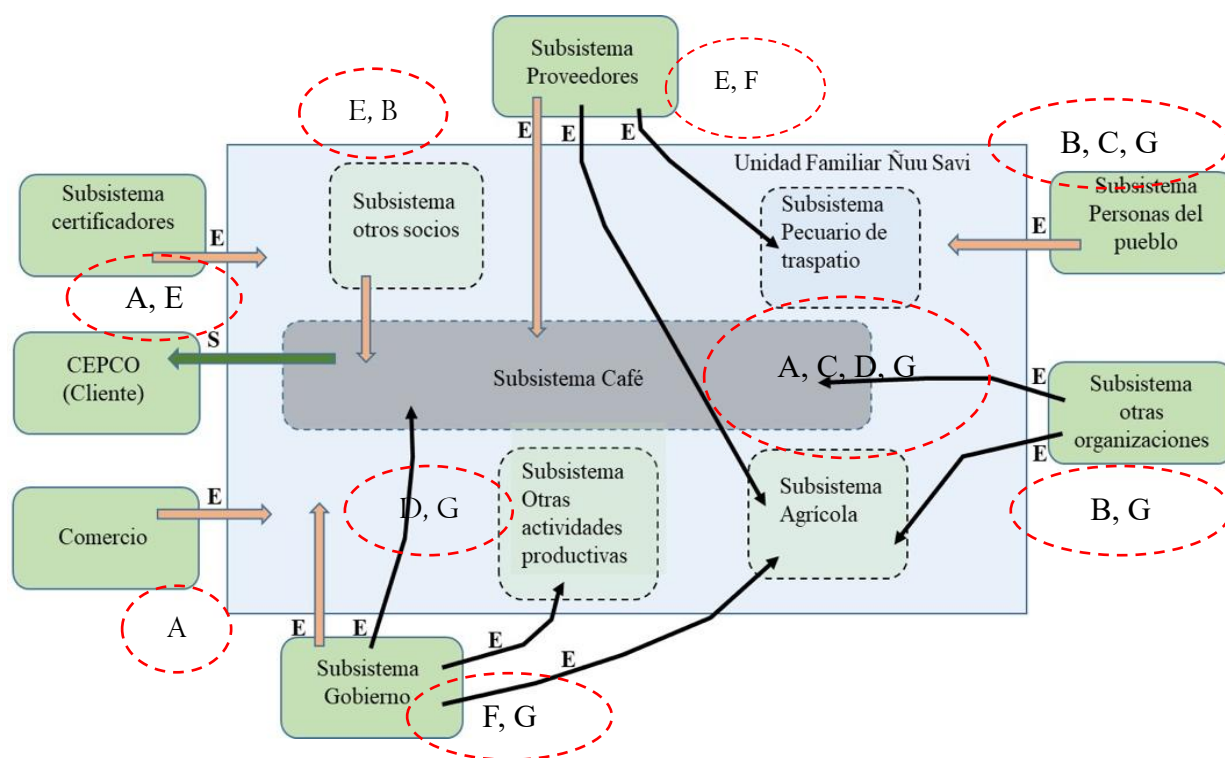


Figura I. Detección de puntos críticos del sistema de producción de café orgánico. Fuente: elaboración propia. Puntos críticos: A). Productividad, B). Desorganización social, C). Mano de obra, D). Recursos naturales, E). Intereses crecientes, F). Dependencia de insumos y G). Empleo familiar.



Identificación de puntos críticos negativos y positivos

Elementos para la definición de la estrategia de implementación de un sistema orgánico de producción de café con los socios Nuu Savi. En la **Figura 1**, se establecen los puntos críticos se aplicó la observación participante, entrevistas informales y recorridos en la zona. Los principales puntos críticos se detectan en el siguiente esquema:

Resultados y discusión

Los agroecosistemas, son sistemas transformados por el esfuerzo de los seres humanos con el fin de utilizarlos para obtener productos vegetales o animales de manera sustentable (Melgarejo y Bautista, 2019). De acuerdo a los resultados

obtenidos, se observa que hay una gran diferencia entre el sistema de café orgánico y un sistema convencional, lo cual es mejor el sistema orgánico porque beneficia tanto a los socios, como al medio ambiente donde se desenvuelve la producción de café orgánico, y, la organización de socios cafetaleros Nuu Savi (**Figura 2**).

Los datos cuantitativos de los indicadores que miden y comparan la sustentabilidad de manera integral de los dos sistemas. De manera general, podemos concluir, que los valores de los indicadores de las cinco variables que se analizaron, muestran que el sistema orgánico de la organización Nuu Savi, es aceptable en relación con la sustentabilidad y diferente en comparación con el sistema convencional analizado.

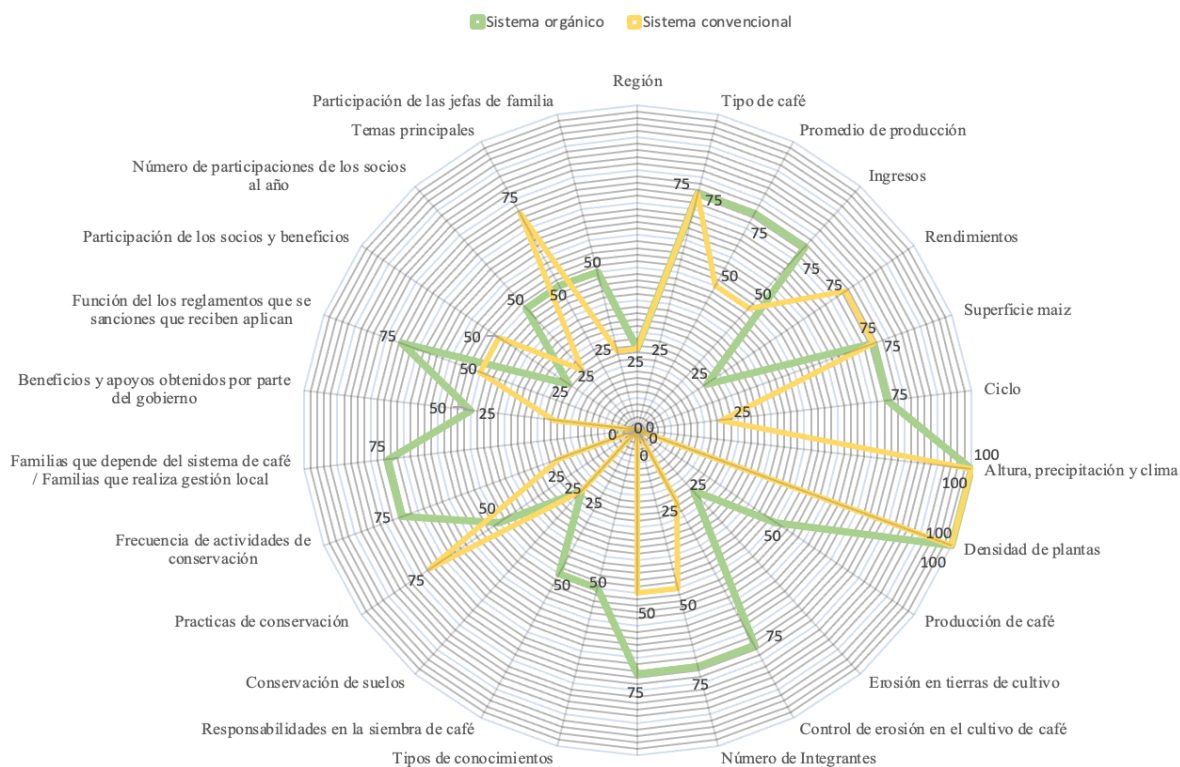


Figura 2. Comparación sustentable de los dos sistemas de cultivo de café. Fuente: elaboración propia.



Conclusiones

Es importante recalcar que la medición de indicadores de la sustentabilidad es muy compleja. En primer lugar, los indicadores varían en los diversos contextos, y segundo los números o porcentajes no muestran la realidad de deficiencia o mejora en aspectos de los ecosistemas o la gestión social.

Referencias

- Astier, M., Masera, O. R. y Galván, M. Y. (2008). *Evaluación de sustentabilidad. Un enfoque dinámico y multidimensional*. Sociedad Española de Agricultura Ecológica (SEAE). Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental (CIGA-UNAM). El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR).
- Certificadora Mexicana de Productos y Procesos Ecológicos, S.C. [CERTIMEX] (2024). *Normas, Proceso de inspección y certificación*. Consultado el 28 de abril de 2024, en <https://www.certimexsc.com/normatividad>
- López L., V. M. (2021) Génesis, evolución e incertidumbre del concepto de sustentabilidad. *Entretexos*, 12(36), 1-10. <https://doi.org/10.59057/ibero-leon.20075316.202036198>
- Melgarejo, V. y Bautista, S. (2019) Agroecología: de agro ecosistemas a agro ecosistemas sostenibles. *Revista de Tecnología*, 18(2), 1-13. <https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://dia.inec.unirioja.es/descarga/articulo/9753485.pdf&ved=2ahUKEwiFojju7I6TAxXvIEQIHQ2DIA8QFnoECBgQAQ&usg=AOvVaw0rrEyw2VlsywetQ6qrkZpG>
- Nájera, O. (2002). *El café orgánico en México*. Cuadernos de Desarrollo Rural. Disponible en <https://www.redalyc.org/pdf/117/11704804.pdf>
- Neri, R., Ocampo, I., Escobedo, J., Pérez, A. y Rappo, S. (2008). La sustentabilidad de los sistemas agrícolas con pequeña irrigación: el caso de San Pablo Actipan. *Ra Ximhai*, 4(2), 139-163. <https://www.redalyc.org/pdf/461/46140208.pdf>
- Sánchez, V. (2019) *¿Qué significa sustentabilidad?* Director del Área de Protección de Flora y Fauna "Valle de los Cirios, Guerrero Negro, BCS.
- Santander M., S. (2024). Construcción participativa de evaluación para el manejo agroecológico en el suelo de pequeños productores. *Ingeniería Agrícola*, 14(2), 1-8. <https://www.redalyc.org/journal/5862/586279094005/586279094005.pdf>
- Unión de Comunidades de la Región de Istmo [UCIRI]. (2023). *La Unión de Comunidades de la Región del Istmo UCIRI*. Disponible en: <https://www.uciri.com/>



Factores que influyen en la adopción de tecnología agroecológica composta en las escuelas de campo de San Mateo Piñas Pochutla, Oaxaca

Factors influencing the adoption of composted agroecological technology in field schools in San Mateo Piñas Pochutla, Oaxaca

Uriel Cuauhtémoc Ramírez García¹, Ernesto Castañeda Hidalgo^{2§}, Mariano Morales Guerra³

^{1,2}Estudiante, Investigador, Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca. Ex Hacienda de Nazareno, Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca, México. CP. 71230. ³Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Campo Experimental Valles Centrales de Oaxaca. [§]Autor de correspondencia: (ernesto.ch@voaxaca.tecnm.mx).

Resumen

El estudio analizó los factores que determinan la adopción de la tecnología composta entre productores de café de San Mateo Piñas, Oaxaca, mediante la implementación de la metodología de extensionismo rural basado en Escuelas de Campo. El estudio se realizó durante 2021 y 2024; con el objetivo de conocer que variables influyen en la adopción de tecnologías y la eficacia de la metodología de capacitación. Para la generación de la información se realizó una encuesta a una muestra de 36 productores de un total de 110. De ellos, 25 conocieron la tecnología, 23 la probaron en sus parcelas y 14 la adoptaron plenamente. Los adoptantes la utilizan como una fuente de fertilización y de acolchado para retener humedad, la adaptan a sus condiciones, la recomiendan a otros y consultan videos grabados durante el proceso. Se encontraron correlaciones positivas significativas entre la adopción y variables como grabar videos (0.477**) y preparar la composta de forma individual (0.456**).

Palabras clave: adopción, composta, transferencia.

Abstract

The study analyzed the factors that determine the adoption of compost technology among coffee producers in San Mateo Piñas, Oaxaca, through the implementation of the methodology of rural extensionism based on Country Schools. The study was conducted during 2021 and 2024; with the aim of knowing which variables influence the adoption of technologies and the effectiveness of the training methodology. For the generation of the information, a survey was carried out of a sample of 36 producers out of a total of 110. Of them, 25 knew the technology, 23 tested it on their plots and 14 fully adopted it. Adopters use it as a source of fertilization and padding to retain moisture, adapt it to their conditions, recommend it to others and consult videos recorded during the process. Significant positive correlations were found between adoption and variables such as recording videos (0.477**) and preparing the compost individually (0.456**).

Index words: adoption, compost, transfer.



Introducción

La producción de café en México representa una actividad económica y social de gran importancia, especialmente para las familias rurales del estado de Oaxaca. Sin embargo, los pequeños productores enfrentan desafíos como la baja fertilidad de los suelos, la escasez de insumos químicos y los efectos del cambio climático, lo que ha impulsado la búsqueda de tecnologías sostenibles y de bajo costo.

En este contexto, la composta surge como una alternativa ecológica viable para mejorar la nutrición de los cafetales y la retención de humedad en el suelo. El presente estudio se realizó en la comunidad de San Mateo Piñas, municipio de San Pedro Pochutla, región Costa de Oaxaca, entre 2021 e inicios de 2024. El objetivo de presente trabajo tiene como objetivo contribuir al entendimiento de cómo las metodologías participativas de capacitación pueden fortalecer la adopción de tecnologías agroecológicas en comunidades cafetaleras.

Materiales y métodos

Esta investigación se realizó en la comunidad de San Mateo Piñas Pochutla perteneciente a la región Costa del estado de Oaxaca, colinda al norte con los municipios de San Marcial Ozolotepec, Santa María Ozolotepec, Santiago Xanica, Santa María Huatulco, San Pedro Pochutla y Pluma Hidalgo y San Marcial Ozolotepec (Inegi, 2010).

Mediante la metodología de capacitación y transferencia de tecnología Extensionismo Rural basado en Escuelas de Campo, propuesta por Morales et al. (2015), se evaluó el proceso de transferencia y adopción de la tecnología de composta entre productores de café, bajo los siguientes pasos: 1. El conocimiento de la tecnología. 2. Participación en las capacitaciones. 3. La adopción.

La información se generó durante 2021 a inicios del año 2024, periodo que dura el proceso

de transferencia de tecnología de uso de la composta en el cultivo de café en San Mateo Piñas. La técnica de investigación utilizada para la generación de la información fue la entrevista a partir de un cuestionario estructurado; el cual se dividido en tres secciones, la primera aborda los datos generales del productor y su parcela, la segunda de las tecnologías que están adoptando, su proceso de transferencia, uso y adopción y la tercera a un momento de reflexión sobre el aprovechamiento y beneficios de la tecnología. Se entrevistó a una muestra de 36 productores de café (de un universo de 110)

Resultados y discusión

En la participación de los productores con respecto a la tecnología composta, de los 36 productores encuestados el 71.5 % (25 productores), afirman conocer la tecnología, saber la forma en la que se prepara, los tiempos necesarios para su formulación y los ingredientes que la componen, la forma en la que es apilada y las instrucciones dadas por el técnico, saben de los tiempos en los que estará listo y la forma en la que debe aplicarse, hasta esta etapa los productores conocen cada una de las características teóricas de la tecnología composta.

De los 25 productores que conocen la tecnología, 23 (64 % del total de productores encuestados) pasaron al momento de prueba, llevaron los resultados del producto en las prácticas grupales y aplicaron a sus cultivos a nivel de parcela, estos productores han preparado la composta y explican la forma en la que debe ser aplicada, mencionan la forma en la que se prepara, pero se han quedado hasta el punto en el que solo se quedan con lo que sale a nivel de escuela de campo, sin embargo, no han sido adoptantes de la misma, solo se han quedado hasta esta fase.

En este sentido, el hecho de que un porcentaje de productores se haya quedado únicamente en la fase de prueba a nivel de escuela de campo refleja que el aprendizaje participativo es eficiente para romper la barrera del desconocimiento, pero



insuficiente por sí solo para garantizar la continuidad de la práctica si no se superan limitantes estructurales o socioeconómicas en la Unidad de Producción Rural (Landini, 2016).

Para la etapa de adopción los productores que se han apropiado de la tecnología, 14 (39%) de un total de 36 encuestados, han adoptado dicha tecnología realizando la práctica en sus parcelas, estos individuos saben las cantidades en las que se prepara la fórmula y han realizado cada paso que han aprendido en la sesión de escuelas de campo, incluso han llegado al punto de modificar la forma de preparación acorde a sus necesidades y los insumos que tienen a su disposición, los participantes adoptantes también han recomendado la tecnología a otros productores, formando así una importante cadena en la difusión de la tecnología, algunos de los productores señalan que la razón por la cual han compartido esta información con otros compañeros, debido a que la tecnología resultó muy eficiente en la nutrición de los cafetales y ayuda a mantener la humedad del suelo, lo que indica que el uso de la composta es como fertilizante y acolchado.

Autores señalan que la flexibilidad de una tecnología para ser rediseñada por el propio usuario incrementa significativamente su tasa de sostenibilidad a largo plazo. Asimismo, el comportamiento de los adoptantes como difusores activos de la tecnología dentro de la comunidad robustece el tejido social y activa redes de innovación horizontal. La justificación de los productores para compartir este conocimiento basada en la eficiencia de la composta como nutrición y acolchado para mantener la humedad en los cafetales coincide con Guerrero-Carrera et al. (2025), quienes sostienen que los caficultores priorizan tecnologías que mitiguen los efectos del cambio climático, como la pérdida de humedad en el suelo, mediante el uso de recursos orgánicos locales que reduzcan la dependencia de fertilizantes sintéticos.

El coeficiente de correlación de 0.477** entre las variables ha grabado video y adoptó la

tecnología, lo que indica que en el proceso de adopción los productores consultan los videos que han grabado al momento de realizar sus prácticas en las parcelas de café, ya que al grabar videos de la práctica pueden realizar la preparación de forma correcta. Este fenómeno respalda los argumentos de Sánchez y Zambrano (2019), quienes enfatizan que la adopción tecnológica contemporánea requiere el desarrollo previo de capacidades digitales en los productores. En entornos de agricultura familiar, el uso de tecnologías de la información y la comunicación para registrar procesos prácticos mitiga las deficiencias de la extensión técnica convencional, proporcionando un soporte continuo y personalizado (Mulungu et al., 2025).

El coeficiente de correlación de 0.456** entre la variable ha preparado en forma individual y adopto la tecnología indica que es significativa en el nivel 0.05, se asume que la variable preparar en forma individual influye sobre la decisión de adoptar o no adoptar la tecnología, teniendo como factores que inciden en la elaboración individual; la disponibilidad de los insumos, precio de estos y nivel de dificultad para la aplicación de la composta, esto coincide con los hallazgos de Ayanwale et al. (2025), quienes argumentan que las tecnologías sustentables, a pesar de ser ambientalmente viables, compiten directamente con el costo de oportunidad de la mano de obra familiar y el acceso físico a los materiales necesarios para su elaboración. Por lo tanto, para elevar las tasas de adopción, los programas de desarrollo rural no solo deben transferir el saber hacer, sino también evaluar la factibilidad económica y logística del aprovisionamiento de insumos a escala predial.

Conclusiones

El proceso de transferencia tecnológica de la composta en San Mateo Piñas muestra un embudo de adopción decreciente, donde el 71.5 % de los productores conoce la teoría, el 64% pasó a la etapa de prueba y solo el 39 % la adoptó de forma definitiva, logrando adecuarla a sus insumos



locales y recomendándola para la nutrición y retención de humedad del suelo en cafetales. Estadísticamente, la adopción efectiva está significativa y positivamente correlacionada con la preparación individual de la tecnología, condicionada por la disponibilidad y costo de los insumos y, de manera innovadora, con el uso de herramientas digitales como el registro en video para asegurar la correcta replicabilidad de la práctica.

Referencias

- Ayanwale, A., Kehinde, A., & Ige, A. (2025). Determinants of organic fertilizer adoption and its implications for poverty reduction among farming households in Nigeria. *Social Sciences & Humanities Open*. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ssaho.2025.102328>
- Guerrero-Carrera, J., Jaramillo-Villanueva, J. L., & Vargas-López, S. (2025). Impacto potencial del cambio climático en la producción de café bajo un enfoque ricardiano. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*, 22(2). doi:<https://doi.org/10.22231/asyd.v22i2.1680>
- Inegi. (2010). *Compendio de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos*. Ciudad de México: Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática.
- Landini, F. (2016). Problemas de la extensión rural en América Latina. *Perfiles Latinoamericanos*, 47-68. doi:[10.18504/pl2447-005-2016](https://doi.org/10.18504/pl2447-005-2016)
- Morales Guerra, M., Hernández Galeno, C., & Vásquez Ortiz, R. (2015). *Escuelas de campo un modelo de capacitación y acompañamiento técnico para productores agropecuarios*. Oaxaca de Juárez: INIFAP.
- Mulungu, K., Kassie, M., & Tschopp, M. (2025). The role of information and communication technologies based extension in agriculture: application, opportunities and challenges. *Information Technology for Development*, 1117-1146. doi:<https://doi.org/10.1080/02681102.2025.2456232>
- Sánchez, V. H., & Zambrano Mendoza, J. L. (2019). Adopción e impacto de las tecnologías agropecuarias generadas en el Ecuador. *La granja. Ciencias de la Vida*, 29-39. doi:<https://doi.org/10.17163/lgr.n30.2019.0>



Calidad física de microlotes varietales de café bajo tres procesos poscosecha en Sierra Mixe, Oaxaca

Physical quality of varietal coffee microlots under three postharvest processes in Sierra Mixe, Oaxaca

José Uriel García-Domínguez^{1§}, Yuri Villegas-Aparicio¹, Carlos Francisco Varapizuela-Sánchez², Aarón Martínez-Gutiérrez¹, Gustavo Omar Díaz-Zorrilla¹

¹Tecnológico Nacional de México (TecNM). Campus Valle de Oaxaca (ITVO). Ex hacienda de Nazareno, Xoxocotlán, Oaxaca, México. CP. 71233. ²TecNM. Campus Instituto Tecnológico de Oaxaca. Avenida Ing. Víctor Bravo Ahuja No. 125, esquina Calzada Tecnológico, 68030. Oaxaca, México. [§]Autor de correspondencia: (urielgarcia.jugd@gmail.com).

Resumen

La calidad física del grano orienta la diferenciación comercial de microlotes de café en pequeños productores que incursionan en mercados de especialidad. El objetivo fue evaluar la calidad física de dos lotes varietales de *Coffea arabica* L.—Garnica y Mundo Novo— sometidos a tres procesos poscosecha: lavado, enmielado y natural, procedentes de un mismo agroecosistema. El material provino de la cosecha 2025. Se realizó un muestreo escalonado a partir de lotes de café cereza por variedad: Garnica, 67 kg, y Mundo Novo, 63 kg. Antes del beneficio, de cada lote varietal se extrajo una submuestra de 30 kg de café cereza, asignando 10 kg a cada proceso; después del secado y almacenamiento, se obtuvo una muestra analítica de 500 g por combinación variedad × proceso, mediante muestreo aleatorio simple. Las muestras fueron evaluadas por catadores Q Grader conforme al protocolo físico de la Specialty Coffee Association. El lavado presentó los mayores rendimientos especiales en Garnica y Mundo Novo, con 78.8 % y 76.7 %, respectivamente; el enmielado mostró valores intermedios, con 70.7 y 72.1 %; y el natural registró los menores rendimientos, con 51.8 y 47.2 %. La densidad del café verde varió entre 680 y 720 g L⁻¹. La fracción

retenida en zaranda ≥ 15 fue alta en Garnica y más variable en Mundo Novo. No se registró daño por hongo ni materia extraña. Se concluye que el lavado conservó mejor la calidad física del grano; sin embargo, los resultados son exploratorios.

Palabras clave: *Coffea arabica* L., café bola, café de especialidad, café pergamino seco, rendimiento especial.

Abstract

Physical bean quality guides the commercial differentiation of coffee microlots among smallholder farmers entering specialty markets. The objective was to evaluate the physical quality of two varietal lots of *Coffea arabica* L.—Garnica and Mundo Novo—processed under three postharvest methods: washed, pulped natural, and natural, from the same coffee agroecosystem. The material came from the 2025 harvest. A stepwise sampling procedure was conducted from varietal cherry coffee lots: Garnica, 67 kg, and Mundo Novo, 63 kg. Before processing, a 30 kg cherry coffee subsample was taken from each varietal lot, assigning 10 kg to each postharvest process; after drying and storage, a 500 g analytical sample was obtained from each variety × process subplot, by simple random sampling. Samples were evaluated



by Q Graders according to the Specialty Coffee Association physical protocol. The washed process showed the highest specialty yields in Garnica and Mundo Novo, with 78.8 % and 76.7 %, respectively; pulped natural showed intermediate values, with 70.7 and 72.1 %; and natural recorded the lowest yields, with 51.8 and 47.2 %. Green coffee density ranged from 680 to 720 g L⁻¹. The fraction retained on screen size ≥ 15 was high in Garnica and more variable in Mundo Novo. No fungal damage or foreign matter was recorded. The washed process better preserved physical quality; however, the results should be interpreted as exploratory evidence.

Index words: *Coffea arabica* L., dry parchment coffee, specialty coffee, dried cherry coffee, specialty yield.

Introducción

La diferenciación de cafés de especialidad depende de decisiones agronómicas y poscosecha que inciden en la calidad física y sensorial del grano. La calidad física permite describir atributos objetivos del café verde, como tamaño, humedad, color, defectos y uniformidad, considerados en los sistemas actuales de clasificación y valoración especializada (Specialty Coffee Association, 2024).

Aunque la calidad sensorial suele recibir mayor atención comercial, la evaluación física funciona como primer filtro técnico para estimar la aptitud comercial de un lote. Defectos, falta de uniformidad, tamaño del grano y humedad pueden limitar el acceso a mercados diferenciados, aun con potencial sensorial; por ello, son competencias básicas del evaluador de café verde (Specialty Coffee Association, 2025). Los procesos poscosecha modifican la ruta de transformación del fruto e influyen en la recuperación física del grano, la estabilidad del secado, la proporción de defectos y el rendimiento comercial. Lavado,

enmielado y natural difieren en remoción de mucílago, contacto pulpa-semilla y secado, lo que puede generar respuestas distintas en calidad física y sensorial (Antezana y Luna-Mercado, 2023).

En pequeños productores de café de especialidad, la evaluación física permite traducir el manejo poscosecha en indicadores para decidir qué proceso conserva mejor el potencial comercial del microlote. Por ello, el objetivo fue evaluar la calidad física de dos lotes varietales de *Coffea arabica* L., Garnica y Mundo Novo, sometidos a lavado, enmielado y natural, procedentes de un mismo agroecosistema.

Materiales y métodos

De dos lotes varietales de *Coffea arabica* L. se evaluaron seis muestras, producto de dos variedades y tres procesos poscosecha. Los datos proceden de una unidad productiva familiar ubicada en San Isidro Huayápam, Alotepec Mixe, Oaxaca, México (17.005714 N, -95.877279 O), a 1020 msnm. El sistema evaluado corresponde a un cafetal bajo cobertura arbórea, con manejo campesino, diversidad varietal y prácticas locales de cosecha y beneficio. La superficie efectiva fue de 0.435 ha, en densidad estimada de 3300 plantas ha⁻¹. La zona I integró el lote de variedad Garnica y la zona II el de Mundo Novo. Cada material se trató como lote varietal situado; al no existir aleatorización ni replicación entre microambientes, los resultados se interpretaron como respuestas situadas, no como efectos varietales generalizables.

La cosecha se realizó en febrero de 2025, con selección de frutos por color de madurez y grados Brix como criterio complementario. Se trabajó con dos lotes de café cereza: Garnica, 67 kg, y Mundo Novo, 63 kg. Antes del beneficio, de cada lote varietal se extrajo una submuestra de 30 kg de café cereza, asignando 10 kg a cada proceso: lavado, enmielado y natural. Para lavado y enmielado se evaluó café pergamino seco; para natural, café bola.



El secado se realizó en zarandas, combinando sol y sombra, con el objetivo operativo de alcanzar 11–12 % de humedad en base húmeda antes del almacenamiento. Los materiales secos se almacenaron durante tres meses en bolsas de plástico grado alimenticio, cerradas herméticamente. De cada sublotte variedad $\times$ proceso se obtuvo una muestra de 500 g mediante muestreo aleatorio simple. Las seis muestras fueron evaluadas en laboratorio por dos catadores, conforme al protocolo físico SCA 2025. Se registraron humedad, densidad, rendimientos, proporción retenida en zaranda ≥ 15 y defectos. El análisis fue descriptivo, sin pruebas inferenciales.

Resultados y discusión

El proceso postcosecha mostró una respuesta consistente en los indicadores físicos evaluados: el lavado presentó los mayores rendimientos especiales en ambos lotes varietales, seguido del enmielado, mientras que el natural registró los valores más bajos (Tabla I).

La diferencia entre rendimiento bruto y rendimiento especial distinguió la recuperación física general de la fracción con mayor aptitud comercial. El rendimiento especial fue el indicador más integrador, al combinar recuperación de café verde, selección por tamaño y exclusión de

defectos primarios. Este criterio coincide con la evaluación física del café de especialidad, donde humedad, tamaño, defectos y uniformidad son atributos centrales antes de la evaluación sensorial (FAO, s. f.; Gonzalez-Sanchez et al., 2024; Specialty Coffee Association, 2019, 2025).

La retención en zaranda ≥ 15 fue más estable en Garnica que en Mundo Novo, lo que sugiere mayor uniformidad física en ese lote situado. Sin embargo, no debe interpretarse como superioridad varietal generalizable, ya que los lotes estuvieron agrupados en zonas distintas y sin replicación entre microambientes. La expresión física del grano depende de la interacción entre genotipo, ambiente, manejo, madurez, beneficio y secado; por ello, la comparación varietal requiere replicación independiente (Gebreselassie et al., 2024; Nugroho et al., 2016; Worku et al., 2022).

La humedad registrada al análisis fue mayor en los cafés naturales que en los lavados y enmielados, lo que refuerza la necesidad de controlar el secado y almacenamiento del café bola. Este resultado puede explicarse porque las muestras fueron evaluadas después de tres meses de almacenamiento y el café puede reequilibrar su humedad según el ambiente, el empaque y su forma física.

Tabla I. Indicadores físicos de dos lotes varietales de *Coffea arabica* L. bajo tres procesos poscosecha.

ID	Humedad al análisis (%)	Rendimiento bruto (%)	Rendimiento especial (%)	Densidad café verde (g L^{-1})	Zaranda ≥ 15 (%)	Defectos (%)
GL	9.9	82.0	78.8	720	99.0	2.8
GE	10.9	72.0	70.7	690	99.4	2.9
GN	12.7	53.6	51.8	710	98.1	1.5
MNL	10.5	83.7	76.7	690	92.9	1.3
MNE	10.5	82.0	72.1	680	96.3	0.9
MNN	13.5	52.8	47.2	685	90.9	1.5

ID: GL = Garnica lavado; GE = Garnica enmielado; GN = Garnica natural; MNL = Mundo Novo lavado; MNE = Mundo Novo enmielado; MNN = Mundo Novo natural.



En el natural, las estructuras externas del fruto favorecen mayor retención o redistribución de humedad respecto al pergamino seco, con posibles efectos en la calidad física y organoléptica (Coradi et al., 2007; Ghosh y Venkatachalapathy, 2014; Olmos et al., 2017).

La masa total de defectos fue baja y no se registró daño por hongo ni materia extraña. No obstante, la calidad física no depende solo del peso de defectos, sino de su tipo, categoría, frecuencia y relación con otros atributos. Por ello, rendimiento especial, zaranda, densidad, humedad y defectos deben interpretarse en conjunto, no como variables aisladas (Franca et al., 2005; Hu et al., 2024; Mendonça et al., 2009).

Conclusiones

En las condiciones evaluadas, el proceso de lavado conservó mejor la calidad física del grano en los microlotes varietales de *Coffea arabica* L., y presentó los mayores rendimientos especiales en Garnica y Mundo Novo. El enmielado mostró desempeño intermedio y el natural menor recuperación física. Los resultados son exploratorios y situados.

Referencias

- Antezana, R. N. V. and Luna-Mercado, G. I. (2023). Effect of processing methods (washed, honey, natural, anaerobic) of Catimor coffee on physical and sensory quality in Alto Inambari, Peru. *Coffee Science*, 18, e182111.
- Coradi, P. C., Borém, F. M., Oliveira, J. A. & Reis, N. D. (2007). Effect of drying and storage conditions on the quality of natural and washed coffee. *Coffee Science*, 2(1), 38-47.
- FAO. (s. f.). *Annex 7: Green coffee classification and grading*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Consultado: 10 de mayo de 2026.
- Franca, A. S., Mendonça, J. C. F. and Oliveira, S. D. (2005). Composition of green and roasted coffees of different cup qualities. *LWT - Food Science and Technology*, 38(7), 709-715. 10.1016/j.lwt.2004.08.014.
- Gebreselassie, H., Tesfaye, B., Gedebo, A. and Tolessa, K. (2024). Evaluation of physical and chemical characteristics of bean and cup quality of arabica coffee genotypes grown in Southern Ethiopia. *Helijon*, 10, e34378. 10.1016/j.helijon.2024.e34378.
- Ghosh, P. and Venkatachalapathy, N. (2014). Processing and drying of coffee: A review. *International Journal of Engineering Research & Technology*, 3(12), 784-794.
- Gonzalez-Sanchez, B., Sandoval-Gonzalez, O., Flores-Cuautle, J. de J. A., Landeta-Escamilla, O., Portillo-Rodriguez, O. & Aguila-Rodriguez, G. (2024). A study of the physical characteristics and defects of green coffee beans that influence the sensory notes using machine learning models. *Processes*, 12(1), 18. 10.3390/pr12010018.
- Hu, G. L., Quan, C. X., Dai, H. P. and Qiu, M. H. (2024). Characterization of defective coffee beans and blends differentiation based on ¹H qNMR technique. *Current Research in Food Science*, 9, 100870. 10.1016/j.crfs.2024.100870.
- Mendonça, J. C. F., Franca, A. S. y Oliveira, L. S. (2009). Physical characterization of non-defective and defective Arabica and Robusta coffees before and after roasting. *Journal of Food Engineering*, 92(4), 474-479. 10.1016/j.jfoodeng.2008.12.023.
- Nugroho, D., Basunanda, P., and Suryadi, Mw. (2016). Physical bean quality of Arabica coffee (*Coffea arabica*) cultivated at high and medium altitude. *Pelita Perkebunan*, 32(3), 151-161.
- Olmos Villalba, L. C., Duque Grisales, E. A. y Rodríguez, E. (2017). State of the art of coffee drying technologies in Colombia and their global development. *Revista Espacios*, 38(29), 27.
- Specialty Coffee Association. (2019). *El café Árabe lavado: Guía de defectos del café verde*. Edición n° 3. Specialty Coffee Association. Consultado: 10 de mayo de 2026.



Specialty Coffee Association. (2024). *What is specialty coffee?* Specialty Coffee Association.
Specialty Coffee Association. (2025). *SCA Standard 710-2025: Coffee Evaluator Professional Competencies*. Specialty Coffee Association. Consultado: 10 de mayo de 2026.

Worku, M., Astatkie, T. and Boeckx, P. (2022). Effect of growing conditions and postharvest processing on arabica coffee bean physical quality features and defects. *Heliyon*, 8, e09201. 10.1016/j.heliyon.2022.e09201



Comparación de sistemas de resinación en la producción de resina de *Pinus pseudostrobus*

Comparison of resin tapping systems in the resin production of *Pinus pseudostrobus*

María Mercedes Cervantes-Machuca[§], Salvador Lozano-Trejo, Gerardo Rodríguez-Ortiz, José Raymundo Enríquez-del Valle, Marcos Emilio Rodríguez-Vásquez, Ernesto Castañeda Hidalgo

Tecnológico Nacional de México (TecNM). Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca. Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca-México. [§]Autor de correspondencia: (mariacervantesmachuca96@gmail.com).

Resumen

El objetivo del estudio fue evaluar el efecto de la exposición del sitio y del sistema de resinación sobre el rendimiento de resina en árboles de *Pinus pseudostrobus* var. *apulcensis* en Santa Catarina Ixtepeji, Oaxaca, México. Durante 2024 se seleccionaron 108 árboles. Se valoraron dos exposiciones (norte y noroeste) y dos sistemas de resinación (francés modificado para México y franco-americano) bajo un diseño completamente al azar con arreglo factorial 2×2, utilizando un árbol como unidad experimental y 27 repeticiones por tratamiento. Las incisiones se realizaron cada siete días y la colecta de resina cada 30 días, registrándose el rendimiento en kg/árbol. Los datos se analizaron mediante análisis de varianza (Anova) y comparación de medias de Tukey ($\alpha = 0.05$). Los resultados mostraron diferencias significativas entre exposiciones en septiembre, octubre, diciembre marzo y mayo donde la exposición noroeste presentó los mayores rendimientos de resina. La mayor producción se registró en marzo de 2025 con valores de 0.72 ± 0.15 kg/árbol para el sistema francés y 0.64 ± 0.12 kg/árbol para el sistema americano en exposición noroeste. En contraste, los resultados sugieren que la exposición del arbolado ejerce mayor influencia sobre la producción de resina.

Palabras clave: flujo resinífero, productos forestales no maderables, resinación forestal.

Abstract

The objective of this study was to evaluate the effect of site exposure and tapping system on resin yield in *Pinus pseudostrobus* trees in Santa Catarina Ixtepeji, Oaxaca, Mexico. During 2024, 108 trees were selected. Two exposures (north and northwest) and two tapping systems (French modified for Mexico and French-American) were evaluated using a completely randomized design with a 2×2 factorial arrangement, using one tree as the experimental unit and 27 replicates per treatment. Incisions were made every seven days and resin was collected every 30 days, with yield recorded in kg/tree. Data were analyzed using analysis of variance (Anova) and Tukey's test for mean comparison ($\alpha = 0.05$). The results showed significant differences between exposures in September, October, December, March, and May, with the northwest exposure exhibiting the highest resin yields. The highest production was recorded in March 2025, with values of 0.72 ± 0.15 kg/tree for the French system and 0.64 ± 0.12 kg/tree for the American system in northwest exposure. In contrast, the results suggest that tree exposure has a greater influence on resin production.



Index words: resin flow, non-timber forest products, forest resin tapping.

Introducción

En países en desarrollo, una actividad económica relevante con beneficio económico, ambiental y social es la producción de resina de pino (Rodríguez-Honda et al., 2023). Sin embargo, la extracción de resina es compleja y los sistemas utilizados son ineficientes (Sharma et al., 2018); los altos costos de producción y bajo precio de la resina son desafíos de la industria resinera (López-Álvarez et al., 2023). El rendimiento de la resina está influenciado por factores externos (Demko and Machava, 2022); los cuales incluyen la temporada de extracción, el clima y el sistema de resinación (Yi et al., 2021).

México ha normado la actividad resinera mediante regulaciones como la NOM-026-SEMARNAT-2005 (Semarnat, 2011), con lineamientos técnicos para entalladuras y medidas para evitar la resinación excesiva (Semarnat, 2016). Actualmente, la investigación nacional se ha enfocado en variables dendrométricas y la selección de árboles con mayor potencial resinero (Reyes-Ramos et al., 2019).

Materiales y métodos

El área de estudio se localiza en la comunidad de Santa Catarina Ixtepeji, Ixtlán, Oaxaca del sur de México con un intervalo altitudinal entre 1 400 y 3 300 m. Durante el año 2024 se realizó la selección de árboles de *P. pseudostrobus*; y se les midió el diámetro normal (*DN*, cm) con una cinta diamétrica *Forestry suppliers*®, altura total (*AT*, m) con pistola Haga®, diámetro de copa (*DC*, m) con una cinta métrica marca Truper®. Posteriormente, se realizaron las incisiones bajo la NOM-026-SEMARNAT. Se evaluaron dos sistemas de resinación: el sistema francés modificado para México, y el sistema franco-

americano. Las incisiones se realizaron a intervalos de siete días. La cosecha de la resina se realizó cada 30 días, se registró el peso de resina (kg por cara y árbol) mediante una báscula digital Rhino® modelo BAR-6X.

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar (*DCA*) con arreglo factorial 2×2, considerando como factores de estudio la exposición del sitio (norte y noroeste) y el sistema de resinación (francés modificado para México y americano). La unidad experimental estuvo constituida por un árbol individual, evaluándose un total de 108 árboles con 27 repeticiones por tratamiento. Se verificaron los supuestos normalidad mediante la prueba de Levene ($\alpha = 0.05$) y de homogeneidad mediante la prueba de Kolmogórov-Smirnov ($\alpha = 0.05$). Los datos se analizaron mediante un análisis de varianza (*ANOVA*), la comparación de medias se realizó mediante comparación de medias (Tukey, 0.05). Los análisis se realizaron en el software Statistical Analysis System (*SAS*) (SAS Institute, 2022).

Resultados y discusión

Las exposiciones norte y noroeste mostraron diferencias significativas únicamente en marzo y mayo, ($p \leq 0.01$). En contraste, durante los meses fríos el rendimiento tiende a igualarse entre ambas orientaciones ($p > 0.05$); es decir, la orientación o exposición de los árboles si influye en el rendimiento de resina, sin embargo, esto solo en algunos meses del año (Li et al., 2017). El sistema de resinación mostró diferencias significativas en noviembre ($p \leq 0.01$), mientras que en los demás meses evaluados el efecto sobre el rendimiento de resina fue menor y no significativo ($p > 0.05$), esto indica que la técnica de raspado, aunque relevante para la extracción de resina, acompañado por otros factores favorables pueden aumentar la producción de resina (Martínez-Chamorro, 2017).



En los meses cálidos (marzo y mayo) la exposición noreste presentó rendimientos superiores de 36.0 % y 65.0 % respecto a la norte. Dentro de la exposición norte, enero (119 %), febrero (138 %) y marzo (138 %) mostraron mayor producción promedio de resina por árbol en comparación con mayo (0.21 kg). En ambas exposiciones, el rendimiento disminuyó drásticamente durante los meses de lluvia; por tal motivo, la producción de resina está fuertemente influenciada por la estacionalidad y las condiciones ambientales principalmente con las épocas seca y de lluvias (Neis et al., 2018), contrario a lo reportado por Gallo-Corredor et al. (2012) quienes encontraron mayores producciones en el mes de diciembre para *Pinus patula* (0.081 kg/árbol) y *P. oocarpa* (0.046 kg/árbol) en una parcela de Colombia, al utilizar el sistema de resinación americano de copa y canal.

El sistema francés generó mayores rendimientos en noviembre (56 %), diciembre (46 %), enero (65 %), febrero (78 %) y marzo (87

%), en contraste con mayo, donde se obtuvo la producción más baja (0.32 kg). Estos valores superaron consistentemente al sistema americano, cuyo máximo rendimiento se registró en marzo, aunque fue 4 % menor que el alcanzado por el sistema francés en el mismo mes; Sin embargo, la producción de resina fue menor con lo reportado por Dvorak et al. (2002) con una producción promedio de 0.599 kg por mes para *P. tecunumanii* F. Schwerdtf. ex Eguiluz & J. P. Perry en áreas resinadas durante la estación seca (Tabla I).

Los mayores rendimientos de resina se obtuvieron en la exposición noroeste, especialmente con el sistema francés durante marzo (0.72 kg/árbol). En general, marzo presentó mayores rendimientos que noviembre, evidenciando un efecto estacional sobre la producción de resina (Figura I). Las diferencias estadísticas ($p \leq 0.05$) indican que la exposición del sitio tuvo mayor influencia sobre el rendimiento.

Tabla I. Rendimiento de resina de árboles de *Pinus pseudostrobus*.

Mes	Exposición		Sistema de resinación	
	Noroeste	Norte	Sistema francés	Sistema americano
Septiembre 2024	0.41±0.05 ^a	0.27±0.02 ^b	0.38±0.04 ^a	0.30±0.03 ^a
Octubre 2024	0.46±0.04 ^a	0.29±0.02 ^b	0.42±0.04 ^a	0.33±0.03 ^a
Noviembre 2024	0.48±0.04 ^a	0.39±0.04 ^a	0.50±0.05 ^a	0.37±0.04 ^a
Diciembre 2024	0.50±0.04 ^a	0.37±0.03 ^b	0.47±0.04 ^a	0.40±0.04 ^a
Enero 2025	0.58±0.05 ^a	0.46±0.04 ^a	0.53±0.05 ^a	0.51±0.05 ^a
Febrero 2025	0.58±0.05 ^a	0.50±0.04 ^a	0.57±0.04 ^a	0.51±0.05 ^a
Marzo 2025	0.68±0.06 ^a	0.50±0.04 ^b	0.60±0.06 ^a	0.58±0.05 ^a
Abril 2025	0.50±0.04 ^a	0.43±0.03 ^a	0.44±0.03 ^a	0.49±0.04 ^a
Abril 2025	0.50±0.04 ^a	0.43±0.03 ^a	0.44±0.03 ^a	0.49±0.04 ^a
Mayo 2025	0.35±0.04 ^a	0.21±0.02 ^b	0.32±0.04 ^a	0.24±0.03 ^a

Letras diferentes dentro de una columna para cada factor indican diferencias significativas (Tukey, 0.05). La media se reporta ± error estándar.

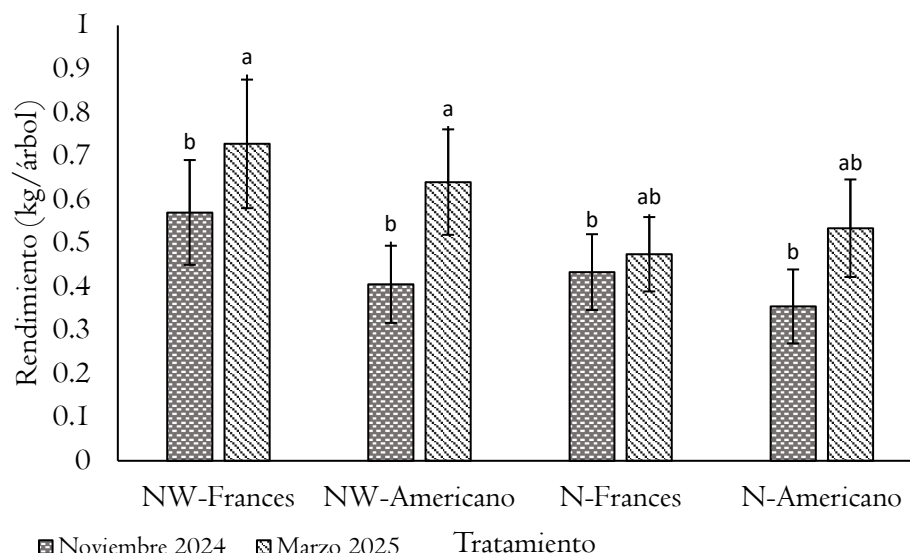


Figura I. Rendimiento de resina por exposición y tratamiento en *Pinus pseudostrobus*. Exposición: NW = noroeste, N = norte. Las líneas verticales sobre las barras de exposición indican el error estándar. Letras diferentes en la exposición indican diferencias significativas (Tukey, 0.05).

Conclusiones

La producción de resina presentó variaciones asociadas tanto a la exposición del sitio como a la temporalidad de evaluación. En términos generales, la exposición noroeste mostró los mayores rendimientos de resinación durante el periodo de estudio, particularmente en marzo de 2025, donde los tratamientos NW-francés y NW-americano alcanzaron los valores más altos de producción. Así mismo, aunque no se observaron diferencias estadísticas consistentes entre los sistemas de resinación, el sistema francés tendió a registrar valores promedio superiores en comparación con el sistema americano.

Referencias

Demko, J. & Machava, J. (2022). Tree Resin, a Macroergic Source of Energy, a Possible Tool to Lower the Rise in Atmospheric CO₂ Levels. *Sustainability*, 14(6), 3506. <https://doi.org/10.3390/su14063506>

Dvorak, W.S., Hodge, G.R. y Romero, J.L. (2002). Resultados de veinte años de investigación sobre el *Pinus tecunumanii* por la Cooperativa de CAMCORE. *Recursos Genéticos Forestales* 29. Roma, RM, Italia. <https://www.fao.org/3/y2316s/y2316s02.htm#bm02>

Gallo-Corredor, J.A., Sarria-Villa, R.A. y Palta-Angülo, J.C. (2012). Comparación de la producción resinera de dos especies de pino cultivadas en el municipio de Cajibío, departamento del Cauca, Colombia. *Journal de Ciencia e Ingeniería*, 4(1), 37-42.

Li, Y., Suontama, M., Burdon, R.D. & Dungey, H.S. (2017). Genotype by environment interactions in forest tree breeding: review of methodology and perspectives on research and application. *Tree Genetics & Genomes*, 13(60), 1-18. <https://doi.org/10.1007/s11295-017-1144-x>

López-Álvarez, Ó., Zas, R. & Marey-Perez, M. (2023). Resin tapping: A review of the main factors modulating pine resin yield. *Industrial Crops and Products*, 202, 117105.



<https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2023.117105>

Martínez-Chamorro, E. (2017). Revisión de las primeras experiencias de resinación en Galicia (1950-1970). *Recursos Rurais*, 12, 13-22. <https://doi.org/10.15304/rr.id4499>

Neis, F.A., de Costa, F., Fuller, T.N., de Lima, J.C., da Silva Rodrigues-Corrêa, K.C., Fett, J.P. & Fett-Neto, A.G. (2018). Biomass yield of resin in adult *Pinus elliottii* Engelm. tree is differentially regulated by environmental factors and biochemical effectors. *Industrial Crops and Products*, 118, 20-25. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.03.027>

Reyes-Ramos, A., Cruz-de León, J., Martínez-Palacios, A., Marc-Lobit, P.C., Ambríz-Parra, J.E. y Sánchez-Vargas, N.M. (2019). Caracteres ecológicos y dendrométricos que influyen en la producción de resina en *Pinus oocarpa* de Michoacán, México. *Madera y Bosques*, 25(1), e2511414. <https://doi.org/10.21829/myb.2019.2511414>

Rodrigues-Honda, K.C., de Olivera, J.C., de Lima, J.C., Waldow, V. de A., Rocha, F.S., Sausen, T.L., Bayer, C., Talamini, E. & Fett-Neto, A.G. (2023). Carbon Sequestration in Resin-Tapped Slash Pine (*Pinus elliottii* Engelm.) Subtropical Plantations. *Biology*, 12(2), 324. <https://doi.org/10.3390/biology12020324>

SAS Institute. (2022). *The SAS system for Windows user's guide*. Release 9.4 SAS Institute. Cary, NC. USA. Disponible en

<https://support.sas.com/en/documentation/install-center/94/installation-guide-for-windows.html>

Semarnat. (2011). *NOM-026-SEMARNAT-2005: Que establece los criterios y especificaciones técnicas para realizar el aprovechamiento comercial de resina de pino*. Diario Oficial de la Federación. Ratificada en 2011. Recuperado de <https://www.economia.gob.mx/files/dgn/revisionquinquenal/NOM-026-SEMARNAT-2005%20%282011%29.pdf>

Semarnat (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). (2016). *Anuario Estadístico de la Producción Forestal 2016*. Semarnat. Miguel Hidalgo, CdMx, México. 228 p. <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/282951/2016.pdf>

Sharma, S.C., Prasad, N., Pandey, S.K. & Giri, S.K. (2018). Status of Resin Tapping and Scope of Improvement: A Review. *Agricultural Mechanization in Asia, Africa and Latin America*, 49(3), 16-26.

Yi, M., Jia, T., Leiming, D., Lu, Z., Chunhui, L., Siyu, L. & Meng, L. (2021). Resin yield in *Pinus elliottii* Engelm. is related to the resin flow rate, resin components and resin duct characteristics at three locations in southern China. *Industrial Crops and Products*, 160, 113141. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2020.113141>



Densidad básica de especies forestales para proyectos de carbono

Basic density of forest species for carbon projects

Guadalupe Soledad Costumbre-Alonso^{1,§}, Gerardo Rodríguez-Ortiz², José Raymundo Enríquez-del Valle²,
Aaron Martínez-Gutiérrez², Ashmir Ambrosio-Lazo²

^{1,2}Estudiante, investigador, Tecnológico Nacional de México (TecNM). Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca. Ex hacienda de Nazareno, Xoxocotlán, Oaxaca. CP 71233. [§]Autor de correspondencia: (soledadcostumbre@gmail.com.mx).

Resumen

El objetivo fue estimar la densidad básica (DB) de la madera de especies de *Quercus* y otras latifoliadas para proyectos de carbono en San Pedro Yólox, Oaxaca. En 2025 se realizó inventario forestal del arbolado, donde se tomaron muestras de rodajas de *Quercus* y otras latifoliadas; en las muestras se estimó volumen fresco (VF) mediante la fórmula de Huber y peso seco (PS) después de secado en estufa para obtener la estimación de la densidad básica (DB = PS/VF). La DB se clasificó en niveles de dureza, los cuales se analizaron entre especies mediante una prueba de independencia (χ^2 , $\alpha = 0.05$). Los resultados mostraron que la dureza de la madera está estrechamente relacionada con la especie ($p \leq 0.0002$); *Quercus laeta* Liebm con 0.67 g cm^{-3} fue la que presentó mayor DB, mientras que las especies, *Alnus acuminata* Kunth. y *Saurauia scabrida* Hemsl. mostraron el menor valor (ambas con 0.39 g cm^{-3}). Es importante destacar que la DB promedio del género *Quercus* (0.63 g cm^{-3}) fue 12.6 % superior al de otras hojosas (0.50 g cm^{-3}). En cuanto a la clasificación, se encontró que la especie *Quercus* predomina en la clasificación del grupo con densidades altas con excepción de una latifoliada, mientras que la mayoría de las latifoliadas se concentraron principalmente dentro

de la densidad media. La determinación de la DB por especie es de gran relevancia ya que ofrece una mayor precisión en la estimación de los cálculos de biomasa y por ende estimaciones más precisas en los cálculos de los reservorios de carbono (C).

Palabras clave: latifoliadas, *Quercus*, peso seco, volumen fresco.

Abstract

The objective was to estimate the basic density (BD) of wood from *Quercus* species and other broadleaf trees for carbon projects in San Pedro Yólox, Oaxaca. In 2025, a forest inventory of the trees was conducted, during which slice samples of *Quercus* and other broadleaf trees were taken; fresh volume (FV) was estimated in the samples using Huber's formula, and dry weight (DW) was calculated after oven drying to obtain the BD estimate (BD = DW/FV). The BD was classified into hardness levels, which were analyzed among species using a test of independence (χ^2 , $\alpha = 0.05$). The results showed that wood hardness is closely related to the species ($p \leq 0.0002$); *Quercus laeta* Liebm., with 0.67 g cm^{-3} , had the highest BD, while *Alnus acuminata* Kunth. and *Saurauia scabrida* Hemsl. observed the lowest value (both with 0.39 g cm^{-3}). It is important to note that the average DW of the *Quercus* genus



(0.63 g cm^{-3}) was 12.6 % higher than that of other broadleaf trees (0.50 g cm^{-3}). Regarding the classification, we found that species belonging to the *Quercus* genus have a high density when compared to other broadleaf trees. With regard to the classification, it was found that the *Quercus* species predominated in the high-density group, with the exception of one broadleaf species, while most broadleaf species were concentrated primarily in the medium-density group. Determining the DB by species is of great importance because it provides greater accuracy in biomass estimates and, consequently, more precise estimates of carbon (C) stocks.

Index words: broadleaf trees, *Quercus*, dry weight, fresh volume.

Introducción

La densidad básica (*DB*) es considerada una variable elemental ya que cumple la función de ser un buen referente de calidad de la madera (Pimienta-de la Torre et al., 2018); además es un parámetro muy utilizado para calcular de forma rigurosa la biomasa arbórea contenida en ecosistemas forestales (Chan-Coba et al., 2022). En México existen diversas investigaciones sobre la vegetación de los ecosistemas en los que contemplan estudios sobre la composición, estructura y las diferentes especies que los conforman, sin embargo son escasas las investigaciones que incluyen a la *DB* (Chan-Coba et al., 2022; Esparza-Olguín et al., 2019; Pompa-García y Venegas-González, 2016). De acuerdo con Núñez-Eduardo (2007), la *DB* se puede encontrar y describir de las siguientes cuatro maneras: a) densidad verde, que posee la madera del árbol cuando se encuentra vivo, su utilidad se concentra en las estimaciones de las trozas para su transporte a los sitios en los que serán procesadas; b) densidad seca al aire se refiere a la asociación de manera natural entre el peso de la madera en condiciones ambientales y el volumen con respecto

a esas condiciones; c) densidad seca es la que expresa la afinidad entre el peso seco y el volumen verde de la madera libre de agua; y d) *DB*, la cual establece la asociación entre el menor peso de la madera secada en estufa a $105-110^{\circ}\text{C}$ y su volumen verde.

Esta última es muy necesaria para realizar los cálculos y transformaciones exactas de las existencias en volúmenes maderables que correspondan a su biomasa y por ende a la estimación de los reservorios de C que se encuentran en ellos. Cabe destacar que para el secuestro de C debe corresponder al crecimiento de la cubierta vegetal forestal (Mendizábal-Hernández et al., 2011; Ordóñez-Díaz et al., 2015), ya que para llevar a cabo su cuantificación se emplean ecuaciones alométricas con base a variables fáciles de medir al árbol como son la altura total, el diámetro a la altura del pecho (*DAP*) (Eker et al., 2017; Soto-Cervantes et al., 2025) y la *DB*. Es importante tomar en cuenta que existe una variabilidad en la *DB* de la madera, debido a distintos factores como son los contenidos de humedad que contiene las especies arbóreas, sumado a esto se debe considerar que no solo están sujetas a las condiciones ambientales sino también involucra los atributos propios de cada especie maderable (Rosales-Solórzano, 2019).

Esto implica estimar la *DB* de cada especie arbórea ya que en un inventario forestal de carbono los montos finales pueden ser mayores o menores debido a la dependencia de las densidades encontrada por especie, así también se contempla la densidad de árboles y las categorías diamétricas dentro del estrato (Lara-Arcidiácono et al., 2025).

Dada la relevancia que tiene la *DB* para realizar la cuantificación más precisa de la biomasa y el contenido de C en los ecosistemas forestales se han convertido en un referente de investigación para la planeación de proyectos de créditos de C (Soto-



Cervantes et al., 2025), durante el por ello el objetivo del presente estudio fue estimar la *DB* de especies arbóreas encontradas en el predio de San Pedro Yólox para ser empleadas en proyectos de C a futuro bajo la metodología de un estándar internacional.

Materiales y métodos

Para estimar la *DB* de las especies forestales de *Quercus* y otras latifoliadas encontradas en los bosques comunales de San Pedro Yólox, Oaxaca se llevó a cabo la colecta de muestras de rodajas de las especies encontradas en los sitios de muestreo durante el inventario realizado en el mes de septiembre de 2025. De cada especie se recolectaron tres rodajas con dimensiones de 4 a 6 cm de diámetro aproximadamente y 5 cm de largo; las muestras fueron guardadas en bolsas de papel e identificadas con los datos: especie, número de muestra, número de sitio y se transportaron al laboratorio de suelos del Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca (ITVO), donde se llevó a cabo la medición de cada una de las rodajas con la ayuda de un vernier digital de la marca Powerbuilt 647740M para la obtención del volumen verde (*VF*, cm³) utilizando la fórmula de Huber (Romahn-de la Vega y Ramírez, 2010):

$$VF = \frac{\pi}{4} \times d_m \times G \text{ [DGL. I]}$$

Donde: *VF*: volumen fresco de la rodaja (cm³), *G*: grosor de rodaja (cm), *d_m*: diámetro (cm)

Posteriormente las muestras fueron pesadas en la báscula de precisión marca VELAB para obtener el peso fresco (g) de cada una de las rodajas; al término del pesaje fueron secadas en la estufa de secado a una temperatura de 102° hasta que obtuvieran un peso seco (Ambrosio-Lazo et al., 2024). Finalmente, al tener el peso seco (g) se estimó la densidad básica (*DB*, kg m⁻³) por rodaja de cada especie mediante la fórmula:

$$DB = \left(\frac{PS}{VV} \right) \times 1000$$

Donde: *DB*: densidad básica de la madera del fuste (kg m⁻³), *PS*: peso seco (g), *VF*: volumen verde (cm³).

Se realizó la clasificación de las especies de acuerdo a su *DB* para determinar el grupo al que pertenece de acuerdo a los rangos establecidos en el Manual de transformación de la madera (Santiago-Puertas et al., 2013). Finalmente, con la ayuda del programa SAS 9.4 se aplicó la prueba de independencia (χ^2 , $\alpha = 0.05$) entre la *DB* y la especie arbórea.

Resultados y discusión

Se encontró una variación entre las especies evaluadas, la mayor *DB* se encontró en la especie *Quercus laeta* Liebm con un valor de 0.67 g cm⁻³, que presenta similitud con el valor promedio de *DB* reportado por Nájera-Luna (2005) con 0.68 g cm⁻³ para esta especie en bosques de el Salto, Durango; en contraste, las menores *DB* se encontraron en las especies *Alnus acuminata* Kunth. y *Saurauia scabrida* Hemsl. ambas con 0.39 g cm⁻³.

Existe una diferencia de 0.28 g cm⁻³ entre la especie con la mayor y la de menor *DB*. De manera general las especies del género *Quercus* presentaron una *DB* promedio de 0.63 g cm⁻³, mientras que en latifoliadas representa un valor promedio de 0.50 g cm⁻³, lo cual representa un diferencial de 0.13 g cm⁻³. Las *DB* observadas indican que la especie de *Quercus* predomina en el grupo de las densidades altas, mientras que las latifoliadas se concentran mayormente en densidades medias (Tabla I).

Existe una alta dependencia de la dureza en relación a la especie arbórea ($p = 0.0002$), de tal manera que el 33.3 % de la muestra fue de encinos



Tabla I. Clasificación de las densidades básicas encontradas por especie.

Especie	DB (g cm ⁻³)	Clasificación
<i>Alnus acuminata</i> Kunth.	0.39	Baja
<i>Saurauia scabrida</i> Hemsl.	0.39	Baja
<i>Oreopanax xalapensis</i> (Kunth) Decne. & Planch.	0.43	Media
<i>Salix paradoxa</i> Kunth.	0.44	Media
<i>Litsea glaucescens</i> Kunth.	0.45	Media
<i>Meliosma dentata</i> Liebm.	0.48	Media
<i>Cornus disciflora</i> Moc. & Sessé ex DC.	0.50	Media
<i>Arbutus xalapensis</i> Kunth	0.55	Media
<i>Garrya laurifolia</i> Benth.	0.57	Media
<i>Quercus affinis</i> Scheidw.	0.58	Media
<i>Quercus rugosa</i> Née.	0.58	Media
<i>Carpinus caroliniana</i> Walter.	0.59	Media
<i>Cercocarpus macrophyllus</i> C. K. Schneid	0.59	Media
<i>Quercus acutifolia</i> Née	0.61	Alta
<i>Quercus glaucescens</i> Bonpl.	0.62	Alta
<i>Quercus laurina</i> Bonpl.	0.63	Alta
<i>Myrsine juergensenii</i> (Mez) Ricketson & Pipoly	0.64	Alta
<i>Quercus crassifolia</i> Bonpl.	0.64	Alta
<i>Quercus corrugata</i> Hook. & Arn.	0.66	Alta
<i>Quercus obtusata</i> Bonpl.	0.66	Alta
<i>Quercus laeta</i> Liebm.	0.67	Alta

Elaboración propia basada en la clasificación del Manual de transformación de la madera (Santiago-Puertas et al., 2013).

con DB mayor de 0.61 g cm⁻³ (**Tabla 2**) esto concuerda con resultados reportados Silva-Arredondo y Nívar-Cháidez (2012) en árboles pertenecientes a la especie *Quercus* con una densidad que oscila entre los rangos de 0.61 a 0.86 g cm⁻³. Por otra parte, Pérez-Olvera y Dávalos-Sotelo (2008) registran rangos de la DB de esta especie de 0.579 a 0.767 g cm⁻³. Esto es muy importante determinar ya que al tener una densidad alta regularmente estas maderas tienden a tener mayor durabilidad (Santiago-Puertas et al., 2013), por lo cual se le puede asignar los usos tomado en cuenta sus características de dureza y durabilidad. En cuanto a su implementación para el cálculo de los reservorios de carbono ayuda a determinar la confiabilidad de los bonos totales obtenidos de C y comprueban el impacto positivo

de la implementación de los proyectos de C en la reducción del calentamiento global (Estrada-Chavira, 2022; Soto-Cervantes et al., 2025).

Las especies que corresponden a las hojosas se concentran principalmente en el grupo de las densidades medias (II especies), representado el 52.4 % del total de las especies evaluadas y solo una dentro de las densidades altas 4.8 % (**Tabla 2**); en contraste con los *Quercus* los cuales se concentran en la clasificación de densidades altas.

Leyva-Pablo et al., (2021) menciona que las especies del género *Quercus* y así como otras latifoliadas tienden a tener DB mayores que en consecuencia incrementan la biomasa aérea y los montos de C, a pesar de no haber una gran densi-



Tabla 2. Relación encontrada entre las densidades básicas y la especie a la que pertenecen

Especie	Clasificación de la DB			Total
	Baja (0.30 a 0.40 g cm ⁻³)	Media (0.41 a 0.60 g cm ⁻³)	Alta (0.61 a 0.75 g cm ⁻³)	
Encinos			7 (33.3)	7 (33.3)
Otras hojosas	2 (9.5)	11 (52.4)	1 (4.8)	14 (66.7)
Totales	2 (9.5)	11 (52.4)	8 (38.1)	21 (100)

DB = densidad básica, $\chi^2 = 17.0625$ ($p = 0.0002$). Los datos incluyen frecuencia absoluta (frecuencia relativa).

dad arbórea, lo cual impacta positivamente en la cantidad total de los bonos de carbono para ofertar en el mercado. Sin embargo para lograrlo implica la correcta selección del valor de la DB para la obtención de los montos de C eso debido a que se condiciona a la existencia de información de las especies arbóreas implicadas y el tipo de densidad a utilizar, ya que en diferentes estudios se han generados distintos datos, por lo cual se debe tomar en cuenta un valor de la DB más desarrollada para la obtención de cálculos precisos, esto se debe que al utilizar datos de valores encontrados en el duramen de la madera pueden sobrevalorar los contenidos de C en el inventario (Lara-Arcidiácono et al., 2025). Esto es importante ya que en la ejecución de proyectos de C bajo estándares internacionales como lo es la Reserva de la Acción Climática (CAR por sus siglas en inglés) y Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL), exigen mayor rigurosidad en sus metodologías para evitar una sobre estimación de los bonos de C finales ya que éstos fungen como instrumentos financieros ante el mercado internacional para su venta sea confiable y segura (Estrada-Chavira, 2022).

Conclusiones

La dureza de la madera está estrechamente relacionada con la especie; las especies del género *Quercus* predominaron en la clasificación de densidades altas 33.3 %, en contraste con las latifoliadas 52.4 % la mayoría en DB media. La especie con mayor densidad básica (DB) fue

Quercus laeta Liebm con 0.67 g cm⁻³, mientras que las especies, *Alnus acuminata* Kunth. y *Saurauia scabrada* Hemsl. mostraron el menor valor (ambas con 0.39 g cm⁻³). Se encontró que la DB promedio del género *Quercus* (0.63 g cm⁻³) fue 12.6 % superior al de otras hojosas (0.50 g cm⁻³). Es importante conocer la DB y su clasificación ya que por medio de ella y en conjunto con el uso de ecuaciones alométricas se pueden realizar cálculos confiables en la estimación de biomasa y contenidos de C en proyectos bajo estándares internacionales.

Referencias

- Ambrosio-Lazo, A., Rodríguez-Ortiz, G., Santiago-García, W., Ruiz-Luna, J., Velasco-Velasco, V. A. y Enríquez-del Valle, J. R. (2024). Biomasa aérea y carbono en el suelo en rodales de pino-encino bajo tratamientos silvícolas. *Madera y Bosques*, 30(2), e3022564.
<https://doi.org/10.21829/myb.2024.3022564>
- Chan-Coba, G., De Jong, B. H. J., González-Valdivia, N. A., López-Hernández, J. C., Morales-Ruiz, D. E., Venegas-Venegas, J. A., Reyes-Sosa, M., y Aryal, D. R. (2022). Densidad de madera de especies arbóreas dominantes de la selva tropical subperennifolia de Calakmul, México. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 9(3).
<https://doi.org/10.19136/era.a9n3.3386>



- Eker, M., Poudel, K. P., y Özçelik, R. (2017). Aboveground Biomass Equations for Small Trees of Brutian Pine in Turkey to Facilitate Harvesting and Management. *Forests*, 8(12), 477. <https://doi.org/10.3390/f8120477>
- Esparza-Olguín, L. G., Vargas-Contreras J. A., Martínez-Romero E., y Escalona-Segura G. (2019). Diversidad y biomasa de la selva circundante al Volcán de los Murciélagos, en Campeche, México. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 6(16), 79-90. <https://doi.org/10.19136/era.a6n16.1986>
- Estrada-Chavira, M. E. (2022). Evolución y controversias de los bonos de carbono en México. *Semestre Económico*, 11(1), 127-133. <https://doi.org/10.26867/se.2022.v11i1.132>
- Lara-Arcidiácono, R., Taraborelli, C., Ritter, L., Martínez-Pastur, G., y Cellini, J. M. (2025). Variaciones de la densidad de la madera: Implicaciones en el cálculo del carbono almacenado en capueras de Misiones, Argentina. *Madera y Bosques*, 31, e312650. <https://doi.org/10.21829/myb.2025.312650>
- Leyva-Pablo, T., De León-González, F., Etchevers-Barra, J. D., Cortés-Pérez, M., Santiago-García, W., Ponce-Mendoza, A., y Fuentes-Ponce, M. H. (2021). Almacenamiento de carbono en bosques con manejo forestal comunitario. *Madera y Bosques*, 27(4). <https://doi.org/10.21829/myb.2021.2742421>
- Mendizábal-Hernández, L. D. C., Alba-Landa, J., Márquez-Ramírez, J., Cruz-Jiménez, H., y Ramírez-García, E. O. (2011). Captura de carbono por *Cedrela odorata* L. en una prueba genética. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 2(4), 107-114. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v2i4.612>
- Nájera-Luna, J. A., Vargas, Z., Méndez-González, A. J., y Graciano-Luna, J. D. J. (2005). Propiedades físicas y mecánicas de la madera en *Quercus laeta* Liemb. de El Salto, Durango. *Ra Ximhai*, 1(3), 559-576. <https://doi.org/10.35197/rx.01.03.2005.07JN>
- Núñez-Eduardo, C. (2007). Relaciones de conversión entre densidad básica y densidad seca de madera. *Revista de Ciencia y Tecnología*, 9(1), 44-50.
- Ordóñez-Díaz, B. A. J., Galicia-Naranjo, A., Venegas-Mancera, N. J., Hernández-Tejada, T. Ordóñez-Díaz M. de J. y Dávalos-Sotelo, R. (2015). Densidad de 2015 las maderas mexicanas por tipo de vegetación con base en la clasificación de J. Rzedowski: compilación. *Madera y Bosques*, 21(Núm. esp.), 77-126.
- Pérez-Olvera, C. de la P., y Dávalos-Sotelo, R. (2008). Algunas características anatómicas y tecnológicas de la madera de 24 especies de *Quercus* (encinos) de México. *Madera y Bosques*, 14(3).
- Pimienta-de la Torre, D. de J., Robin-Etzamir, S. R., y Posada-Cruz S. (2018). Densidad básica de la madera de *Pinus ayacahuite* var. *veitchii* Shaw en Chiapas, México. *Avances en Investigación Agropecuaria*, 22(3).
- Pompa-García, M., y Venegas-González, A. (2016). Temporal Variation of Wood Density and Carbon in Two Elevational Sites of *Pinus cooperi* in Relation to Climate Response in Northern Mexico. *PLOS ONE*, 11(6), e0156782. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0156782>
- Romahn-de la Vega, C. F., y Ramírez, M. H. (2010). *Dendrometría*. Universidad Autónoma de Chapingo. México, DF, 312 <http://dicifo.chapingo.mx/pdf/publicaciones/dendrometria.pdf>



- Rosales-Solórzano, E. R. (2019). Ecuaciones de niveles de humedad relacionada a la densidad básica de la madera de especies forestales tropicales en Madre de Dios, Perú. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú*, 17(40). <https://doi.org/10.18845/rfmk.v17i40.4905>
- Santiago-Puertas, P., Guevara-Salnicov, C. L., Espinoza-Linares, M., L. (2013). *Manual de transformación de la madera*. Proyecto Utilización Industrial y Mercado de Diez Especies Maderables. AIDER & ITTO. Perú.
- Silva-Arredondo, F. M., y Návar-Cháidez, J. de J. (2012). Estimación de la densidad de madera en árboles de comunidades forestales templadas del norte del estado de Durango, México. *Madera y Bosques*, 18(1)
- Soto-Cervantes, J. A., Corral-Rivas-Martínez, J. J., Padilla-Martínez, J. R., y Vargas-Larreta, B. (2025). Estimation of carbon stocks in forests of Durango, Mexico, using two sampling protocols. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 31. <https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2024.10.048>



Actividad antimicrobiana de la changunga (*Byrsonima crassifolia* var. *acida*) de la región de la cuenca del Papaloapan

Antimicrobial activity of changunga (*Byrsonima crassifolia* var. *acida*) from the southeastern region

Alma Xochil Avila-Alejandre^{1§}, Aridaith Parra-Reyes¹, Tzvetanka Dinkova², Alejandro Hernández-López^{2,3}

¹Universidad del Papaloapan-Tuxtepec. Centro de Investigaciones Científicas (CIC). Instituto de Biotecnología. ²Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Química. ³LABIOTT. Jesús Carranza 12, colonia Universidad, Tuxtepec, Oaxaca México, 68336 [§]Autor de correspondencia: (axaa76@yahoo.com.mx).

Resumen

En Tuxtepec Oaxaca, México, existe una variedad semisilvestre y subutilizada de *Byrsonima crassifolia* de frutos ácidos, conocida como changunga, es utilizado como cerca viva o comercializado como leña, con escaso valor comercial y el estudio de sus propiedades bioactivas es escaso, aunque la población lo relaciona con propiedades medicinales. El objetivo de este trabajo fue determinar las propiedades antimicrobianas de extractos de hoja y corteza de changunga. Se emplearon tres disolventes diferentes para una extracción por agotamiento en polaridad descendente con el método de extracción asistido con ultrasonido y se analizó su actividad antimicrobiana por el método de Kirby Bauer y el contenido de fenoles totales y la actividad antioxidante mediante DPPH. Se observó que los extractos etanólicos, en particular de la hoja, mostraron una actividad antimicrobiana significativamente mayor comparada con los extractos diclorometánico y hexánico de hoja o corteza. Dicho extracto muestra una significativa actividad antioxidante (IC_{50} de $8.3 \pm 0.1 \mu\text{g mL}^{-1}$ en la hoja y de $11.5 \pm 0.3 \mu\text{g mL}^{-1}$ para la corteza) y un alto nivel de fenoles ($600 \mu\text{g mL}^{-1}$) y presuntamente diversos flavonoides. En la literatura todas estas características se asocian a la actividad antimicrobiana, como la decocción de

corteza que es asociada por la población con el tratamiento de enfermedades gastrointestinales.

Palabras clave: antimicrobianos, antioxidantes nanche.

Abstract

In Tuxtepec, Oaxaca, Mexico, there is a semi-wild and underutilized variety of *Byrsonima crassifolia* with acidic fruits, known as changunga. It is used as a living fence or sold as firewood, with little commercial value, and research on its bioactive properties is scarce, although the local population associates it with medicinal properties. The objective of this study was to determine the antimicrobial properties of changunga leaf and bark extracts. Three different solvents were used for downward polarity exhaustion extraction with ultrasound-assisted extraction. Antimicrobial activity was analyzed using the Kirby-Bauer method, and total phenol content and antioxidant activity were determined using the DPPH assay. Ethanolic extracts, particularly from the leaf, showed significantly greater antimicrobial activity compared to dichloromethane and hexane extracts of the leaf or bark. This extract shows significant antioxidant activity (IC_{50} of $8.3 \pm 0.1 \mu\text{g mL}^{-1}$ in the leaf and $11.5 \pm 0.3 \mu\text{g mL}^{-1}$ for the bark) and a high level of phenols ($600 \mu\text{g mL}^{-1}$) and presumably various flavonoids. In the literature, all these characteristics are associated with



antimicrobial activity, such as the bark decoction that is associated by the population with the treatment of gastrointestinal diseases.

Index words: antimicrobial, antioxidant nance.

Introducción

El nanche (*Byrsonima crassifolia* (L.) Kunth) es un árbol de la familia de las Malpigiáceas, distribuido en las zonas subtropicales de México. Representa una fuente de ingresos alternativa para las familias de las comunidades de Oaxaca, ya que su fruto dulce tiene un alto valor en el mercado. Las hojas y corteza del árbol han sido utilizadas en la medicina tradicional mexicana, para el tratamiento de diversas enfermedades como la diarrea, disentería, el flujo vaginal y estomatitis, entre otros (Hernández-López et al., 2022; Medina-Torres et al., 2012).

Adicionalmente al nanche, existe una variedad semi-silvestre de *Byrsonima* que posee frutos ácidos, conocida como changunga, de bajo valor comercial, y la cual es utilizada como cerco vivo, comercializado como leña o usado en bebidas refrescantes (Hernández-López et al., 2022). Al igual que el nanche, la changunga también posee propiedades medicinales, sin embargo, hasta el momento sus propiedades farmacológicas no se han estudiado a fondo. Por lo que en el presente trabajo se propuso profundizar en las propiedades antimicrobianas de extractos de hoja y corteza de la changunga frente a bacterias gram + (*B. thuringiensis*) y gram - (*Pseudomonas* spp., *Aeromonas* ssp. y *Escherichia coli*) así como el contenido fenólico total y la actividad antioxidante, a fin de estudiar aplicaciones para productos de valor agregado.

Materiales y métodos

Se colectaron las hojas y corteza del árbol de changunga (*B. crassifolia*), en Tuxtepec, Oaxaca (18.014107, - 96.166519). Ambos materiales se secaron mediante aire forzado (flujo de 0.0103 m³s⁻¹ por 48 h a 30 ± 2 °C). Se molieron y se tamizaron, con una criba de 6.5 hilos cm⁻¹ (0.5

mm) (Roldan-Sabino et al. 2018). Para la extracción asistida por ultrasonido (10 minutos a 50 Watts Sonicador Branson M2800 ®) se usó una relación 1:4 pv⁻¹ para la harina de hoja y para la corteza 1:3 pv⁻¹. El orden de los disolventes fue: hexano, diclorometano y etanol. En cada caso, la mezcla se sonicó se filtró y se concentró. Para el cálculo del rendimiento se usó: rendimiento (%) = (g de extracto seco obtenido/g de harina o bagazo) × 100.

La actividad antimicrobiana se realizó por el método de Kirby-Bauer (Bauer, 1966) usando sensi-discos, con 70 µl de solución stock (10 mg mL⁻¹ de etanol 95 %) del extracto de hoja o corteza correspondiente. Se utilizó Gentamicina (10 µg/disco), como control positivo y como control negativo etanol al 95 %. Las cepas de *Escherichia coli*, *Aeromonas* spp., *Pseudomonas* spp. y *Bacillus thuringiensis*, se reactivaron en medios *ad hoc*, previo al ensayo y se sembraron en un césped con 100 µL de solución de inóculo de cada bacteria ajustado 0.5 de OD₆₀₀. Los ensayos se realizaron por triplicado. Las cajas se incubaron de 24 a 36 h a 37 ± 0.5 °C (Bauer, 1966), posteriormente, se midió el diámetro (mm) de los halos de inhibición.

Para la caracterización fitoquímica se calcularon los fenoles totales con Folin-Ciocalteu, los resultados se reportan como equivalentes de ácido gálico. Los flavonoides se analizaron por TLC, con 10 mg mL⁻¹ del extracto etanólico en metanol, usando la fase móvil acetato de etilo-ácido fórmico-ácido acético glacial-agua (100 : 11 : 11 : 26). La actividad antioxidante del extracto con mejor actividad antimicrobiana se determinó sobre el radical DPPH (IC₅₀). El análisis de las diferencias del diámetro de los halos de inhibición se realizó mediante un análisis de varianza de una sola vía (Anova), donde se determinaron los mejores tratamientos mediante la prueba de Fisher con MINITAB 16.



Resultados y discusión

Los resultados del rendimiento de los extractos de corteza y hoja mostraron que el etanol fue un disolvente más eficiente para la obtención de sólidos (**Figura 1**). Con los extractos etanólicos, se obtuvo el 4.72 % para hoja y 2.31 % para la corteza, seguidos del extracto con diclorometano, 1.35 % de sólidos en hoja y 1.15 % en corteza y finalmente el hexano con 0.67 % y 1.15 % para hoja y corteza, respectivamente. La extracción con disolventes separa un compuesto a partir de una mezcla sólida o líquida, aprovechando las diferencias de solubilidad de los componentes de la mezcla, por lo que los rendimientos obtenidos son influenciados por el tipo de solvente (Soto-García & Rosales-Castro, 2016).

Los extractos etanólicos de hojas y corteza fueron los más eficaces contra las especies bacterianas empleadas (**Figura 2**). Para *E. coli*, los extractos etanólicos y de diclorometano de la corteza, mostraron un efecto similar a los de la hoja, mientras que el extracto hexánico fue

inactivo. En el caso de la exposición de *Aeromonas* spp. el mayor efecto inhibitorio ($p \leq 0.05$), se observó en el extracto etanólico, seguido del extracto hexánico ($p \leq 0.05$) y el extracto diclorometánico. Este efecto diferencial sugiere que los compuestos de polaridad intermedia y baja no inhiben el crecimiento en esta bacteria en particular.

En cuanto a *Pseudomonas* spp., se encontró que solo los extractos etanólicos afectan significativamente ($p \leq 0.05$) el crecimiento. Los extractos diclorometánico y hexánico no indujeron diferencias significativas ($p \geq 0.05$) con respecto del control negativo. Finalmente, para *Bacillus thuringiensis* en la hoja, se encontró que el extracto etanólico presentó un efecto mayor ($p \leq 0.05$), los extractos diclorometánico y hexánico no generaron halos de inhibición. De la misma manera, solo los extractos etanólicos de corteza inhibieron significativamente ($p \leq 0.05$), el crecimiento.

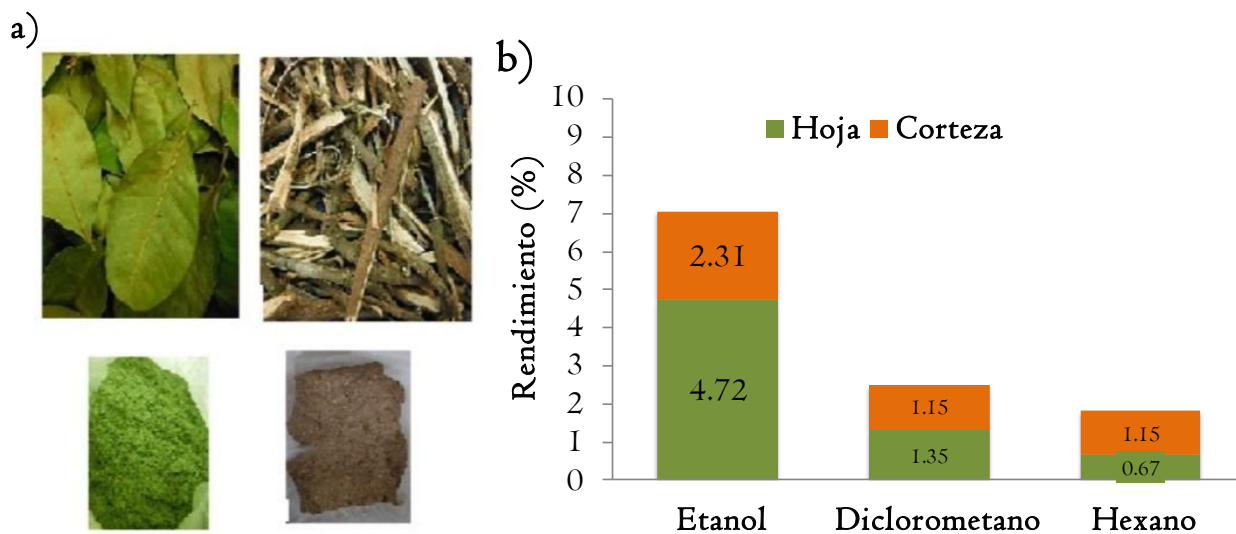


Figura 1. Rendimiento de extractos de hoja y corteza de changunga. a) Material utilizado; b) comparación del porcentaje de rendimiento de tres extractos de corteza y hoja de changunga, con respecto a la harina utilizada.

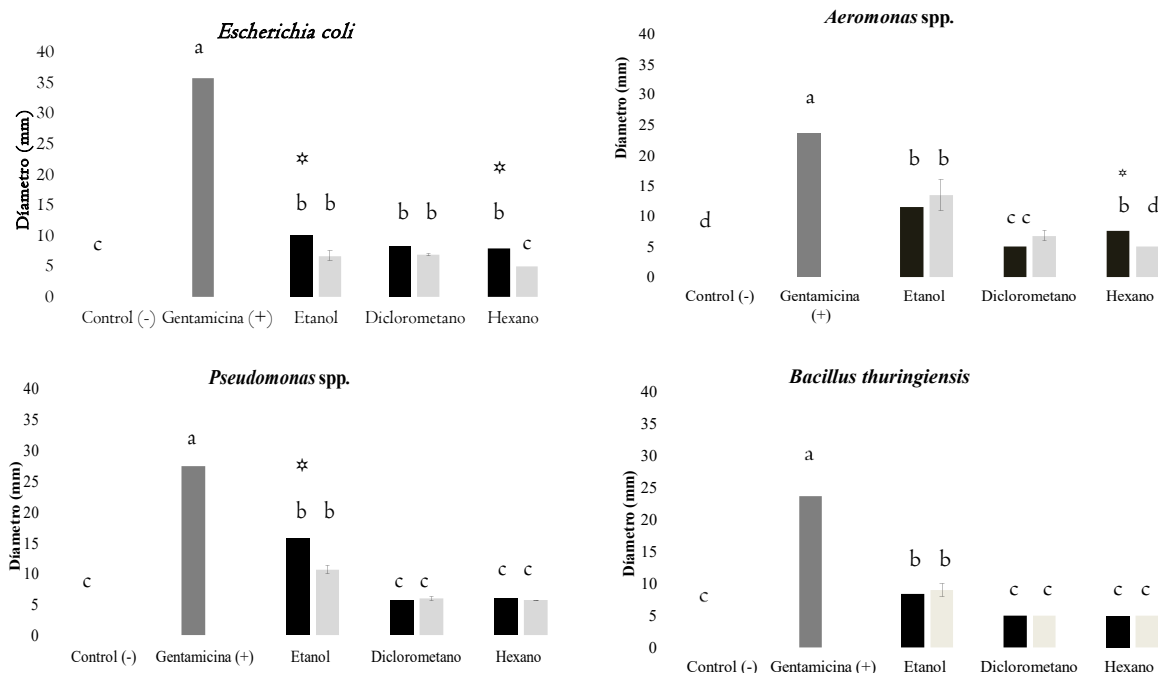


Figura 2. Efecto de la exposición de los diferentes extractos de hoja y corteza sobre el diámetro del halo de inhibición del crecimiento de diferentes bacterias. Letras diferentes indican diferencias significativas (Tukey, 0.05) de los extractos con respecto al control (-). Los (*) indican diferencias significativas (Tukey, 0.05) entre hoja y corteza del mismo solvente.

Se ha reportado que existe una correlación entre el potencial antioxidante y la actividad antibacteriana de una muestra (Ispiryan et al., 2024), por lo que se evaluó la reducción de DPPH para cada uno de los extractos. El mayor porcentaje de inhibición se obtuvo en los extractos etanólicos de hoja con el 64.25 ± 2.5 % de inhibición, y el de corteza con 63.90 ± 2.58 %, seguido del extracto hexánico con 21.76 ± 2.6 y 23.13 ± 2.48 para hoja y corteza, respectivamente; mientras que el extracto diclorometánico sólo alcanzó 7.82 ± 2.3 y 11.68 ± 1.3 % de inhibición. La IC_{50} de estos datos se calculó mediante Probit, para los extractos etanólicos, fue de $8.3 \pm 0.1 \mu\text{g mL}^{-1}$ en la hoja y de $11.5 \pm 0.3 \mu\text{g mL}^{-1}$ para la corteza. Estos valores son similares a los obtenidos por otros estudios, como Mariutti et al. (2014) quienes reportaron una IC_{50} de $10 \mu\text{g mL}^{-1}$ para el fruto y $1.82 \mu\text{g mL}^{-1}$ para hojas en la variedad dulce de nanche.

Estos resultados se relacionan con Michelin et al. (2008), quienes estudiaron la actividad

antimicrobiana contra bacterias Gram + y Gram – de los extractos metanólicos de las hojas de *B. fagifolia*, *B. basiliba* y *B. intermedia*, los cuales presentaron, flavonoides en dicho extracto. En los perfiles químicos identificaron: quercetina, galato de metilo, galato de (-)-epigallocatequina y quercetina-3-o-(2"-galloil)-a-L-arabinopiranosido. Lo anterior sugieren que la actividad antioxidante se relaciona con la actividad antimicrobiana en el género *Byrsonima*, debido a la presencia de flavonoides y compuestos fenólicos.

En el presente estudio, los extractos etanólicos que presentan la actividad antimicrobiana, mostraron altas concentraciones de compuestos fenólicos ($600 \mu\text{g mL}^{-1}$) y presencia de flavonoides en *B. crassifolia* variedad ácida (Tabla I). Estos metabolitos ya han sido mencionados en la literatura como un mecanismo de acción frente a las dianas bacterianas como lo son la pared celular, la membrana plasmática, inactivando enzimas y proteínas necesarias para la síntesis.



Tabla I. Posibles compuestos de la familia de los flavonoides localizados mediante valores de factor de retardo (Rf) como se visualizaron por cromatografía de capa fina (TLC).

Posible Compuesto	Rf (referencia)	Rf experimental
Isorhamnetina-rutinosyl-glucosido	0.2	0.16
Rutina	0.4	0.3
Isorhamnetina e isoquercetina	0.6-0.7	0.66-0.84
Ácido cafeico o quercetina	0.9	0.96

Conclusión

El extracto etanólico de la variedad ácida del nanche (changunga) tiene un alto potencial antioxidante, tanto en las hojas como en la corteza y éste podría estar relacionado con su actividad antimicrobiana. A pesar de su enorme potencial como recurso biotecnológico; es importante señalar que este tipo de recursos se establezcan en una industria de explotación sustentable.

Referencias

- Bauer, A.W., Kirby, W.M., Sherris, J.C., & Turck, M. (1966). Antibiotic Susceptibility testing by a standardized single disk method. *American Journal of Clinical Pathology*, 45(4), 493–496.
https://doi.org/10.1093/ajcp/45.4_ts.493
- Hernández-López, A., Roldán-Sabino, C., Parra-Reyes, A., y Ávila-Alejandre, A.X. (2022). Revisión del estudio etnobotánico, fitoquímico y farmacológico de *Byrsonima crassifolia* (L.) Kunth (Malpighiaceae). *Acta Agrícola y Pecuaria*, 8(1), 1-12.
<https://doi.org/10.30973/aap/2022.8.0081010>
- Ispiryan, A., Atkociuniene, V., Makstutiene, N., Sarkinas, A., Salaseviciene, A., Urbonaviciene, D., Viskelis, J., Pakeltiene, R. and Raudone, L. (2024). Correlation between Antimicrobial Activity Values and Total Phenolic Content/Antioxidant Activity in *Rubus idaeus* L. *Plants*, 13(4), 504.
<https://doi.org/10.3390/plants13040504>
- Mariutti, L., Rodrigues, E., Chisté, R. C., Fernandes, E., & Mercadante, A. Z. (2014). The amazonian fruit *Byrsonima crassifolia* effectively scavenges reactive oxygen and nitrogen species and protects human erythrocytes against oxidative damage. *Food Research International*, 64(1), 618–625.
<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2014.07.032>
- Medina-Torres, R., Caton, O. & Valdivia Bernal, R. (2012). Propiedades Medicinales y otros usos del Nanche *Byrsonima crassifolia* (L.) HBK. *Revista Fuente Nueva Época*, 4(11), 16-22.
<http://aramara.uan.mx:8080/bitstream/123456789/900/1/Propiedades%20Medicinales%20y%20otros%20usos%20del%20Nanche.pdf>
- Michelin, D. C., Sannomiya, M., Figueiredo, M. E., Rinaldo, D., Santos, L. C. D., Souza-Brito, A. R., Wagner, V., & Salgado, H. (2008). Antimicrobial activity of *Byrsonima* species (Malpighiaceae). *Revista Brasileira de Farmacognosia*, 18, 690-695.
- Roldan-Sabino, C., Viñas, O., Parra, A., Galero, N.X., Avila, A.X. and Hernández-López, A. (2018). Effect of Sonication and Pressing on Recovery of Compounds with Antioxidant Activity from Leaves and Bark of *Byrsonima crassifolia*. *Journal of Bioengineering and Biomedicine Research*, 2(3), 1-8.
<http://cmibq.org.mx/jbbr/index.php/library>
- Soto-García, M. & Rosales-Castro, M. (2016). Efecto del solvente y de la relación masa/solvente, sobre la extracción de compuestos fenólicos y la capacidad antioxidante de extractos de corteza de *Pinus durangensis* y *Quercus sideroxylla*. *Maderas Ciencia y Tecnología*, 18(4), 701-714.



Revista Mexicana de Agroecosistemas
Vol. 13 (Suplemento 2), 2026, 20 - 22 de mayo 2026, ISSN: 2007-9559
III Congreso Internacional de Agroecosistemas

<https://dx.doi.org/10.4067/S0718-221X2016005000061>



Efecto herbicida del extracto de *Byrsonima crassifolia* (L.) Kunth y su posible relación con la vía TOR

Herbicidal effect of *Byrsonima crassifolia* (L.) Kunth extract and its possible relationship with the TOR pathway

Alejandro Hernández-López^{1,2}, Avila-Alejandre Alma Xochil³, Tzvetanka D. Dinkova^{4,5}

¹SECIHTI. Posdoctorado por México. ²LABIOTT. Jesús Carranza 12, colonia Universidad, Tuxtepec, Oaxaca México, 68336. ³Universidad del Papaloapan, Circuito central 200, Parque Industrial Tuxtepec, Oaxaca, México. ⁴UNAM. Facultad de Química. Departamento de Bioquímica. 04510, CDMX. ⁵ Autor de correspondencia: (cesy@unam.mx).

Resumen

Los herbicidas de síntesis química (*HSQ*) generan toxicidad en humanos y resistencia en malezas, recientemente, los compuestos naturales con actividad herbicida se han perfilado como una alternativa. Se observó una inhibición del crecimiento de la maleza bajo las copas de los árboles de *Byrsonima crassifolia* (Bc), (changunga) una variedad sub-aprovechada de fruto ácido y por lo tanto se propuso evaluar su posible uso como un herbicida. Al estimar la abundancia esta especie arbórea se localizó principalmente en zonas periféricas. Los análisis fitoquímicos en el extracto etanólico de *Byrsonima crassifolia* (EEHBc) confirmaron un contenido alto de compuestos antioxidantes (fenoles y flavonoides). El EEHBc inhibió la germinación de *Brachiaria brizantha* con 10 y 100 ppm, de manera dosis-dependiente, mientras que el H₂O₂ induce la germinación por lo que se propone que la actividad antioxidante puede estar relacionada con la vía de TOR, donde el elemento PTEN es susceptible de regulación por desbalance oxido-reductivo. En este trabajo se demuestra que el extracto etanólico de *B. crassifolia* (EEHBc) tiene un potencial como herbicida natural.

Palabras clave: antioxidantes, bioherbicida, germinación, vía de señalización de TOR.

Abstract

Synthetic chemical herbicides (*SCHs*) can cause toxicity in humans and resistance in weeds. Recently, natural compounds with herbicidal activity have emerged as an alternative. Inhibition of weed growth was observed under the canopies of *Byrsonima crassifolia* (Bc) (changunga) trees, an underutilized variety with acidic fruit, leading to the proposal of evaluating its potential use as a herbicide. Estimating the abundance of this tree species revealed it was found mainly in peripheral areas. Phytochemical analyses of the ethanolic extract of *Byrsonima crassifolia* (EEHBc) confirmed a high content of antioxidant compounds (phenols and flavonoids). EEHBc inhibited the germination of *Brachiaria brizantha* at 10 and 100 ppm in a dose-dependent manner, while H₂O₂ induced germination. Therefore, it is proposed that the antioxidant activity may be related to the TOR pathway, where the PTEN element is susceptible to regulation by redox imbalance. This work demonstrates that the ethanolic extract of *B. crassifolia* (EEHBc) has potential as a natural herbicide.

Index words: antioxidant, bioherbicide, germination, TOR signaling pathway.



Introducción

Los herbicidas de síntesis química (*HSQ*), son importantes en la agricultura extensiva, tienen múltiples mecanismos de acción y generan un desbalance REDOX en las células (Traxler et al., 2023). Las EROS son elementos de señalización que participan en la germinación (Oracz & Karpiński, 2016), latencia, crecimiento, diferenciación, estrés biótico y abiótico (Miransari & Smith, 2014; Luján-Soto & Dinkova, 2021) pero deben mantener su nivel controlado.

Los *HSQ* generan toxicidad en humanos y resistencia en malezas (Dayan et al., 2014), lo que estimula la búsqueda de compuestos naturales con actividad herbicida. En este sentido, nuestro grupo de trabajo (comunicación personal, Hernández-López, 2021) documentó la inhibición del crecimiento de la maleza bajo las copas de los árboles de una variedad ácida subaprovechada de *Byrsonima crassifolia* (Bc), esta especie mostró actividad antimicrobiana y es rica en antioxidantes (Hernández-López et al., 2022; Roldan-Sabino et al., 2018). Un ensayo piloto sugirió que, el EEHBc inhibe la germinación y el desarrollo temprano en Bb. En la germinación y crecimiento temprano, la vía de la fosfatidil inositol 3 cinasa-target of rapamycin (IP3K-TOR) regula la expresión de genes del ciclo celular (Rexin et al., 2015), a su vez, es regulada por la inositol fosfatasa, PTEN, que es sensible a desbalance REDOX (Jia et al., 2019; Urueta-Cuellar et al., 2010). El objetivo fue, corroborar el efecto herbicida del EEHBc sobre el crecimiento temprano de Bc como modelo de maleza y determinar si participa la vía de TOR, así estimar la abundancia de la especie en el municipio de estudio, considerando una explotación sustentable.

Materiales y métodos

Se realizó un transecto geolocalizado, se colectaron 300 g/árbol de hojas de Bc en Tuxtepec, Oaxaca. El EEHBc se obtuvo por UPAE (Roldan-Sabino et al., 2018). Se cuantificó el contenido de fenoles totales (CFT) por Folin-Ciocalteu expresado

como μ equivalentes de ácido gálico (μ gEA mg^{-1}). Los compuestos antioxidantes se caracterizaron por cromatografía en capa fina (CCF) a partir del EEHBc (10 mg mL^{-1}) con la fase móvil: acetato de etilo: ácido fórmico: ácido acético: agua (100 : 11 : 11 : 26), Para los ensayos de germinación, lotes de 20 semillas de Bc (Verasem©, Ver.) se expusieron a 0, 5, 10 y 100 ppm de EEHBc usando Tween80 como adyuvante ó 100, 10, 1 y 0.1 mM de H_2O_2 , o agua como control, en cajas Petri ($n = 1200$ semillas) en oscuridad a 29 ± 1 °C, se registró el porcentaje de germinación acumulada (GA %) por siete días posteriores al inicio de la imbibición (DPII). Los resultados se analizaron mediante Anova (MINITAB 17©).

Se realizaron alineamientos con BLAST (NCBI, USA) de secuencias de elementos de la vía TOR en monocotiledóneas y se diseñaron oligonucleótidos para regiones altamente conservadas mediante PRIMER 3 PLUS. Se aisló el ARNm plántulas de Bc de 6 DPII con TRIZOL. Se realizó la retrotranscripción con el kit IMPROM II y la qPCR (7500 de Applied Biosystems®) con SYBER GREEN®.

Resultados y discusión

Los árboles de Bc ácido son más abundantes en terrenos baldíos de la periferia del municipio, mientras que en los lotes fincados no se conserva esta especie (Figura 1b). En el monitoreo en las colonias incluidas (Figura 1a), los propietarios afirmaron la intención de talar los árboles de Bc por tener frutos ácidos, en cuanto pudieran construir. Este fenómeno de desplazamiento urbano afecta a muchas especies nativas (Barros et al., 2022).

El CFT está entre 280 y 350 μ gEA mg^{-1} (Figura 2), valores similares a los reportados por nuestro grupo (Hernández López et al., 2022; Roldan-Sabino et al., 2018) y por Camarena-Tello et al. (2018) en hojas de guayaba (374 μ gEA mg^{-1}), son mayores a los de tomillo, albaca o salvia



(31.7, 21.5 y 38.7 $\mu\text{gEA mg}^{-1}$, respectivamente) cuantificados por Vlaicu et al. (2022), por lo que EEHBc se considera una fuente de compuestos antioxidantes.

La caracterización fitoquímica por CCF del EEHBc, identificó tentativamente flavonoides, con actividad antioxidante reconocida, mediante Factor de Retardo (Rf) con la fase móvil mencionada (Figura 3c).

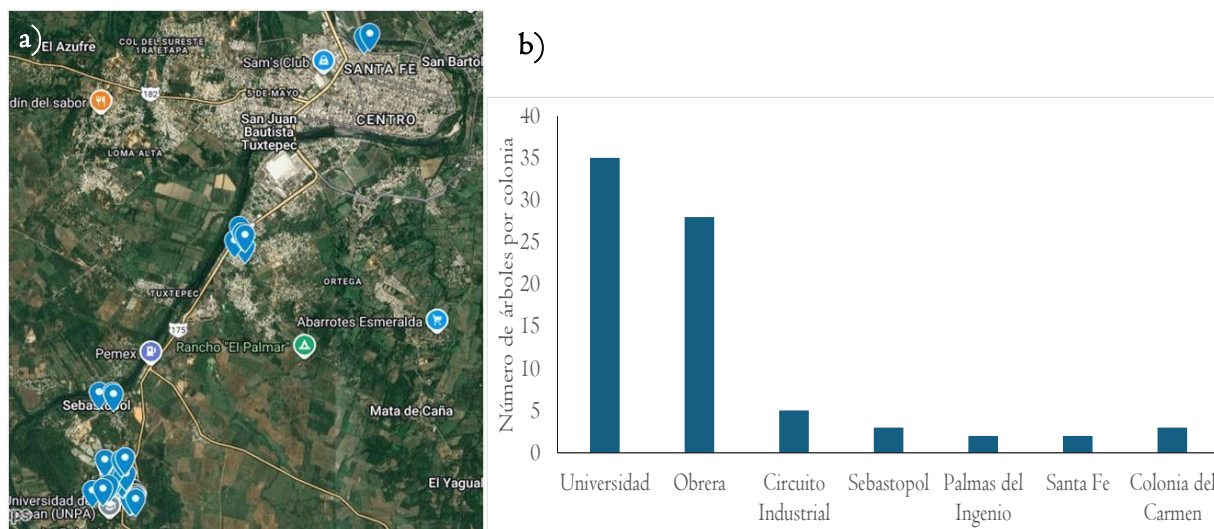


Figura 1. Estimación de la abundancia de *Byrsonima crassifolia*. a) Abundancia en el área del muestreo. b) número absoluto de árboles por colonia.

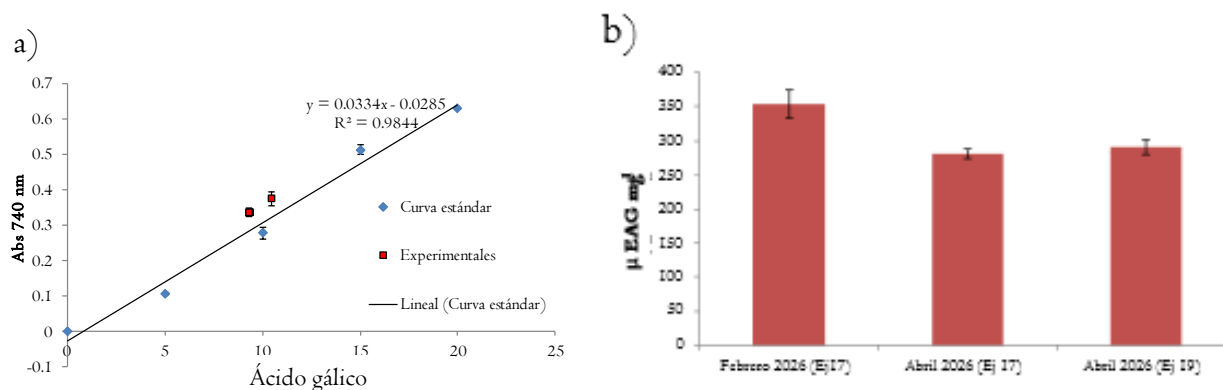
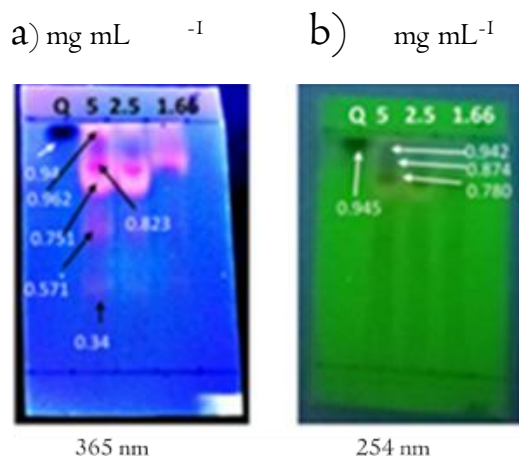


Figura 2. Cuantificación de fenoles totales. a) Valores experimentales (■), con respecto a los valores de curva estándar (◆), b) contenido de fenoles en tres muestras al azar.



c)

Compuesto al que pertenece la banda	Rf365nm	Potencial Compuesto	Rf 254nm	Potencial Compuesto
Extracto etanólico de <i>B. crassifolia</i>	0.962	Quercetina	0.942*	Quercetina
	0.823*	ND	0.874	ND
	0.751	Isorhamnetina e Isoquercetina	0.780	Isorhamnetina
	0.571			
	0.34*	-		

Figura 3. Identificación tentativa de flavonoides por CCF usando 5, 2.5 y 1.66 kg m⁻³ de EEHBc. a) CCF a UV 365 nm, b) CCF a UV a 254 nm, c) flavonoides (Rf tentativo). (Q): quercetina. ND: no determinado.

El GA (%) del control tiene un comportamiento diferencial ($p \leq 0.05$) dependiente del volumen de agua desde el 3 DPII, estas diferencias se mantienen hasta el día final. El H₂O₂ incrementó el %GA inducido por estrés oxidativo (Chu et al., 2022; Wojtyla et al., 2016), desde el 2 DPII para 7.5 y 5 mL versus el control solo hasta el 7 DPII en 7.5 mL (**Figura 4**). En cambio, el EEHBc inhibe el GA (%) al 6 DPII en 3.5 y 5 mL (**Figura 5**). Entonces, mientras que el H₂O₂ promueve la germinación, el extracto rico en

antioxidantes, la inhibe. Lo anterior sugiere una regulación de la germinación mediante la proteína PTEN, que es sensible al desbalance oxidoreductivo y a su vez, regula la vía de señalización TOR (Jia et al., 2019). Estos resultados muestran el potencial herbicida del EEHBc, ya que inhibe la germinación significativamente desde 100 ppm, mientras que para el extracto de *Plagiochasma appendiculatum* se requieren 1000 ppm (Kabdal et al., 2026) o 200 ppm para *Landoltia punctata* (Dan et al., 2022).

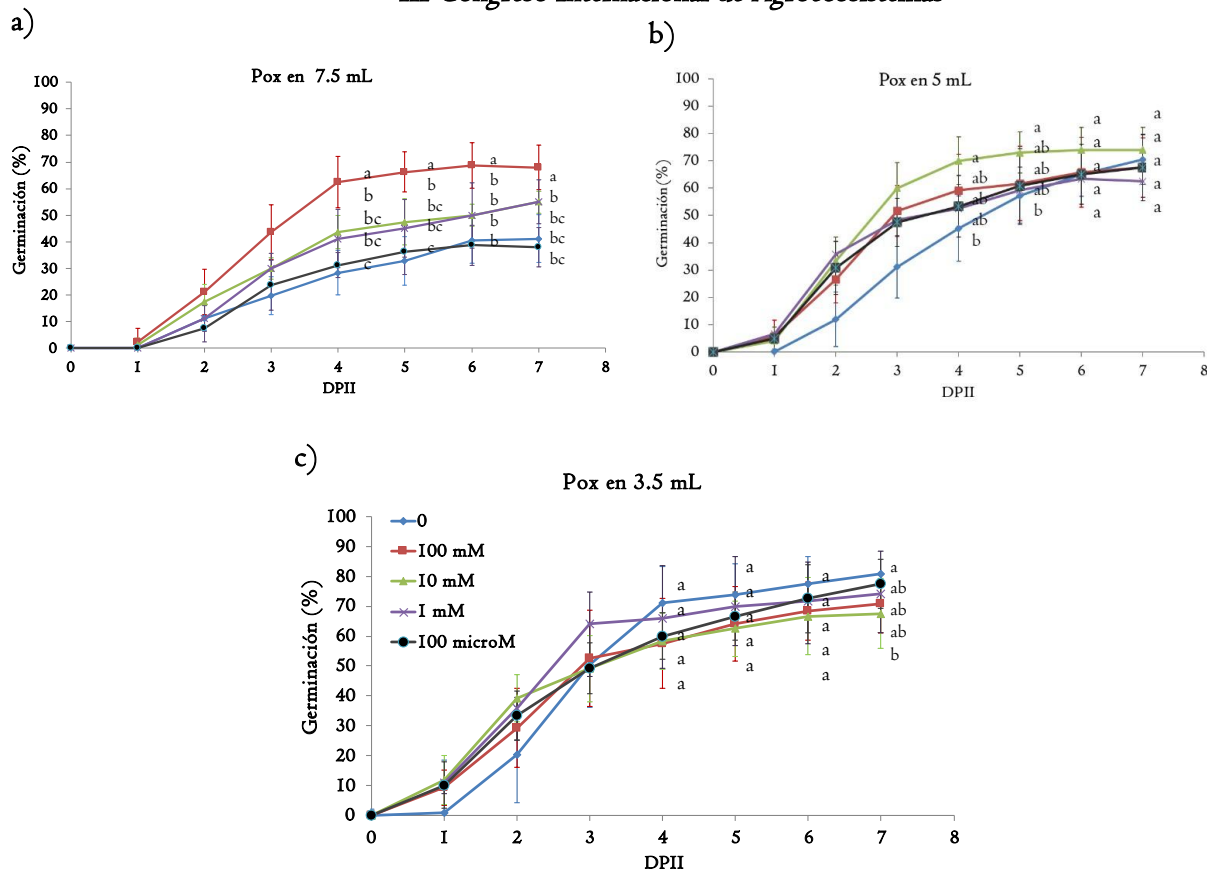


Figura 4. Efecto del H_2O_2 (0, 100, 10, 1 y 0.1 mM) sobre la germinación a diferentes volúmenes de imbibición. a) 7.5 mL, b) 5 mL o c) 3.5 mL por 7 DPII. Letras iguales en la misma curva no muestran diferencias significativas ($p \geq 0.05$).

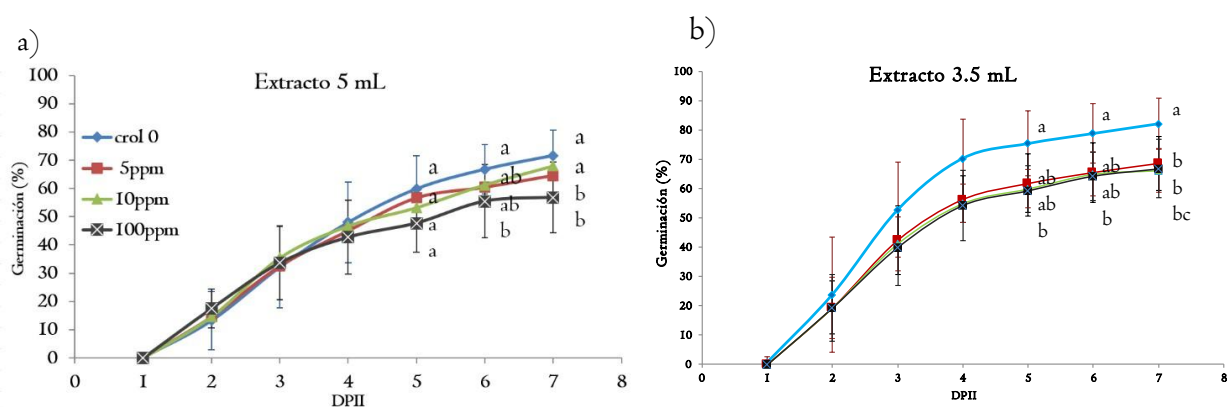


Figura 5. Efecto de diferentes concentraciones EEHBc (0, 5, 10 y 100 ppm) sobre la germinación de Bc imbibidos con: a) 5 mL o b) 3.5 mL de agua. Letras iguales en la misma curva no muestran diferencias significativas ($p \geq 0.05$).



Tabla I. Resultados de la detección de genes de la vía TOR.

Gen	Oligos	Muestra (ARN)	Ct declarado	Tm	Nº de picos de Melt
Raptor	RAPTUfu	Ufu	Positivo	30.5	1
vps	vpsUfu	Ufu	Positivo	27.61	1
PTEN	PTENUfu	Ufu	Positivo	33.7	1
rpS6	rpS6Ufu	Ufu	Positivo	24	1
TOR	Torufu	Ufu	Positivo	29.17	1
S6k	S6kUfu	Ufu	Positivo	26.7	1

Para sustentar que la vía de TOR está involucrada en este proceso, se buscó la presencia de los genes de la vía de TOR, los cuales resultaron positivos en la qPCR y dieron un solo producto (Tabla I). El genoma de *B. brizantha*, dio positivo a los elementos de la vía de TOR como VPS, PTEN, la misma TOR, RAPTOR, S6 y S6k. En todos los casos se obtuvo un solo producto.

Conclusiones

El EEHBc inhibe la germinación de *Byrsonima crassifolia* (L.) Kunth de manera dosis-dependiente, actuando como una alternativa herbicida natural rica en antioxidantes. La investigación detectó elementos de la vía de señalización TOR como la fosfatasa PTEN en semillas de *B. brizantha*, sugiriendo que el extracto podría regular el desarrollo temprano de la maleza al modificar el balance REDOX. Los resultados plasmados en este escrito se suman a lo ya descrito por nuestro grupo en anteriores trabajos y que posicionan a la especie Bc variedad ácida, como un recurso con potencial biotecnológico susceptible de explotación comercial. Sin embargo, es necesario sentar las bases de un cultivo sostenible, para evitar la sobre explotación, debido a que la mancha urbana ha desplazado a esta especie hacia la periferia del municipio.

Referencias

Barros, R. R., Mara, Sa. L., Bered, C. (2022). Urbanization driving changes in plant species

and communities—A global views. *Global Ecology and Conservation*, 38(1), e02243, <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2022.e02243>.

Camarena-Tello, J.C., Martínez-Flores, H.E., Garnica-Romo, M.G., Padilla-Ramírez, J.S., Saavedra-Molina, A., Álvarez-Cortes, O., Bartolomé-Camacho, M.C., & Rodiles-López, J.O. (2018). Quantification of Phenolic Compounds and *In Vitro* Radical Scavenging Abilities with Leaf Extracts from Two Varieties of *Psidium guajava* L. *Antioxidants*, 7(3), 34. <https://doi.org/10.3390/antiox7030034>

Chu, C., Poore, R.C., Bolton, M.D., Fugate, K.K. (2022). Mechanism of Sugarbeet Seed Germination Enhanced by Hydrogen Peroxide. *Frontier in Plant Science* 25(13), 888519. <http://doi.org/10.3389/fpls.2022.888519>

Dan, L., Peng, L., Zhiqiang, Y., Na, L., Lunguang, Y., & Lingling, C. (2022). Allelopathic inhibition of the extracts of *Landoltia punctata* on *Microcystis aeruginosa*. *Plant Signaling & Behavior*, 17(1), 2058256. <https://doi.org/10.1080/15592324.2022.2058256>

Dayan, F.E., Cantrell, C.L., & Duke, S.O. (2014). Natural compounds as next-generation herbicides. *Plant Physiology*, 166(3), 1090-1105. <https://doi.org/10.1104/pp.114.239061>

Hernández-López, A., Roldán-Sabino, C., Parra-Reyes, A., Ávila-Alejandre, A.X. (2022). Revisión del estudio etnobotánico, fitoquímico y farmacológico de *Byrsonima crassifolia* (L.)



- Kunth (Malpighiaceae). *Acta Agrícola y Pecuaria*, 8(1), 1-12.
<https://doi.org/10.30973/aap/2022.8.0081010>
- Jia, Q., Kong, D., Li, Q., Sun, S., Song, J., Zhu, Y., Liang, K., Ke, Q., Lin, W., & Huang, J. (2019). The Function of Inositol Phosphatases in Plant Tolerance to Abiotic Stress. *International Journal of Molecular Sciences*, 20(16), 3999.
<https://doi.org/10.3390/ijms20163999>
- Kabdal, T., Prakash, O., Singh, S., Arya, S., Kumar, R., Dubey, S. K., Chaturvedi, P., & Kumar, S. (2026). Green Solutions With *Plagiochasma appendiculatum*: Nutraceutical and Pesticidal Potentials. *Chemistry & Biodiversity*, 23(3), e02977.
<https://doi.org/10.1002/cbdv.202502977>
- Luján-Soto, E. & Dinkova, T. D. (2021). Time to Wake Up: Epigenetic and Small-RNA-Mediated Regulation during Seed Germination. *Plants*, 10(2), 236.
<https://doi.org/10.3390/plants10020236>
- Miransari, M. & Smith, D.L. (2014). Plant hormones and seed germination. *Environmental and Experimental Botany*, 99, 110–121.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.envexpbot.2013.11.00>
- Oraz, K. & Karpiński, S. (2016). Phytohormones Signaling Pathways and ROS Involvement in Seed Germination. *Frontiers in Plant Science*, 7, 864.
<https://doi.org/10.3389/fpls.2016.00864>
- Rexin, D., Meyer, C., Robaglia, C. & Veit, B. (2015). TOR signalling in plants. *The Biochemical Journal*, 470(1), 1–14.
<https://doi.org/10.1042/BJ20150505>
- Roldan-Sabino, C., Viñas, O., Parra, A., Galero, N.X., Avila, A.X., Hernández, A. (2018). Effect of Sonication and Pressing on Recovery of Compounds with Antioxidant Activity from Leaves and Bark of *Byrsonima crassifolia*. *Journal of Bioengineering and Biomedicine Research*, 2(3), 1-8.
<http://cmibq.org.mx/jbbr/index.php/library>
- Traxler, C., Gaines, T. A., Küpper, A., Luemmen, P., & Dayan, F. E. (2023). The nexus between reactive oxygen species and the mechanism of action of herbicides. *The Journal of Biological Chemistry*, 299(11), 105267.
<https://doi.org/10.1016/j.jbc.2023.105267>
- Urueta-Cuéllar, H., Albores, M., Aguilar, R., & Sánchez de Jiménez, E. (2010). Efecto protector de los polifenoles ante el daño provocado por especies reactivas de oxígeno en maíz (*Zea mays* L.). *TIP Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas*, 13(1), 5-15.
<https://doi.org/10.22201/fesz.23958723e.2010.1.30>
- Vlaicu, P.A., Untea, A.E., Turcu, R.P., Saracila, M., Panaite, T. D., & Cornescu, G. M. (2022). Nutritional Composition and Bioactive Compounds of Basil, Thyme and Sage Plant Additives and Their Functionality on Broiler Thigh Meat Quality. *Foods*, 11(8), 1105.
<https://doi.org/10.3390/foods11081105>
- Wojtyla, Lechowska, K., Kubala, S., Garnczarska, M. (2016). Different Modes of Hydrogen Peroxide Action During Seed Germination. *Frontiers in Plant Science*, 4(7), 66.
<http://10.3389/fpls.2016.00066>



Tecnología de secado por aspersión y liofilización de compuestos funcionales en guayaba y espirulina para aplicaciones agroalimentarias en la preparación de bebidas funcionales

Spray-drying and freeze-drying technologies of functional compounds from guava and spirulina for food applications in the preparation of functional beverages

Karla Vanessa Baleón-Ortega¹, Francisco Humberto Ortiz-Salazar¹, Mariana Delgadillo-Díaz², Elida Gastélum-Martínez¹, Ángeles Sánchez-Contreras^{1§}

¹Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, A.C. Mérida, Yucatán, México. ²Universidad Marista de Mérida. Escuela de Ciencias de la Salud. Mérida, Yucatán, México. [§]Autor de correspondencia: (msanchez@ciatej.mx)

Resumen

La valorización de productos alimentarios subutilizados constituye una estrategia clave para impulsar la innovación agroindustrial y el desarrollo de alimentos funcionales. En este estudio se evaluó la tecnología de secado y microencapsulación aplicada a formulaciones de guayaba (*Psidium guajava* L.), fruta tropical con alto potencial antioxidante, y de espirulina (*Arthrospira* spp.), cianobacteria rica en proteínas, combinadas con suero de leche y β -ciclodextrina (agente encapsulante). Se emplearon liofilización y secado por aspersión, obteniendo rendimientos superiores al 66 % en las formulaciones microencapsuladas, con parámetros estables de pH (3.9–4.1) y conductividad (0.53–0.58 mS). La guayaba fresca mostró una inhibición de DPPH cercana al 94%, mientras que las formulaciones encapsuladas conservaron entre 76–87 % de actividad antioxidante. La incorporación de β -ciclodextrina mejoró la solubilidad y estabilidad de los compuestos bioactivos, mientras que la espirulina aportó proteína soluble. Los resultados evidencian que la integración de frutas y cianobacterias subutilizadas, junto con tecnologías de encapsulación, constituye una vía innovadora para la valorización agroalimentaria y el desarrollo

de prototipos nutraceuticos estables con potencial de transferencia industrial.

Palabras clave: *Arthrospira* spp., bebidas funcionales, *Psidium guajava* L., secado por aspersión.

Abstract

Valorization of underutilized food products is a key strategy to foster agro-industrial innovation and the development of functional foods. This study assessed drying and microencapsulation technologies applied to formulations of guava (*Psidium guajava* L.), a tropical fruit with high antioxidant potential, and spirulina (*Arthrospira* spp.), a protein-rich microalga, combined with whey protein and β -cyclodextrin as the encapsulating agent. Freeze-drying and spray-drying were employed, yielding microencapsulated formulations with yields above 66 %, stable pH (3.9–4.1), and conductivity (0.53–0.58 mS). Fresh guava exhibited approximately 94 % DPPH inhibition, while encapsulated formulations retained 76–87 % antioxidant activity. The incorporation of β -cyclodextrin enhanced the solubility and stability of bioactive compounds, whereas spirulina contributed significant soluble



protein. These findings highlight that integrating underutilized fruits and microalgae with encapsulation technologies offers an innovative pathway for agri-food valorization and supports the development of stable nutraceutical prototypes with potential for industrial transfer.

Index words: *Arthrospira* spp., functional beverages, *Psidium guajava* L., spray drying.

Introducción

En el sureste de México, la guayaba (*Psidium guajava* L.) se cultiva en sistemas mixtos con cítricos y hortalizas y se comercializa principalmente fresca, valorándose su elevado contenido de vitamina C, fibra y compuestos fenólicos. Sin embargo, su transformación industrial es limitada, lo que ocasiona pérdidas postcosechas por la sobremaduración de los frutos. Por ello, resulta prioritario impulsar la valorización de productos agroalimentarios que conserven sus propiedades, mediante el desarrollo de formulaciones nutraceuticas innovadoras (Emam et al., 2025; Suárez-Toledo et al., 2022).

Paralelamente, el sureste se perfila como un polo biotecnológico para la producción de cianobacterias, como la espirulina (*Arthrospira* spp.), con proyectos académicos y privados que emplean sistemas de cultivo en estanques abiertos, favorecidos por su clima cálido, alta radiación solar y disponibilidad de agua con contenido mineral adecuado. Esta cianobacteria es comercializada congelada o deshidratada, es ampliamente reconocida por su aporte de C-ficocianina, ficobiliproteína soluble de color azul con propiedades antioxidantes y antiinflamatorias (Guardado et al., 2025)

En este contexto, la evaluación de formulaciones a base de guayaba y espirulina

constituye una estrategia innovadora para aprovechar recursos locales y desarrollar productos funcionales con valor agregado. La combinación de ambos ingredientes, junto con tecnologías de liofilización y microencapsulación, permite conservar la estabilidad de los compuestos funcionales y mejorar su biodisponibilidad. Evaluar parámetros como pH, conductividad, contenido proteico y capacidad antioxidante es esencial para determinar la calidad y la funcionalidad de estas formulaciones, orientadas al desarrollo de prototipos nutraceuticos con potencial de transferencia a la industria agroalimentaria.

Materiales y métodos

La guayaba (*Psidium guajava* L.) se adquirió en el mercado de Conkal, Yucatán (agosto de 2025), se lavó y despulpó manualmente. La pulpa con cáscara se licuó con agua (2:1 p/v). La espirulina deshidratada (*Arthrospira* spp., de marca comercial) se solubilizó en buffer fosfato de sodio (0.01 M, pH 7.4) bajo agitación y protegida de la luz (1:10 p/v), posteriormente reposó 24 h a 29 °C, se centrifugó (5000 rpm, 20 min, 4 °C), y se empleó el sobrenadante como fracción rica en C-ficocianina. Se evaluaron cuatro formulaciones: (F1) guayaba + suero de leche, (F2) guayaba + suero de leche + β -ciclodextrina, (F3) guayaba + suero de leche + espirulina, y (F4) guayaba + suero de leche + espirulina + β -ciclodextrina. Las formulaciones sin β -ciclodextrina se liofilizaron a -80 °C y 0.005 mBar durante 48 h, y las formulaciones con β -ciclodextrina se ajustaron a 12 °Brix y se sometieron a secado por aspersión (velocidad de alimentación: 15 ML min⁻¹, temperaturas de entrada y salida: 135/60 °C). Para evaluar la funcionalidad, las formulaciones se reconstituyeron en agua ultrapura a una concentración de 10 mg mL⁻¹. Se determinó pH y conductividad con un multiparámetro, la concen-

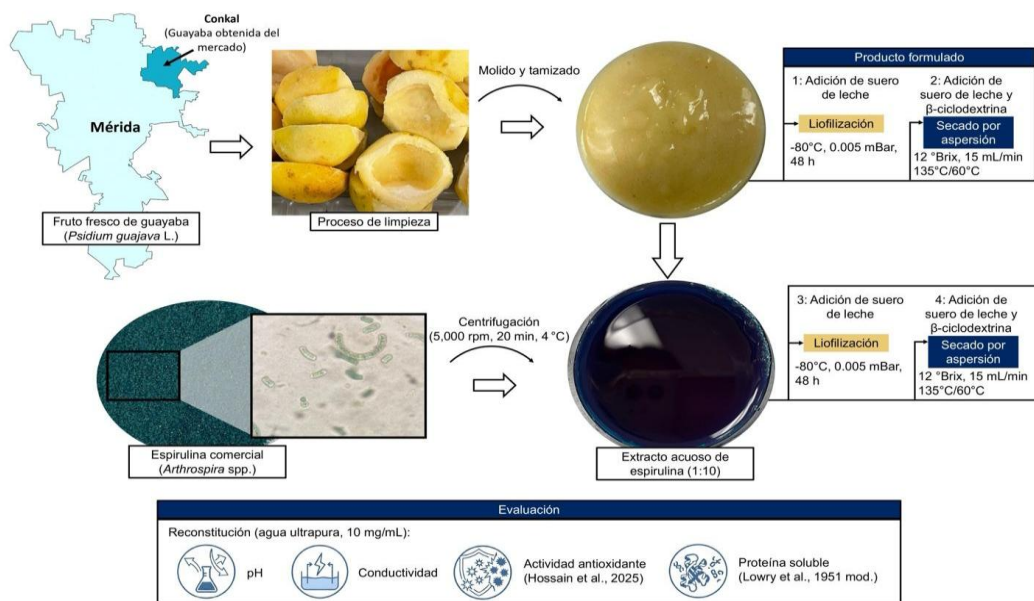


Figura I. Proceso de obtención de formulaciones evaluadas para aplicaciones agroalimentarias y nutraceuticas.

tración de proteína soluble mediante la metodología de Lowry et al. (1951, con modificaciones), y la actividad antioxidante por reducción del radical DPPH según Hossain et al. (2025).

La **Figura I**, resume el proceso metodológico seguido para evaluar la guayaba fresca y la espirulina en la obtención de fracciones de C-ficocianina. Considerando dos procesos de secado para mantener la funcionalidad de los compuestos bioactivos, en comparación con los ingredientes frescos.

Los datos se analizaron mediante un modelo lineal generalizado (GLM) y una prueba *post hoc* de Tukey. Se consideró un valor de $p \leq 0.05$ como estadísticamente significativo en el software STATGRAPHICS Centurion XVI.

Resultados y discusión

La guayaba presentó un pH ácido (3.97) y baja conductividad (0.53 mS), coherente con su perfil rico en ácidos orgánicos y vitamina C (Carranza-

Téllez et al., 2025). La espirulina, en cambio, mostró un pH cercano a la neutralidad (6.21) y alta conductividad (2.43 mS), reflejo de su contenido mineral y proteico. Las formulaciones mixtas tendieron a valores intermedios. Siendo la F3 la que alcanzó el pH más alto (5.28) y la mayor conductividad (3.65 mS), lo cual evidencia la influencia de la espirulina sobre el equilibrio iónico de la mezcla. Mientras que la adición de β-ciclodextrina en la F4 logra la inclusión molecular de los minerales y de la ficocianina, manteniendo el pH (5.149) y disminuyendo la conductividad (0.916 mS) al secarse por liofilización. Al comparar el efecto del secado para la misma F4, se observan diferencias significativas, logrando mediante el secado por aspersión una disminución tanto en el pH (4.167) como en la conductividad (0.587 mS), evidenciando una mejora en la protección de los ácidos orgánicos y vitamina C por la inclusión molecular en β-ciclodextrina en conjunto con la forma de secado que se realiza de forma instantánea en comparación con las 48 h de liofilización (**Tabla I**).



Tabla 1. Parámetros fisicoquímicos de los ingredientes y formulaciones reconstituidas del proceso de liofilización y secado por aspersión.

Método de secado	Muestra	pH	Conductividad (mS)
Liofilizado	Guayaba	3.974±0.061 ^{c,d}	0.531±0.013 ^d
	Espirulina	6.217±0.038 ^a	2.436±0.005 ^b
	F1	3.850±0.165 ^d	0.910±0.012 ^c
	F3	5.282±0.012 ^b	3.655±0.041 ^a
	F4	5.149±0.026 ^b	0.916±0.026 ^c
Secado por aspersión	F2	3.942±0.007 ^{c,d}	0.539±0.038 ^d
	F4	4.167±0.019 ^c	0.587±0.003 ^d

Los resultados se presentan como media $\pm$ error estándar de dos réplicas. Literales diferentes en columnas indican diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0.05$). F1: Guayaba + suero de leche; F2: Guayaba + suero de leche + β -ciclodextrina; F3: Guayaba + suero de leche + espirulina; F4: Guayaba + suero de leche + espirulina + β -ciclodextrina.

La guayaba fresca fue baja en proteína (0.082 mg mL⁻¹) pero sobresaliente en inhibición de DPPH (94.45 %), atribuible a su alto contenido de compuestos fenólicos y vitamina C. En contraste, la espirulina presentó la mayor concentración proteica (16.61 mg mL⁻¹), y de C-ficocianina, sin embargo, la inhibición de DPPH fue baja (30.02 %) (Carranza-Téllez et al., 2025). Las formulaciones mostraron diferencias significativas en concentración de proteína soluble y en actividad antioxidante según el método de secado y la composición de las mezclas. En la **Tabla 2** se observa que, después del proceso de reconstitución de las formulaciones combinadas de espirulina, se evidenció un efecto de dilución y una sinergia parcial de los ingredientes funcionales en las formulaciones evaluadas. Mientras que la actividad antioxidante de la guayaba sí se mantuvo. Por ejemplo, la formulación 2 alcanzó una inhibición elevada de DPPH (86.99 %), lo que sugiere que el secado por aspersión favoreció la conservación de la actividad antioxidante de la guayaba en presencia de espirulina.

En contraste, la formulación 4 mostró una disminución marcada en la actividad antioxidante al liofilizarse (5.13 %), aunque, al secarse por

aspersión, mantuvo valores más altos (76.15 %), lo que indica que la tecnología de secado influye directamente en la estabilidad de los compuestos bioactivos. Sin embargo, la β -ciclodextrina presentó una cavidad hidrofóbica capaz de encapsular compuestos fenólicos de la guayaba, como flavonoides (miricetina, quercetina y apigenina), lo que podría explicar la disminución del 54.11 % de los equivalentes de Trolox en la formulación 2 respecto a la guayaba (**Tabla 2**) (Jin et al., 2026; Vargas-Alvarez et al., 2006). Asimismo, aunque las proteínas son compuestos polares, la C-ficocianina es un complejo pigmento-proteína que confiere regiones con menor polaridad, lo que podría favorecer su interacción con la β -ciclodextrina y los flavonoides. La β -lactoglobulina, principal proteína del suero de leche, podría unirse a moléculas hidrofóbicas e interactuar con polifenoles (Adjali et al., 2021; Jauregi et al., 2021). Estas características de los compuestos individuales pueden estar formando una matriz compleja, lo que podría explicar la disminución significativa de la proteína soluble en todas las formulaciones.



Tabla 2. Concentración de proteína (mg mL^{-1}), equivalentes de Trolox ($\mu\text{mol ET/g}$ muestra) y % de inhibición de DPPH en las distintas muestras y formulaciones.

Método de secado	Muestra	Concentración de Proteína (mg mL^{-1})	% de Inhibición de DPPH	Equivalentes de Trolox ($\mu\text{mol ET/g}$ muestra)
Liofilizado	Guayaba	0.082 ± 0.004^b	94.45 ± 0.15^a	655.95 ± 2.08^a
	Espirulina	16.610 ± 1.682^a	30.02 ± 1.75^c	491.66 ± 31.13^b
	F1	0.106 ± 0.019^b	76.62 ± 0.79^b	265.40 ± 5.60^d
	F3	0.668 ± 0.056^b	17.55 ± 0.76^d	105.71 ± 10.89^e
	F4	0.326 ± 0.054^b	5.13 ± 0.91^e	16.67 ± 12.93^f
Secado por aspersión	F2	0.374 ± 0.054^b	86.99 ± 0.63^b	301.03 ± 4.47^c
	F4	0.465 ± 0.181^b	76.15 ± 1.30^b	264.05 ± 9.24^d

Los resultados se presentan como media $\pm$ error estándar. Literales diferentes en columnas indican diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0.05$). F1: Guayaba + suero de leche; F2: Guayaba + suero de leche + β -ciclodextrina; F3: Guayaba + suero de leche + espirulina; F4: Guayaba + suero de leche + espirulina + β -ciclodextrina.

Conclusiones

La guayaba aporta ácidos orgánicos y compuestos fenólicos, reflejándose en una alta capacidad antioxidante, y la espirulina reflejó su contenido mineral y proteico, confirmando su papel como fuente de proteína soluble, proporcionando un color azul atractivo comercialmente. La combinación de ambos ingredientes en formulaciones mixtas evidenció un equilibrio funcional. El método de secado influyó en la conservación de las propiedades bioactivas; el secado por aspersión favoreció la estabilidad de la actividad antioxidante en presencia de espirulina, mientras que la liofilización preservó mejor la concentración proteica. Los resultados sientan las bases para el desarrollo de prototipos nutraceuticos en polvo, contribuyendo a la valorización de productos regionales y al fortalecimiento de un polo biotecnológico en el sureste mexicano.

Referencias

- Adjali, A., Clarot, I., Chen, Z., Marchioni, E., & Boudier, A. (2021). Physicochemical degradation of phycocyanin and means to improve its stability: A short review. *Journal of Pharmaceutical Analysis*, 12(3), 406–414. <https://doi.org/10.1016/j.jpha.2021.12.005>
- Carranza-Téllez, J., Ávila-Palma, A., Contreras-Martínez, C. S., Gutiérrez-Hernández, R., García-González, J. M., & Carranza-Concha, J. (2024). Análisis químico, bioactivo y de color en tres variedades de guayaba. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 15(6), 1233–1245. <https://doi.org/10.29312/remexca.v15i6.3360>
- Emam, Y., Abdou, R. M., Younis, I. Y. & Farag, M. A. (2025). Metabolomics in guava: A comprehensive review of quality, agricultural traits, composition, and nutraceutical applications of *Psidium guajava* fruits and byproducts. *Plant Metabolomics*. <https://doi.org/10.1007/s11101-025-10153-2>



- Guardado Yordi, E., León Guardado, L.C., Pérez Quintana, M.L., Abreu-Naranjo, R. & Pérez Martínez, A. (2025). Producción y aplicaciones industriales de la ficocianina como pigmento bioactivo. *Centro Azúcar*, 52. Epub 05 de mayo de 2025. Recuperado en 01 de mayo de 2026, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2223-48612025000100012&lng=es&tlng=es.
- Hossain, A., Mitra, K., Hossen, M. & Akhter, S. (2025). Optimization the preparation of whey protein from pasteurized liquid milk using response surface methodology and artificial neural network model. *Applied Food Research*, 5(1), 100828. <https://doi.org/10.1016/j.afres.2025.100828>
- Jauregi, P., Guo, Y. & Adeloje, J. B. (2021). Whey proteins–polyphenols interactions can be exploited to reduce astringency or increase solubility and stability of bioactives in foods. *Food Research International*, 141, 110019. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.110019>
- Jin, R., Yu, H., Liu, Z., Zhang, X., & Qu, Y. (2026). Design and characterization of β -cyclodextrin-encapsulated walnut peptide-calcium-zinc chelates: Physical characteristics, bitterness masking, stability, and sustained release. *Food Chemistry*, 506, 148142. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2026.148142>
- Lowry, O. H., Rosebrough, N. J., Farr, A. L. & Randall, R. J. (1951). Protein measurement with the Folin phenol reagent. *Journal of Biological Chemistry*, 193(1), 265–275.
- Suárez-Toledo, J. R., Hernández-Aguilar, C., Domínguez-Pacheco, F. A., & Aceves-Hernández, F. J. (2022). Characterization of guava grown in Mexico. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 13(7), 1233–1245. <https://doi.org/10.29312/remexca.v13i7.3039>
- Vargas-Alvarez, D., Soto-Hernández, M., González-Hernández, V. A., Engleman, E. M. & Martínez-Garza, Á. (2006). Cinética de acumulación y distribución de flavonoides en guayaba (*Psidium guajava* L.). *Agrociencia*, 40(1), 109–115.



Evaluación fitoquímica de *Carludovica palmata* bajo interacción micorrízica con *Glomus* sp. *in vitro*

Phytochemical evaluation of *Carludovica palmata* under mycorrhizal interaction with *Glomus* sp. *in vitro*

Blanca del Rosario Martín-Canché^{1,2}, Eloína Guadalupe González-Lara¹, Lorena Guadalupe Ramón-Canul¹,
Pedro Salvador-Morales¹, Karina Verdel-Aranda¹, Norma Laura Rodríguez-Ávila^{1§}

¹Tecnológico Nacional de México (TecNM). IT de Chiná. Campeche, México. Calle 11 s/n entre 22 y 28, Colonia Centro. 24520 Chiná, Campeche, México. ²TecNM. ITS de Escárcega, Campeche, México. Calle 85 s/n entre 10-B, Colonia Unidad Esfuerzo y Trabajo. 24350, Escárcega, Campeche, México. §Autor de correspondencia: (norma.ra@china.tecnm.mx).

Resumen

Carludovica palmata Ruiz & Pav., conocida como palma de jipi, es una especie de importancia económica en la Península de Yucatán, México; sin embargo, existe información limitada sobre su composición fitoquímica bajo interacción simbiótica. El presente estudio evaluó el efecto de la asociación micorrízica con *Glomus* sp. sobre la producción de fenoles y flavonoides en explantes de *C. palmata* en condiciones de establecimiento de simbiosis micorrízica *in vitro*. Los bioensayos se establecieron bajo un diseño completamente al azar con cuatro tratamientos (1:5, 1:10, 1:20 y control) y diez repeticiones por tratamiento. Las muestras (pseudotallo y hojas) fueron procesadas mediante extracción asistida por ultrasonido utilizando metanol al 80 %. La detección cualitativa se realizó mediante pruebas fitoquímicas para fenoles (FeCl₃) y flavonoides (Shinoda), mientras que la cuantificación se efectuó por espectrofotometría UV-Vis. Los resultados cualitativos evidenciaron variaciones en la intensidad de los metabolitos, destacando T3 (1:20) con mayor presencia de fenoles (+++) y T2 (1:10) con mayor intensidad de flavonoides (+++), mientras que el control presentó baja presencia (+). Para el análisis cuantitativo se

mostraron diferencias significativas en fenoles ($F = 130.08$; $p \leq 0.001$) y flavonoides ($F = 2464.1$; $p \leq 0.001$) respectivamente. En fenoles, T3 registró el mayor contenido (0.0426 ± 0.0025), seguido de T2 (0.0238 ± 0.0016), mientras que T1 y el control no presentaron diferencias significativas. En flavonoides, T2 mostró el valor más alto (0.4825 ± 0.0069), seguido de T1 y T3, sin diferencias entre estos últimos, y el control presentó los valores más bajos. Estos resultados indican una modulación variable del metabolismo secundario dependiente de la concentración del inóculo de *Glomus* sp., en concordancia con otros estudios.

Palabras clave: *Carludovica palmata*, compuestos bioactivos, *Glomus* sp.

Abstract

Carludovica palmata Ruiz & Pav., known as the jipi palm, is a species of economic importance in the Yucatan Peninsula, Mexico; however, there is limited information on its phytochemical composition under symbiotic interaction. The present study evaluated the effect of mycorrhizal association with *Glomus* sp. on the production of phenols and flavonoids in *C. palmata* explants under conditions of *in vitro* mycorrhizal symbiosis



establishment. The bioassays were established under a completely randomized design with four treatments (1:5, 1:10, 1:20 and control) and ten replicates per treatment. The samples (pseudostem and leaves) were processed by ultrasound-assisted extraction using 80 % methanol. Qualitative detection was performed using phytochemical tests for phenols (FeCl_3) and flavonoids (Shinoda), while quantification was performed by UV-Vis spectrophotometry. The qualitative results showed variations in the intensity of the metabolites, highlighting T3 (1:20) with a greater presence of phenols (+++) and T2 (1:10) with a greater intensity of flavonoids (+++), while the control showed a low presence (+). For the quantitative analysis, significant differences were shown in phenols ($F = 130.08$; $p \leq 0.001$) and flavonoids ($F = 2464.1$; $p \leq 0.001$) respectively. In phenols, T3 registered the highest content (0.0426 ± 0.0025), followed by T2 (0.0238 ± 0.0016), while T1 and the control showed no significant differences. In flavonoids, T2 showed the highest value (0.4825 ± 0.0069), followed by T1 and T3, with no differences between the latter, and the control presented the lowest values. These results indicate a variable modulation of secondary metabolism dependent on the concentration of the *Glomus* sp. inoculum, in accordance with studies that indicate that low inoculum densities can optimize symbiotic efficiency and the activation of biosynthetic pathways.

Index words: *Carludovica palmata*, bioactive compounds, *Glomus* sp.

Introducción

Carludovica palmata Ruiz & Pav., conocida como palma de jipi, es una especie neotropical con alto potencial agroindustrial y relevancia económica en la Península de Yucatán, particularmente en la comunidad de Bécal, donde se emplea en la elaboración de artesanías bajo esquemas de manejo biológico y ecológico (Cetzal-Ix et al., 2018;

Minchala-Buestán et al., 2023). No obstante, a pesar de su importancia, existe información limitada sobre su composición fitoquímica, particularmente bajo condiciones de interacción simbiótica. En este contexto, el estudio de los metabolitos secundarios en plantas ha cobrado relevancia, ya que estos compuestos desempeñan funciones ecológicas clave y presentan propiedades bioactivas como actividad antioxidante, antimicrobiana y antiinflamatoria (Pasquini et al., 2023).

Entre los metabolitos más importantes se encuentran los fenoles y flavonoides, cuya síntesis puede ser modulada por factores bióticos, como la interacción con hongos micorrízicos arbusculares (HMA). Estos microorganismos establecen asociaciones simbióticas con las raíces de las plantas, mejorando la absorción de nutrientes y regulando procesos fisiológicos y bioquímicos (Cruz-Cárdenas, 2021; Watson-Guido y Rivera-Méndez, 2025). Estudios recientes han demostrado que los HMA, incluyendo especies del género *Glomus*, pueden inducir la acumulación de compuestos fenólicos y flavonoides, incrementando la capacidad antioxidante y el valor funcional de las plantas (Pasquini et al., 2023; Yon y Delgado, 2013;). Gracias a su simbiosis con las raíces, favorecen la producción de metabolitos secundarios y antioxidantes, mejorando el rendimiento de los cultivos mediante la estructura micelial (Igiehon y Babalola, 2017; Sierra & Botía, 2018; Soto et al., 2022). Además, se ha reportado que la interacción micorrízica también modula el metabolismo secundario mediante la activación de rutas biosintéticas relacionadas con mecanismos de defensa (Cano, 2011). Sin embargo, la respuesta de estos metabolitos puede variar dependiendo de las condiciones de cultivo y del estado fisiológico del material vegetal, siendo los sistemas in vitro una herramienta útil para evaluar estos efectos de manera controlada (Hoyos et al., 2020). En este sentido, el presente estudio evaluó bajo



condiciones in vitro el efecto de la inoculación con *Glomus* sp. sobre la producción de fenoles y flavonoides en *C. palmata*, y su papel en la modulación del metabolismo secundario.

Materiales y métodos

Establecimiento del material vegetal e inoculación micorrízica

Para la evaluación fitoquímica de *C. palmata* bajo interacción micorrízica con *Glomus* sp., se utilizaron explantes establecidos in vitro durante 90 días en medio basal Murashige y Skoog (MS), suplementado con sacarosa (30 g L^{-1}), sin adición de fitorreguladores y pH de 5.6 ± 0.1 . Los cultivos se mantuvieron bajo condiciones controladas de incubación, a una temperatura constante de $25 \pm 2 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Posteriormente, se seleccionaron explantes en una fase homogénea de crecimiento, con una altura de 3–5 cm y desarrollo foliar evidente, los cuales fueron sometidos a cuatro tratamientos: T0 (testigo sin inoculación), T1 (1:5), T2 (1:10) y T3 (1:20) de *Glomus* sp. (v/v), preparados a partir de esporas.

Diseño experimental

El experimento se estableció bajo un diseño completamente al azar. Cada tratamiento estuvo conformado por diez repeticiones, considerando cada frasco con un explante como unidad experimental, dando un total de 40 unidades experimentales. Los tratamientos fueron distribuidos aleatoriamente en las condiciones de incubación para minimizar efectos de posición.

Recolección y preparación de muestras y extracción de compuestos bioactivos (UAE)

Al finalizar el periodo experimental, se recolectaron tejidos de pseudotallo y hojas de cada unidad experimental. Las muestras fueron lavadas con agua destilada y posteriormente secadas a

temperatura ambiente ($25 \pm 2 \text{ }^{\circ}\text{C}$) durante 48 h. Una vez deshidratadas, se trituraron hasta obtener un material homogéneo para los análisis posteriores. La extracción de compuestos fitoquímicos se realizó mediante extracción asistida por ultrasonido (UAE). Para ello, se pesaron 0.5 g de muestra seca y se adicionaron 10 mL de metanol al 80 % (v/v). La mezcla se sometió a un baño ultrasónico a 40 kHz durante 15 min a $25 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Posteriormente, los extractos se centrifugaron a 4000 rpm durante 10 min y el sobrenadante recuperado se utilizó para el análisis fitoquímico cualitativo.

Análisis fitoquímico cualitativo

La detección de compuestos fenólicos se llevó a cabo mediante la prueba de cloruro férrico (FeCl_3 al 1 %), considerando como positivos los cambios de coloración hacia tonalidades verde-azuladas, azul oscuro o negras. La cuantificación se realizó mediante el método espectrofotométrico de Folin-Ciocalteu, utilizando extractos metanólicos. La reacción se realizó con el reactivo de Folin-Ciocalteu y carbonato de sodio (Na_2CO_3), seguida de un periodo de incubación en oscuridad durante 30 minutos, con lectura posterior en espectrofotómetro UV-Vis a 760 nm.

La identificación de flavonoides se efectuó mediante la prueba de Shinoda, empleando magnesio metálico (Mg) y ácido clorhídrico concentrado (HCl), considerándose positivas las coloraciones rojizas, rosadas o anaranjadas. Para su cuantificación se aplicó el método colorimétrico del cloruro de aluminio a partir de extractos metanólicos, mediante la reacción con NaNO_2 , AlCl_3 y NaOH, con lectura espectrofotométrica a 415 nm en el rango UV-Vis. La intensidad de las reacciones se evaluó de forma semicuantitativa, clasificándose como ausente (–), baja (+), moderada (++) o alta (+++), de acuerdo con la intensidad de la coloración observada.



Análisis de datos

Los resultados cualitativos obtenidos para fenoles y flavonoides se registraron mediante la intensidad de coloración observada en las pruebas fitoquímicas. La presencia de los metabolitos se clasificó como ausente (-), baja (+), moderada (++) y alta (+++), realizándose una comparación descriptiva entre tratamientos. Los datos cuantitativos se obtuvieron a partir de las absorbancias registradas por espectrofotometría UV-Vis de extractos metanólicos. Ambos datos se analizaron mediante un análisis de varianza (Anova, $\alpha = 0.05$), y las diferencias entre medias se determinaron mediante la prueba de Tukey. El procesamiento estadístico se realizó con Microsoft Excel®.

Resultados y discusión

El análisis fitoquímico reveló variaciones en la presencia de fenoles y flavonoides en los explantes de *C. palmata* inoculados con diferentes concentraciones de *Glomus* sp. El tratamiento T3 (1:20) presentó la mayor intensidad de ambos metabolitos (+++), mientras que T1 (1:5) y T2 (1:10) mostraron intensidad moderada (++), y el testigo una baja presencia (+). De manera consistente, el análisis cuantitativo evidenció

diferencias significativas en el contenido de fenoles ($F = 130.08$; $p \leq 0.001$), registrándose el valor más alto en T3 (0.0426 ± 0.0025), seguido de T2 (0.0238 ± 0.0016). En contraste, T1 y el testigo fueron estadísticamente iguales (Tabla I). Estos resultados sugieren que la inoculación con *Glomus* sp., particularmente en la relación 1:20, favorece la acumulación de compuestos fenólicos en *C. palmata*.

El análisis cualitativo de flavonoides mostró variaciones en la intensidad de coloración entre tratamientos, destacando T2 (1:10) con mayor respuesta (+++), seguido de T1 (1:5) y T3 (1:20) con intensidad moderada (++), mientras que el testigo presentó baja presencia (+). De manera consistente, el contenido de flavonoides totales presentó diferencias significativas entre tratamientos ($F = 2464.1$; $p \leq 0.001$), registrándose el mayor valor en T2 (0.4825 ± 0.0069), seguido de T1 (0.2798 ± 0.0026) y T3 (0.2778 ± 0.0022), sin diferencias significativas entre estos últimos, mientras que el testigo presentó el menor contenido (0.2478 ± 0.0015) (Tabla 2). Estos resultados indican que la inoculación con *Glomus* sp. en la relación 1:10 favorece la acumulación de flavonoides en *Carludovica palmata*.

Tabla I. Evaluación cualitativa y cuantitativa del contenido de fenoles en explantes de *Carludovica palmata* inoculados con diferentes concentraciones de *Glomus* sp.

Tratamiento	Relación planta-HMA	Evaluación cualitativa de fenoles	Fenoles (absorbancia 760 nm)
T3	1:20	+++	0.0426 ± 0.0025^a
T2	1:10	++	0.0238 ± 0.0016^b
T1	1:5	++	0.0190 ± 0.0031^c
T0 (Testigo)	Sin inoculación	+	0.0170 ± 0.0019^c

HMA = hongos micorrízicos arbusculares, anova, $F = 130.08$; $p \leq 0.001$. Los valores corresponden a la media $\pm$ desviación estándar ($n = 4$). Medias con letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas (Tukey, $\alpha = 0.05$). La intensidad cualitativa se clasificó como baja (+), moderada (++) y alta (+++). T3 (dilución 1:20); T2 (dilución 1:10) y T1 (dilución 1:5) de *Glomus* sp. (v/v), preparados a partir de esporas utilizadas para la inoculación de explantes de *C. palmata*.



Tabla 2. Evaluación cualitativa y cuantitativa de flavonoides totales en explantes de *Carludovica palmata* inoculados con *Glomus* sp.

Tratamiento	Relación planta-HMA	Evaluación cualitativa de flavonoides	Flavonoides totales (absorbancia 415 nm)
T2	1:10	+++	0.4825 ± 0.0069^a
T1	1:5	++	0.2798 ± 0.0026^b
T3	1:20	++	0.2778 ± 0.0022^b
T0 (Testigo)	Sin inoculación	+	0.2478 ± 0.0015^c

HMA = hongos micorrízicos arbusculares, anova $F = 2464.1$; $p \leq 0.001$. Valores expresados como media $\pm$ desviación estándar ($n = 4$). Medias con letras distintas indican diferencias significativas (Tukey, 0.05). La intensidad cualitativa se clasificó como baja (+), moderada (++), y alta (+++), de acuerdo con la coloración observada en las pruebas fitoquímicas.

De acuerdo con lo anterior, el análisis fitoquímico cualitativo evidenció variaciones en la intensidad de fenoles y flavonoides entre tratamientos, destacando T3 (1:20) en fenoles (+++) y T2 (1:10) en flavonoides (+++), mientras que el testigo mostró baja presencia (+). Estos resultados sugieren valores variables distintos entre fenoles y flavonoides, dependiendo de la dosis por la concentración del inóculo de *Glomus* sp., en concordancia con reportes que indican que bajas densidades de inóculo pueden optimizar la eficiencia simbiótica y la activación de rutas biosintéticas (Wu et al., 2023).

Desde el punto de vista bioquímico, los resultados obtenidos concuerdan con evidencia reciente que demuestra que los flavonoides y compuestos fenólicos no solo se incrementan en presencia de HMA, sino que forman parte activa de la comunicación rizosférica, actuando como moléculas señal que regula la colonización micorrízica y la interacción con otros microorganismos benéficos (Kumar et al., 2024). En particular, se ha documentado que los flavonoides pueden estimular la germinación de esporas y el crecimiento hifal de especies como *Rhizophagus irregularis*, favoreciendo el

establecimiento de la simbiosis (Lidoy et al., 2023). Este mecanismo sugiere que el incremento observado en *C. palmata* no solo responde a una activación metabólica defensiva, sino también a un proceso activo de regulación simbiótica. Asimismo, se ha reportado que la activación de la vía del fenilpropanoide incrementa la síntesis de compuestos fenólicos como respuesta tanto a la interacción simbiótica como a la modulación del estado redox celular de la planta (Chen et al., 2019).

El incremento de fenoles en T3 y de flavonoides en T2 podrían interpretarse no solo como respuesta defensiva, sino como parte de un proceso químico regulado ya que favorece el establecimiento de simbiosis. Tal efecto, ha sido observado en estudios recientes que indican que la micorrización puede inducir una reprogramación del metabolismo secundario, donde la planta puede producir compuestos antioxidantes en función del balance carbono–nutriente generado por la simbiosis (Balestrini & Bonfante, 2014; Wang et al., 2021). No obstante, distintos estudios señalan que los hongos micorrízicos arbusculares (HMA) no siempre inducen un incremento directo de los metabolitos fenólicos,



sino que su efecto es principalmente modulador, ajustando la biosíntesis de compuestos secundarios de acuerdo con el equilibrio costo-beneficio de la planta hospedera (Smith & Read, 2008; Vega-Frutis & Soria, 2020; Wu et al., 2023). Este comportamiento podría explicar la variabilidad observada entre tratamientos en el presente estudio. Asimismo, se ha documentado que la interacción con microbiomas asociados al suelo, incluyendo HMA y bacterias rizosféricas, regula de manera dinámica rutas metabólicas como la del fenilpropanoide, responsable de la síntesis de flavonoides y otros compuestos fenólicos (Kumar et al., 2024). A nivel nacional, se ha documentado que las micorrizas arbusculares mejoran la absorción de nutrientes como fósforo y nitrógeno e incrementan la tolerancia al estrés y la producción de metabolitos secundarios en diversas especies vegetales, lo que respalda su uso como herramienta biotecnológica en sistemas agrícolas sustentables (Rahayu et al., 2024; Wagner et al., 2011). Aunado a estos datos se puede reforzar la hipótesis que en *C. palmata* y la interacción con *Glomus* sp. podría contribuir no solo al crecimiento vegetal, sino también como un regulador del metabolismo fenilpropanoide, particularmente en la biosíntesis de fenoles y flavonoides, constituyendo marcadores clave de actividad antioxidante y valor fitoquímico.

Conclusiones

La interacción con *Glomus* sp. indujo una respuesta variable en la acumulación de fenoles y flavonoides en *C. palmata*, donde el T3 (1:20) presentó el mayor contenido de fenoles y T2 (1:10) la mayor concentración de flavonoides. Los resultados evidencian que la micorrización modula el metabolismo secundario de forma dependiente de la concentración del inóculo y del tipo de metabolito. En conjunto, *Glomus* sp. representa una alternativa biotecnológica con potencial para mejorar el perfil fitoquímico de la especie bajo condiciones de cultivo in vitro.

Al Tecnológico Nacional de México por el financiamiento otorgado para el desarrollo de este estudio (proyecto P. 25751.26-P: Microorganismos benéficos y su papel en la respuesta fisiológica de *Carludovica palmata* en agroecosistemas sustentables del sureste de México).

Referencias

- Balestrini, R., & Bonfante, P. (2014). Cell wall remodeling in mycorrhizal symbiosis: A way towards biotrophism. *Frontiers in Plant Science*, *5*, 237. <https://doi.org/10.3389/fpls.2014.00237>
- Cano, M. A. (2011). Interacción de microorganismos benéficos en plantas: Micorrizas, *Trichoderma* spp. y *Pseudomonas* spp. Una revisión. *Revista UDCA Actualidad & Divulgación Científica*, *14*(2), 15-31.
- Cetzal-Ix, W., Noguera-Savelli, E., & Zúñiga Díaz, D. (2018). Plantas tintóreas y su uso en las artesanías de palma jipijapa (*Carludovica palmata* Ruiz y Pav.) en el norte de Campeche, México. *Desde El Herbario CICY*, *10*, 17-24. http://www.cicy.mx/sitios/desde_herbario/ 2018
- Cruz-Cárdenas, C. I., Zelaya Molina, L. X., Sandoval Cancino, G., Santos Villalobos, S. D. L., Rojas Anaya, E., Chávez Díaz, I. F., & Ruíz Ramírez, S. (2021). Utilización de microorganismos para una agricultura sostenible en México: consideraciones y retos. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, *12*(5), 899-913.
- Chen, S., Zhao, H., Zhang, G., & Sun, Y. (2019). Phenylpropanoid metabolism in plant-microbe interactions: Regulation and ecological function. *Journal of Experimental Botany*, *70*(18), 5215-5230. <https://doi.org/10.1093/jxb/erz285>
- Hoyos Sánchez, R. A., Chicaíza Finley, D., & Zambrano Arteaga, J. C. (2020). In vitro



- multiplication of iraca palm (*Carludovica palmata* Ruiz & Pavón). *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 73(1), 9039-9046.
- Igiehon, N.O. and Babalola, O.O. (2017). Biofertilizantes y agricultura sostenible: exploración de hongos micorrízicos arbusculares. *Applied Microbiol. Biotechnol.*, 101, 4871–4881. <https://doi.org/10.1007/s00253-017-8344-z>
- Kumar, G. A., Kumar, S., Bhardwaj, R., Swapnil, P., Meena, M., Seth, C. S., & Yadav, A. (2024). Recent advancements in multifaceted roles of flavonoids in plant–rhizomicrobiome interactions. *Frontiers in Plant Science*, 14, 1297706.
- Lidoy, J., Berrio, E., García, M., España-Luque, L., Pozo, M. J., & López-Ráez, J. A. (2023). Flavonoids promote *Rhizophagus irregularis* spore germination and tomato root colonization: A target for sustainable agriculture. *Frontiers in Plant Science*, 13, 1094194.
- Minchala-Buestán, N., Hoyos-Sánchez, R. A., y Correa-Londoño, G. A. (2023). Micropropagation of iraca palm (*Carludovica palmata* Ruiz y Pav) using a temporary immersion system. *In Vitro Cellular y Developmental Biology-Plant*, 59(5), 563-573.
- Pasquini, D., Zampieri, E., Ioannou, A., Spanos, A., Sillo, F., Giovannini, L., & Balestrini, R. (2023). Impact of the arbuscular mycorrhizal fungal inoculation on growth and biochemical parameters in *Rosmarinus officinalis* and *Lavandula angustifolia*. *Symbiosis*, 91(1), 107-117.
- Rahayu, Yuni Sri, & Al-Najar, Husam. (2024). Función de los hongos micorrízicos y las bacterias solubilizadoras de fosfatos en la absorción de elementos esenciales y metálicos en las plantas en suelos contaminado con metales pesados. *Revista Chapingo. Serie horticultura*, 30(2), 27-42.
- <https://doi.org/10.5154/r.rchsh.2024.02.001>
- Sierra, D. Y. P., & Botía, F. L. (2018). Presencia de esporas de hongos micorrízico arbusculares en cinco estados sucesionales de bosque altoandino colombiano. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 9(2), 135-148.
- Soto Sogamoso, J. E., Pinto Lopera, J. E., & Millán Rojas, E. E. (2022). Micorrizas arbusculares y las técnicas de visión artificial para su identificación. *TecnoLógicas*, 25(54). <https://doi.org/10.22430/22565337.2348>
- Vega-Frutis, R., & Soria, H. N. (2020). PCTI 180. Evaluación de bioinoculantes comerciales a base de hongos micorrizógenos arbusculares. *Biología*, 11, 07.
- Wagner, H., Bauer, R., Melchart, D., Xiao, P. G., y Staudinger, A. (2011). *Chromatographic fingerprint analysis of herbal medicines*. (Vol. 1). Berlin, Germany: Springer.
- Wang, M., Zhang, S., Chen, Y., & Li, X. (2021). Arbuscular mycorrhizal fungi enhance plant secondary metabolites and stress tolerance: A review. *Plant Physiology and Biochemistry*, 167, 592–607. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2021.08.037>
- Watson-Guido, W., & Rivera-Méndez, W. (2025). Comunicación en las asociaciones simbióticas: mecanismos entre hongos micorrízicos arbusculares, plantas y organismos edáficos. *Agronomía Mesoamericana*, 36(1). <http://dx.doi.org/10.15517/am.2024.57100>
- Wu, Y. H., Qin, Y., Cai, Q. Q., Liu, M., He, D. M., Chen, X., ... & Yan, Z. Y. (2023). Effect the accumulation of bioactive constituents of a medicinal plant (*Salvia miltiorrhiza* Bge.) by arbuscular mycorrhizal fungi community. *BMC Plant Biology*, 23(1), 597.
- Yon, Y. R., & Delgado, B. P. (2013). *Caracterización de la infectividad y la eficacia simbiótica en la interacción hongos micorrizógenos arbusculares-Solanum lycopersicum* L. Editorial Universitaria.



Establecimiento del banco de germoplasma de malanga (*Colocasia esculenta* L. Schott) en Úrsulo Galván,
Veracruz

Establishment of a germ plasm bank for malanga (*Colocasia esculenta* L. Schott) in Ursulo Galvan,
Veracruz

Ignacio Garay-Peralta^{1§}, Manuel Villarruel-Fuentes¹, Edith Yumira Domínguez-Vázquez¹, Héctor Silos-
Espino², Owen Kalid León-Cervantes³

^{1,3}Investigador, estudiante, Tecnológico Nacional de México (TecNM). Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván (ITUG). Carretera Cardel-Chachalacas km 4.5. Úrsulo Galván, Veracruz, México. CP 91667.
²TecNM. Instituto Tecnológico El Llano, Km 18 Carretera Aguascalientes– San Luis Potosí, 20330 Aguascalientes, México. [§]Autor de correspondencia: (ignacio.gp@ugalvan.tecnm.mx).

Resumen

La producción del monocultivo *Saccharum* spp., dentro del municipio de Úrsulo Galván, Ver., México, plantea la necesidad de diversificarlo productivamente. Con base en ello se planteó el objetivo de evaluar el crecimiento, desarrollo y producción de 14 accesiones de malanga. Se midió la altura, diámetro polar y peso de los cormos, además del número de hojas y rendimiento en las plantas. El arreglo experimental consideró un diseño en bloques al azar y el análisis de varianza (anova). Para identificar la varianza se empleó el coeficiente de variación. Las diferencias estadísticas se estimaron mediante la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$). Se encontró que el tratamiento CP-B4 fue el que mejor se expresó biológicamente, mientras que el genotipo CP-M6 tuvo el mayor rendimiento (cormos superiores a 2 kg). Se concluye que cultivar malanga es una alternativa viable bajo las condiciones de manejo empleados en el estudio, siendo necesario evaluar nuevos materiales genéticos.

Palabras clave: accesiones, crecimiento, manejo técnico, rendimiento.

Abstract

The monoculture production of *Saccharum* spp. in the municipality of Ursulo Galvan, Veracruz, Mexico, highlights the need for productive diversification. Based on this, the objective was set to evaluate the growth, development, and yield of 14 taro accessions. Plant height, stem diameter, and corm weight were measured, along with the number of leaves and yield. The experimental design used a randomized block design and analysis of variance (anova). The coefficient of variation was used to identify variance. Statistical differences were estimated using Tukey's test ($\alpha=0.05$). It was found that the CP-B4 treatment showed the best biological performance, while the CP-M6 genotype had the highest yield (corms weighing over 2 kg). It is concluded that taro cultivation is a viable alternative under the management conditions used in the study, and that it is necessary to evaluate new genetic materials.

Index words: accessions, growth, technical management, yield.



Introducción

La conservación de los recursos fitogenéticos se ha convertido en un eje prioritario para enfrentar los desafíos de la seguridad alimentaria. En este marco, la malanga (*Colocasia esculenta* L. Schott), representa una alternativa agrícola de alto potencial, tanto por su valor nutricional como por su adaptabilidad a condiciones marginales (Lebot et al., 2009; Onwueme, 1999). Forma parte de la familia Aracea (Jirarat et al., 2006; Nazario et al., 2020). Es parte de la alimentación y productos que se industrializan en Kenya, Islas del Océano Pacífico, Nigeria, Asia y el Caribe (Akwee et al., 2015). Su contenido nutricional es fundamental para alimentación de adultos mayores y niños, principalmente porque sus cormos contienen un 17.28 % de amilasa y el resto de amilopectina, las que adicionalmente pueden ser utilizadas por la industria manufacturera y la farmacéutica (Jirarat et al., 2006; Kaushal et al., 2015). En México, su cultivo se ha concentrado en pequeñas unidades productivas de la región sur y sureste (Garay-Peralta et al., 2024a).

En el sureste mexicano existen zonas bajas, muchas de las cuales incluso cuentan con sistemas de riego, condiciones promisorias para establecer cultivos, cuya calidad nutritiva permita mejorar la salud de los habitantes de las comunidades rurales, por su fácil incorporación en su dieta, además generan rentabilidad económica, diversificando los sistemas de producción (Olguín-Palacios y Álvarez-Ávila, 2011). Esta planta desempeña un papel crucial en la seguridad alimentaria y la economía de diversas comunidades, especialmente en regiones tropicales y subtropicales donde su producción ha cobrado un interés renovado (Enríquez-Pérez et al., 2024).

Bajo estas condiciones, la creación de un banco de germoplasma en el municipio de Úrsulo Galván responde no solo a la urgencia de conservar la diversidad genética de la malanga en una región

históricamente agrícola, sino también a la necesidad de articular esfuerzos interinstitucionales que fortalezcan la investigación (Engels y Ebert, 2021). Este estudio tiene como objetivo evaluar las accesiones de malanga (*Colocasia esculenta* L. Schott) en el municipio de Úrsulo Galván Veracruz con el fin de determinar si algún material se adapta mejor a las condiciones de la zona.

Materiales y métodos

El experimento se estableció en el Tecnológico Nacional de México campus Úrsulo Galván, Veracruz, México, en un invernadero rústico (360 m²) localizado en los paralelos 96° 22' L N y 19° 24' L O, con una altitud de 20 m (Garay-Peralta et al., 2024a). Se evaluaron 14 accesiones en un diseño experimental bloques al azar con cinco repeticiones, integrándose un total de 70 unidades experimentales. Las accesiones fueron colectadas, clasificadas y proporcionadas por el Colpos campus Veracruz (CP = Colegio de Postgraduados, M = Morado y B = Blanca, el número corresponde a los materiales clasificados: CP-M1, CP-M3, CP-M4, CP-M5, CP-M6, CP-M7, CP-M8, CP-M9, CP-M11, CP-M12, CP-M13, CP-B2, CP-B3 y CP-B4. La distribución topológica fue una distancia de 40 cm entre plantas y 1.0 m entre surcos, distribuidos a lo largo del invernadero, con un sistema de siembra de doble hilera, cada hilera contó una cintilla de riego. El trabajo se realizó de febrero a diciembre del 2025. Los datos fueron analizados mediante el procedimiento ANOVA, con el programa SAS (SAS Institute Inc., 2004). Las pruebas de separación de medias se calcularon con Tukey ($\alpha=0.05$).



Resultados y discusión

Después de 30 días de establecidas las plantas se procedió a medir su altura, replicando mensualmente durante tres mediciones. Para el primer, segundo y tercer muestreo el tratamiento CP-B4 mostró superioridad estadística en todos ellos (**Tabla I**). Las alturas observadas coinciden por las reportadas por Rodríguez-Fernández (2017) y el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (Siap) (2023). Mientras que la variable diámetro de tallo el mejor tratamiento fue CP-B4, para el primer y tercer muestreo (Tabla I). Estos resultados evidencian

una respuesta productiva acorde a las necesidades del productor, ya el diámetro de tallo expresa el desarrollo del cormo (Garay-Peralta et al., 2024a).

El análisis de varianza (Anova) aplicado en el primer muestreo para la variable número de hojas demostró la superioridad estadística de los tratamientos CP-B3 y CP-B4; sin embargo, en el último muestreo no existió diferencia (**Tabla 2**). Aunque algunos autores reportan hasta 20 hojas presentes en todo su ciclo vegetativo, la cantidad referida en este estudio corresponde a los meses que tenía de establecida (Méndez-López et al., 2022).

Tabla I. Análisis estadístico de los tres primeros meses de altura y diámetro del cultivo.

Tratamiento	Altura (cm)	Altura (cm)	Altura (cm)	Diámetro (mm)	Diámetro (mm)	Diámetro (mm)
	12-03-2025	12-04-2025	12-05-2025	12-03-2025	12-04-2025	12-05-2025
1. CP-M1	22.000 ^{ab}	47.20 ^b	143.80 ^{ab}	10.600 ^{ab}	25.200 ^a	80.200 ^{ab}
2. CP-M3	23.800 ^{ab}	55.00 ^{ab}	135.00 ^b	10.000 ^{ab}	34.200 ^a	82.000 ^{ab}
3. CP-M4	22.400 ^{ab}	64.20 ^{ab}	154.20 ^{ab}	10.400 ^{ab}	38.000 ^a	84.000 ^{ab}
4. CP-M5	23.800 ^{ab}	60.80 ^{ab}	162.80 ^{ab}	9.000 ^{ab}	34.400 ^a	82.200 ^{ab}
5. CP-M6	27.600 ^{ab}	66.80 ^{ab}	160.80 ^{ab}	12.000 ^{ab}	40.600 ^a	95.600 ^{ab}
6. CP-M7	16.200 ^b	47.60 ^b	141.60 ^b	7.400 ^{ab}	25.400 ^a	70.400 ^b
7. CP-M8	17.800 ^{ab}	57.80 ^{ab}	151.80 ^{ab}	8.600 ^{ab}	29.400 ^a	79.000 ^{ab}
8. CP-M9	23.000 ^{ab}	66.80 ^{ab}	160.80 ^{ab}	11.400 ^{ab}	36.400 ^a	83.800 ^{ab}
9. CP-M11	17.800 ^{ab}	45.80 ^b	139.80 ^b	6.600 ^b	24.000 ^a	79.000 ^{ab}
10. CP-M12	28.200 ^{ab}	75.80 ^{ab}	169.80 ^{ab}	12.400 ^{ab}	37.800 ^a	92.800 ^{ab}
11. CP-M13	19.600 ^{ab}	64.80 ^{ab}	142.80 ^{ab}	9.000 ^{ab}	31.400 ^a	80.800 ^{ab}
12. CP-B2	24.200 ^{ab}	55.40 ^{ab}	147.40 ^{ab}	12.000 ^{ab}	34.800 ^a	84.200 ^{ab}
13. CP-B3	28.000 ^{ab}	63.00 ^{ab}	149.00 ^{ab}	14.200 ^{ab}	40.600 ^a	95.600 ^{ab}
14. CP-B4	36.000 ^a	85.00 ^a	180.00 ^a	17.400 ^a	50.000 ^a	105.000 ^a
CV (%)	36.1	26.5	11.1	45.2	35.0	13.9

Letras diferentes indican diferencia significativa (Tukey, $\alpha = 0.05$) entre tratamientos. CP = Colegio de Postgraduados, M = Morado y B = Blanca.



Tabla 2. Análisis estadístico de los tres primeros meses de número de hojas.

Tratamiento	No. Hojas 12-03-2025	No. Hojas 12-04-2025	No. Hojas 12-05-2025
1. CP-M1	2.40 ^b	5.40 ^b	7.40 ^a
2. CP-M3	2.80 ^{ab}	6.20 ^{ab}	7.40 ^a
3. CP-M4	3.00 ^{ab}	7.20 ^{ab}	7.40 ^a
4. CP-M5	2.80 ^{ab}	5.60 ^b	7.40 ^a
5. CP-M6	3.20 ^{ab}	5.80 ^{ab}	7.60 ^a
6. CP-M7	3.20 ^{ab}	5.80 ^{ab}	7.00 ^a
7. CP-M8	2.80 ^{ab}	7.00 ^{ab}	7.00 ^a
8. CP-M9	3.20 ^{ab}	6.80 ^{ab}	6.80 ^a
9. CP-M11	3.20 ^{ab}	6.60 ^{ab}	7.60 ^a
10. CP-M12	3.40 ^{ab}	7.00 ^{ab}	7.40 ^a
11. CP-M13	3.00 ^{ab}	6.60 ^{ab}	7.00 ^a
12. CP-B2	3.80 ^{ab}	7.00 ^{ab}	8.00 ^a
13. CP-B3	4.00 ^a	7.20 ^{ab}	7.20 ^a
14. CP-B4	4.00 ^a	7.80 ^a	8.20 ^a
CV (%)	19.9	14.5	9.7

Letras diferentes indican diferencia significativa (Tukey, $\alpha=0.05$) entre tratamientos. CP = Colegio de Postgraduados, M = Morado y B = Blanca.

Conclusiones

Al evaluar las accesiones, encontramos que el tratamiento CP-B4, es el que obtiene un mejor desarrollo para las variables altura, diámetro y cantidad de hojas, por lo que en un primer momento es el que mejor se adapta a las condiciones de la zona.

Referencias

Akwee, P. E., Netondo, G., and Palapala, V. A. (2015). A critical review of the role of taro *Colocasia esculenta* L. (Schott) to food security: A comparative analysis of Kenya and Pacific Island taro germplasm. *Scientia Agriculturae*, 9(2), 101-108. <https://doi.org/10.15192/PSCP.SA.2015.9.2.101108>

Engels, J. M., y Ebert, A. W. (2021). Una revisión crítica del sistema global actual de conservación ex situ para la agrobiodiversidad vegetal. I. Historia del desarrollo del sistema global en el

contexto del marco político/legal y sus principales componentes de conservación. *Plants*, 10(8), 1557. <https://doi.org/10.3390/plants10081557>

Enríquez-Pérez, D. C., Padillo-Loredo, S., y Vela-Gutiérrez, G. (2024). Perspectivas agroecológicas en la producción de malanga; un enfoque hacia la sustentabilidad en el estado de Chiapas. *Revista CoPaLa. Construyendo Paz Latinoamericana*, 9(19), 1-22. <https://doi.org/10.35600/25008870.2024.19.0310>

Garay-Peralta, I., Herrera-Alarcón, J., Díaz-Criollo, A., Domínguez-Vázquez, M. D., y Garza-Ortega, J. A. (2024a). Desarrollo fenológico del cultivo de malanga en condiciones de invernadero: Desarrollo del cultivo de malanga. *Revista Mexicana de Agroecosistemas*, 11(2), 115-122. <https://doi.org/10.60158/rma.v11i2.439>

Garay-Peralta, I., Villarruel-Fuentes, M., Díaz-Peón, A. L., Chávez-Morales, R., y Herrera-Alarcón, J. (2024b). Factores climáticos en el desarrollo y producción de cacao en Úrsulo



- Galván, Veracruz, México. *Agronomía Mesoamericana*, 35(1), e54337. <https://doi.org/10.15517/am.2024.54337>
- Jirarat, A., Sukruedee, A., & Pasawadee, P. (2006). Chemical and Physical Properties of Flour Extracted from Taro *Colocasia esculenta* (L.) Schott Grown in Different Regions of Thailand. *Science Asia*, 32(3), 279-285. <https://doi.org/10.2306/scienceasia1513-1874.2006.32.279>
- Kaushal, P., Kumar, V., y Sharma, H. K. (2015). Utilización del taro (*Colocasia esculenta*): una revisión. *Journal of Food Science and Technology*, 52(1), 27-40. <https://doi.org/10.1007/s13197-013-0933-y>
- Lebot, V., Champagne, A., Malapa, R., y Shiley, D. (2009). Determinación por NIR de los principales componentes en harinas de tubérculos y raíces tropicales. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57(22), 10510-10517. <https://doi.org/10.1021/jf902675n>
- Méndez-López, A. K., Ruiz-González, S., y Ovando-Medina, I. (2022). Diferencias morfo-fisiológicas en plántulas de malanga (*Xanthosoma sagittifolium*) obtenidas en sistema de inmersión temporal. *IBCIENCIAS*, 5(2), 41-48. <https://biociencias.unach.mx/ibciencias/doc/vol5-art6.pdf>
- Nazario, L. N., Arvizu-Barrón, E., Mayett-Moreno, Y., Álvarez-Ávila, M. del C., y García-Pérez, E. (2020). Producción y comercialización de malanga (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) en Actopan, Veracruz, México: Perspectiva de cadena de valor. *Revista Agro Productividad*, 13(5), 23-31. <https://doi.org/10.32854/agrop.vi.1660>
- Olguín-Palacios, C., y Álvarez-Ávila, M. C. (2011). La malanga (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) bajo un enfoque de investigación y desarrollo. *Agro Productividad*, 4(1), 27-33. <https://mail.revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/584>
- Onwueme, I. (1999). *Taro cultivation in Asia and the Pacific*. RAP Publication (No. 16), Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 1-9. <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/5563c552-5e34-46c2-b219-a5e2664b7b55/content>
- Rodríguez-Fernández, P. A. (2017). Impacto de los residuos orgánicos sobre algunos indicadores del crecimiento y productividad de la malanga (*Xanthosoma sagittifolium* [Schott]). *Ciencia en su PC*, 2, 59-70. <https://www.redalyc.org/journal/1813/181351615004/html/>
- SAS Institute Inc. (2004). *SAS/STAT® 9.1 User's Guide*. Cary, NC, USA: SAS Institute Inc.
- Siap (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). (2023). *Malanga. Monografía*. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER). https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/838424/Malanga_monografi_a_2023.pdf



Intervención sistémica en el control de plagas del limón Persa en Huimanguillo, Tabasco

Systemic Intervention in Pest Control for Persian lime in Huimanguillo, Tabasco

Jimena Paola García-Valenzuela¹, Aurora Ramírez Meneses^{1§}, Orlando Méndez-Ríos¹, Isidro Izquierdo-Castillo¹, Rosa Graciela Santos-Arguelles², Francisco Rojas Perez² y Vinicio Calderón-Bolaina²

¹Universidad Popular de la Chontalpa. División Académica de Ciencias Básicas e Ingenierías. ²Instituto Tecnológico de Huimanguillo. Departamento de Ingenierías, Innovación Agrícola Sustentable. [§]Autor de correspondencia: (aurora.ramirez@upch.mx).

Resumen

Esta investigación analiza los ranchos "La Manga" y "El 7" para determinar cómo la gestión de la información y la estructura decisional influyen en el éxito fitosanitario. Se identificó los procesos de intervención sistémica para el control de plagas en el cultivo de limón persa (*Citrus latifolia*) en Huimanguillo, Tabasco. La metodología incluyó observaciones de campo quincenales durante un año, cubriendo las épocas de nortes, lluvias y sequía. Se utilizaron observaciones de segundo orden *in situ* y entrevistas semiestructuradas para identificar los "acoplamientos estructurales" en la toma de decisiones de los técnicos encargados. Los resultados revelaron la presencia de plagas como el psílido asiático (*Diaphorina citri*), picudo verde (*Pantomorus viridis*), picudo café (*Epicaerus* spp.), minador de la hoja (*Phyllocnistis citrella*), trips y pulgón café (*Toxoptera citricida*), cuya intensidad varió según factores ambientales y de manejo. Se concluyó que los encargados priorizan el monitoreo constante y las labores culturales como prevención. Asimismo, integran controles biorracionales, químicos y orgánicos para mantener el equilibrio del ecosistema.

Palabras clave: acoplamiento estructural, actividad citrícola, clausura operativa.

Abstract

This research analyzes 'La Manga' and 'El 7' ranches in order to determine how information management and decisional structures influence phytosanitary success. It identified systemic intervention processes for pest management in Persian lime (*Citrus latifolia*) crops in Huimanguillo, Tabasco. The methodology involved biweekly field observations over a twelve-month period, encompassing the nortes (Winter storm), rainy, and dry seasons. *In situ* second-order observations and semi-structured interviews were employed to identify the 'structural couplings' within the decision-making processes of the supervising technicians. Results revealed the presence of pests such as the Asian citrus psyllid (*Diaphorina citri*), green citrus weevil (*Pantomorus viridis*), coffee weevil (*Epicaerus* spp.), leafminer (*Phyllocnistis citrella*), thrips, and brown citrus aphid (*Toxoptera citricida*), with infestation levels fluctuating according to environmental and management factors. The findings indicate that managers prioritize continuous monitoring and cultural practices as primary preventive measures. Furthermore, they implement an integrated approach—incorporating biorational, chemical, and organic controls—to maintain ecological balance.



Index words: structural coupling, citrus farming activity, operational closure.

Materiales y métodos

Introducción

Tabasco ocupa el octavo lugar nacional en producción de limón, concentrada principalmente en Cárdenas y Huimanguillo. Ante la relevancia económica del cultivo y la amenaza constante de las plagas, surge la necesidad de estudiar el manejo agrícola desde una perspectiva integral sistémica social.

Así pues, el cultivo de limón persa en Huimanguillo, Tabasco, enfrenta presiones bióticas ya que el enfoque técnico tradicional incrementa su vulnerabilidad ante la imposibilidad de visibilizar riesgos del entorno. Bajo la argumentación de Mascareño (2011), un rancho no sería solo un ente técnico, sino un sistema social que opera mediante comunicaciones y decisiones, en el sentido que señalan Ramírez et al. (2020). Por lo que el control de plagas se redefinirá como una intervención sistémica orientada a que el sistema procese información del entorno. El núcleo del problema radica en la clausura operativa, donde la desconexión entre el saber agronómico y su ejecución impide al sistema mantener un acoplamiento estructural con el mercado y las normas fitosanitarias (Gao et al., 2024; Sakai, 2024). Esta investigación analiza los ranchos "La Manga" y "El 7" para determinar cómo la gestión de la información y la estructura decisional influyen en el éxito fitosanitario. El éxito radica en la capacidad del productor para observar y reaccionar ante las irritaciones de un entorno socioecológico complejo, permitiendo que la información externa se convierta en una operación interna efectiva.

Esta investigación adopta un enfoque explicativo fundamentado en la Teoría General de Sistemas Sociales de Niklas Luhmann, bajo la interpretación de Mascareño (2011). El estudio parte de la premisa de que el control de plagas en el cultivo de Limón Persa en Huimanguillo, Tabasco, trasciende la acción biofísica para constituirse como una intervención sistémica: una perturbación orientada que busca modificar la estructura de decisiones dentro de la unidad de producción. El diseño es no experimental y transversal, sustentado en la observación de segundo orden. De esta forma "Los sistemas agrícolas deben entenderse como sistemas de observación autopoieticos que no solo interactúan con un entorno físico, sino que reducen la complejidad de ese entorno a través de sus propios procesos de comunicación y marcos de sentido" (Alrøe y Noe, 2014).

Para la operacionalización sistémica, se definen tres variables clave con base en la observación de segundo orden (Alrøe y Noe, 2014): intervención sistémica (variable independiente): entendida como la perturbación que genera el flujo de información técnica hacia el rancho. Respuesta sistémica (variable dependiente): El grado de acoplamiento estructural, es decir, cómo el sistema integra las recomendaciones en sus rutinas operativas. Clausura operativa (variable interviniente): Las limitantes internas que filtran, resisten o bloquean la intervención externa.

El estudio se situó en dos organizaciones autorreferenciales con características distintas: el Rancho La Manga (35 ha), un sistema con topografía irregular y alta biodiversidad, y el Rancho "El 7" (>200 ha), un sistema de gran escala que integra la producción comercial con zonas de conservación.



La recolección de datos integra el nivel biótico (entorno), mediante monitoreo fitosanitario y el nivel comunicativo (sistema), ambas obtenidas a través de entrevistas a profundidad a los Ingenieros a cargo. El análisis se realizó sistematizando la información bajo la tríada de la comunicación (Mascareño 2008) (información, notificación y comprensión).

Resultados y discusión

El flujo comunicativo como reducción de complejidad

El análisis de los ranchos "La Manga" y "El 7" permite validar que la gestión del Limón Persa en Huimanguillo no es un desafío puramente agronómico, sino un fenómeno de comunicación y toma de decisiones. Desde la perspectiva de Mascareño (2011), la eficiencia productiva depende de cómo el sistema social procesa la información para reducir la complejidad del entorno.

En "La Manga" y "El 7", la reducción de complejidad se manifiesta como un logro comunicativo exitoso. Ante la infinita variedad de amenazas del entorno (como la presión biótica del Psílido asiático de los cítricos (*Diaphorina citri*), picudo café (*Epicaerus* sp), minador de las hojas (*Phyllocnistis citrella*), trips (*Pezothrips kellyanus*), pulgón café de los cítricos (*Apis citricidus*) y picudo verde (*Exophthalmus opulentus*) el sistema no reacciona al azar, sino que utiliza el monitoreo técnico como un mecanismo de selección y basándose en la incidencia de la plaga aplica un control orgánico o químico, pero mayormente para realizar el control de las plagas se realizan aplicaciones de insecticidas orgánicos como la resina y el azufre los cuales tienen un costo menor a los insecticidas químicos y biológicos (aplicación de resina 130 L ha⁻¹ y el azufre 70 L ha⁻¹. Aquí se cumple la tríada de Mascareño (2008): información, acto de comunicar y

comprensión. El dato técnico se convierte en una premisa de decisión (fumigar / no fumigar). Así también, en la oportuna reacción de intervenir antes de la presencia de otros factores que pudieran irritar al sistema y que se deben realizar, la poda, manejo de arvenses, fertilización etc.

La complejidad se reduce porque el sistema posee estructuras previas —presupuesto y personal— que permiten procesar la irritación externa sin caer en el caos. La estabilidad de los ranchos es, por tanto, el resultado de una selección inteligente: el sistema sabe qué ignorar y en qué enfocarse para mantener su autopoiesis (autoreproducción operativa) decisión que se procesa a través de la memoria colectiva, en donde se siguen seleccionando alternativas del cúmulo de posibilidades, por ejemplo, en la selección del método de control más eficiente, tematizado como control biorracional o productos biorracionales, que son eficientes para el control de plagas.

Sin embargo la tematización sobre el método de mayor control que reducen los daños causados por plagas en el cultivo de limón persa mencionaron que es el manejo integrado de plagas (MIP) lo anterior debido a que es indispensable realizar este tipo de control por el equilibrio con el medio ambiente y la certificación "es el más adecuado para mantener un equilibrio entre el ambiente y cultivos" (Rancho la Manga) "sí, es parte importante para la certificación" y este método es utilizado para disminuir los gastos en la producción "sí, por alto costo de los químicos" (Rancho el 7).

Acoplamiento estructural y clausura operativa

Los acoplamientos estructurales observados en el manejo de la producción de limón persa se limitan a darse entre los encargados técnicos, los trabajadores, los asesores en el proceso, el mercado, organismos como Comité Estatal de Sanidad Vegetal de Tabasco y la SENASICA,



Laboratorios de agroquímicos y biológicos, con el propósito de obtener mayor calidad, mayor producción y asegurar el comercio en el mercado de exportación y localmente. Sin embargo, en la medida que la comunicación continúe se seguirá operando de igual forma, pero el sistema de organización autorreferente siempre tendrá otras posibilidades, dependerá del mismo sistema la apertura hacia otras operaciones o el cierre como clausura operativa.

La intervención como perturbación orientada demuestra que la asesoría técnica debe entenderse como una perturbación orientada y no como una instrucción directa. Para que una intervención tenga éxito, debe lograr "irritar" los canales internos del sistema. En "La Manga" y "El 7", la intervención funcionó porque el sistema tenía la sensibilidad necesaria para procesar la novedad. No fue una imposición, sino una provocación que el rancho utilizó para reorganizarse.

Comparativa de estabilización y observación de segundo orden

Desde la observación de segundo orden, se analizó cómo cada sistema observa su entorno. La similitud entre ambos ranchos es su capacidad de irritabilidad. "La Manga" y "El 7" muestran plasticidad sistémica: aprenden, incorporan la técnica a su memoria y compensan las variaciones del entorno con decisiones ágiles. La conclusión es clara: la supervivencia del productor de Limón Persa en Tabasco depende de su capacidad para transformar la perturbación técnica en operación interna. Solo los sistemas capaces de acoplarse estructuralmente a las demandas del entorno logran una estabilización real frente a la complejidad del mercado y el ecosistema contemporáneo.

Conclusiones

La efectividad del control de plagas depende del acoplamiento estructural entre el conocimiento técnico y las rutinas del rancho. El éxito se logra cuando la información técnica "irrita" al sistema, transformándose en decisiones operativas que reducen la complejidad del entorno.

Referencias

- Alrøe, H. F. & Noe, E. (2014). Second-order cybernetics and self-referential systems in agriculture. *Systemic Practice and Action Research*, 27(2), 153–180.
- Gao, J., Wu, P., Zhao, X. & Zhang, B. (2024). Enhancing the coupling coordination of soil–crop systems by optimising soil properties and crop production via subsoiling. *Soil and Tillage Research*, 235, 105893.
- Mascareño, A. (2008). Communication and cognition: The social beyond language, interaction and culture. *Integrative Psychological and Behavioral Science*, 42(2), 200–207.
- Mascareño, A. (2011). Sociología de la intervención: Orientación sistémica contextual. *Revista MAD*, 25, 1–33.
- Ramírez Meneses, A., Martínez Dávila, J. P., López Romero, G., Arvizu Barrón, E., García López, E. & Córdova Ávalos, V. (2019). Factores influyentes en la formación y permanencia de organizaciones agrícolas: Una perspectiva Luhmanniana. *Acta Universitaria*, 29, e2131. <https://doi.org/10.15174/au.2019.2131>
- Sakai, K. (2024). Advice as a form of structural coupling: Intersystem organizations and scientific communication. *Journal of Sociological Theory and Method*, 39(1), 1–16.



Extracto etanólico de *Equisetum arvense* como inductor de resistencia en *Tetranychus urticae* en fresa cv. San andreas

Ethanollic extract of *Equisetum arvense* as a resistance inducer in *Tetranychus urticae* in strawberry cv. San andreas

Aarón Martínez-Medrano¹, Luis Patricio Guevara-Acevedo^{1§}, Leonel Sandro Maldonado-Hernández³, Juan Carlos Ruiz-Barrera¹, Ricardo Yáñez-López¹, Óscar Arath Grajeda-Cabrera²

¹Tecnológico Nacional de México (TecNM)-campus Roque. ²Instituto Nacional de Investigación Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). ³Tecnológico Superior de Abasolo. Departamento Recursos Humanos. [§]Autor de correspondencia: (luis.ga@roque.tecnm.mx).

Resumen

Se evaluó el efecto del extracto etanólico de cola de caballo, como inductor de resistencia del cv San Andreas a *Tetranychus urticae*. El experimento se realizó bajo condiciones controladas utilizando 40 plantas de fresa cultivadas en bolsas con mezcla de tierra lama y sustrato comercial. Al desarrollar la cuarta hoja, las plantas fueron infestadas con 10 hembras grávidas de *T. urticae* provenientes de una colonia madre. Se evaluaron hembras vivas, muertas, repelidas y huevos por hembra por día (HHD) cada 24 h durante cuatro días. Posteriormente, se aplicó el extracto a una concentración del 10 % v/v, evaluando su efecto residual a las 24, 48, 72, 96 y 168 h. Los resultados mostraron una disminución inicial de hembras vivas, así como un incremento en mortalidad y repelencia durante las primeras 24 h. Asimismo, el número de HHD presentó la mayor reducción a las 48 h, evidenciando un efecto importante del extracto sobre la fecundidad del ácaro.

Palabras clave: ácaro, control alternativo, mortalidad, residualidad, resistencia.

Abstract

This study evaluated the effect of an ethanolic extract of horsetail (*Equisetum arvense*) as a resistance inducer in San Andreas strawberry plants against *Tetranychus urticae*. The experiment was conducted under controlled conditions using 40 strawberry plants grown in bags with a mixture of potting soil and commercial substrate. At the fourth leaf stage, the plants were infested with 10 gravid female *T. urticae* from a mother colony. Live, dead, repelled, and human-dead (HD) females were counted every 24 h for four days. Subsequently, the horsetail extract was applied at a concentration of 100 g L⁻¹ in 70 % alcohol, and its residual effect was evaluated at 24, 48, 72, 96, and 168 h. The results showed an initial decrease in live females, as well as an increase in mortality and repellency during the first 24 h. Likewise, the number of HHD showed the greatest reduction at 48 h, demonstrating a significant effect of the extract on the mite's fertility.

Index words: mite, alternative control, mortality, residuality, resistance.



La fresa es un cultivo hortícola de gran importancia alimentaria y económica debido a su valor nutricional y contenido de compuestos funcionales como vitamina C y antioxidantes (Bianchi, 2020). En México, el estado de Guanajuato destaca como una de las principales regiones productoras con alrededor de 100 971 t en 2023 (Ascenza, 2024; Noticias, 2024). Entre los cultivares más utilizados, San Andreas sobresale por ser de día neutro, presentar buen rendimiento y permitir producción continua; sin embargo, también puede favorecer mayores periodos de oviposición y longevidad de *Tetranychus urticae* en comparación con otros cultivares (Lema-Chicaiza, 2018; Patentes, 2024).

La araña roja es una de las plagas más importantes en fresa, causando pérdidas de hasta 80 % debido al daño foliar y reducción de la fotosíntesis (Kirschbaum et al., 2025). Ante problemas como resistencia a acaricidas y riesgos ecotoxicológicos, se han buscado alternativas sostenibles de manejo (Ruiz-Sánchez et al., 2024). En este contexto, diversos extractos etanólicos vegetales han mostrado efectos repelentes y acaricidas sobre ácaros (Qessaoui et al., 2024). Entre ellos, el extracto de *Equisetum arvense* ha sido estudiado por sus compuestos bioactivos y su influencia sobre parámetros biológicos de plagas y mecanismos de defensa vegetal (Méndez-Cortés, 2021). Por ello, el uso de extractos botánicos representa una alternativa con potencial para integrarse al manejo sostenible del ácaro en fresa, reduciendo la dependencia de productos sintéticos y favoreciendo la inocuidad alimentaria (Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria [Senasica], 2022; Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera [Siap], 2023). Por ello el objetivo de este estudio fue evaluar el efecto del extracto etanólico de cola de caballo como inductor de resistencia a *Tetranychus urticae* en fresa cv San Andreas.

La investigación se realizó en el Laboratorio de Fitosanidad del Tecnológico Nacional de México, campus Roque. Se utilizaron 40 bolsas de polietileno de 20 × 20 cm rellenas con una mezcla de tierra lama y sustrato comercial (Projar) en proporción 1:1. Posteriormente, se trasplantaron plántulas de fresa cv. San Andreas de 40 d de edad. Al alcanzar la cuarta hoja, cinco plantas fueron colocadas en jaulas entomológicas. Paralelamente, se acondicionaron cajas Petri con algodón saturado con agua destilada y fragmentos foliares de 2 × 2 cm colocados con el envés hacia arriba. Posteriormente, se introdujeron 10 hembras grávidas de *T. urticae* provenientes de una colonia madre.

Se inició con el tratamiento testigo (sin aplicación), realizando evaluaciones cada 24 h durante cuatro días consecutivos, registrando hembras vivas, muertas, repelidas y huevos por hembra por día (HHD). Posteriormente, se aplicó un extracto etanólico de *Equisetum arvense* preparado a una concentración de 100 g L⁻¹ en alcohol al 70 % y 1 mL de adherente comercial, evaluando su efecto residual a las 24, 48, 72, 96 y 168 h después de la aplicación. Los datos se expresaron en porcentaje y se sometieron a transformación angular. Las variables evaluadas se analizaron mediante Anova y prueba de Tukey utilizando el software SAS 9.4.

Resultados y discusión

El porcentaje de hembras vivas en el testigo fue de 73.42 %, después de la aplicación del extracto etanólico de *Equisetum arvense*, la supervivencia disminuyó a 38.09 % a las 24 h, mostrando un efecto inicial; sin embargo, no se presentaron diferencias significativas entre los tiempos evaluados (Figura 1). Posteriormente, a 48 y 72 h la supervivencia aumentó a 57.99 % y 66.39 %, respectivamente, evidenciando recuperación poblacional.

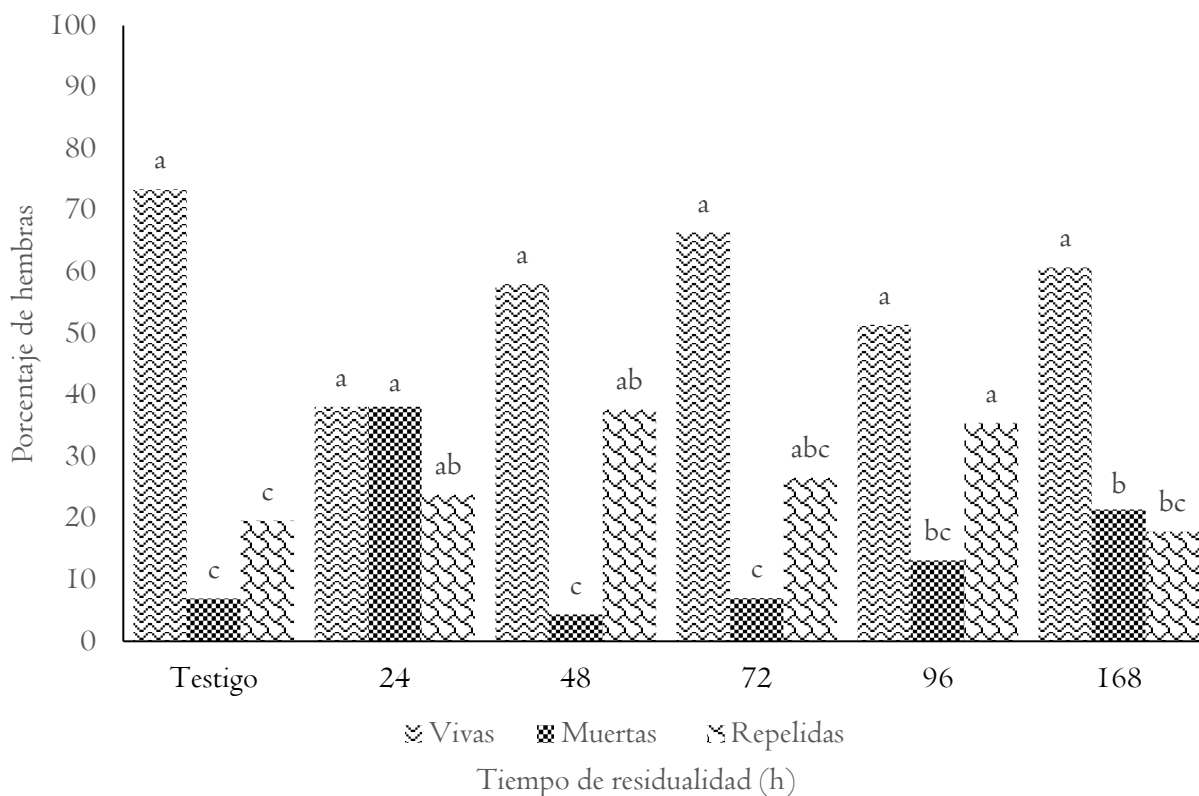


Figura I. Porcentaje de hembras vivas, muertas y repelidas de *Tetranychus urticae* bajo el efecto residual del extracto etanólico de cola de caballo en fresa cv. San Andreas. Letras distintas por variable indican diferencias estadísticas significativas (Tukey, 0.05).

A las 96 y 168 h los valores fluctuaron entre 51.38 % y 60.74 %, manteniéndose por arriba de 50 %, lo que indica un efecto transitorio y de limitada residualidad. Al comparar estos resultados con (Abdelwines y Ahmed 2022), se observa concordancia en que el efecto de esta especie vegetal no se relaciona con una mortalidad directa sostenida, sino con posibles respuestas inducidas en la planta. Esto coincide con la recuperación observada en las hembras vivas conforme avanzó el tiempo de evaluación, sugiriendo que el extracto no mantiene un efecto prolongado sobre la supervivencia de *T. urticae*.

El porcentaje de hembras muertas en el testigo fue de 6.97 %, y después de la aplicación del extracto, a las 24 h se registró el valor más alto de

mortalidad del. Sin embargo, a 48 y 72 h la mortalidad disminuyó a las 96 h y 168 h, los valores se mantuvieron en niveles intermedios, sin diferencias significativas entre los tiempos evaluados. En conjunto, los resultados indican un efecto inicial sobre la mortalidad, pero con limitada residualidad y sin control prolongado de la población. Al comparar estos resultados con Skorupska, (2010), se observa coincidencia en que los extractos vegetales, incluido *Equisetum arvense*, presentan efectos variables y de corta duración asociados a compuestos como sílice, flavonoides y fenoles. Esto concuerda con los resultados obtenidos, donde la mortalidad fue mayor a las 24 h, pero disminuyó posteriormente, sugiriendo que el extracto no actúa como un acaricida de efecto prolongado sobre *T. urticae*.

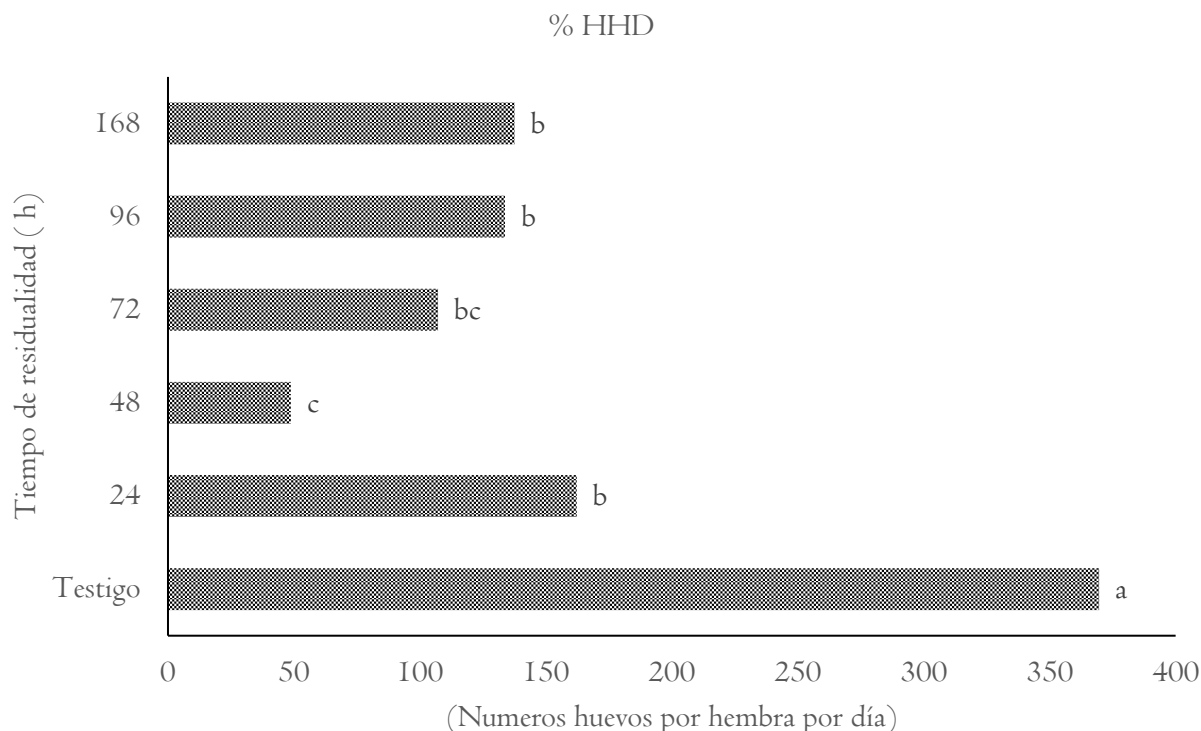


Figura 2. Número de huevos por hembra por día de *Tetranychus urticae* bajo el efecto residual del extracto etanólico de cola de caballo en fresa cv. San Andreas. Letras distintas indican diferencias estadísticas significativas (Tukey, 0.05).

El porcentaje de hembras repelidas en el testigo fue de 16.40 %, indicando ausencia de repelencia natural. Después de la aplicación del extracto, a las 24 h se registró el valor más alto de repelencia, evidenciando una respuesta inmediata del tratamiento. Sin embargo, a 48 y 72 h la repelencia disminuyó y posteriormente, a 96 y 168 h, los valores se mantuvieron en niveles intermedios, sin diferencias significativas entre los tiempos evaluados. En conjunto, los resultados indican un efecto inicial de rechazo sobre las hembras, aunque este disminuye con el tiempo, mostrando limitada residualidad. Al comparar estos resultados con Wulf et al. (2023), donde extractos vegetales redujeron poblaciones de áfidos en un rango cercano al 40–50 % sin impedir su colonización, en el presente estudio la repelencia también se mantuvo en niveles intermedios (~40–60 % después de 24 h). Esto sugiere que el extracto etanólico de *Equisetum arvense* genera una respuesta parcial de evitación, comparable con

otros extractos botánicos, pero sin mantener niveles altos o prolongados de repelencia sobre el acaro de dos manchas.

Para HHD, el testigo presentó el valor más alto con 369.60 (Figura 2). Después de la aplicación del extracto, a las 24 h el valor disminuyó a 162.20 HHD, mientras que a las 48 h se registró el nivel más bajo con 48.80 HHD, indicando el mayor efecto sobre la oviposición. Posteriormente, a 72, 96 y 168 h se observó una recuperación gradual; sin embargo, todos los valores permanecieron por debajo del testigo. En términos estadísticos, el testigo mostró diferencias claras, mientras que 48 h presentó el efecto más marcado y los tiempos restantes valores intermedios.

Al comparar estos resultados con Rodríguez et al. (2025), se observa coincidencia en que los extractos vegetales ricos en metabolitos secundarios afectan principalmente el desarrollo y



la reproducción de los insectos más que su mortalidad directa. En este sentido, la reducción de 369.60 a valores entre 48.80 y 162.20 HHD evidencia un efecto importante del extracto sobre la capacidad reproductiva de *Tetranychus urticae*, sugiriendo una interferencia en procesos fisiológicos y reproductivos de la plaga.

Conclusión

El extracto etanólico de *Equisetum arvense* presentó efectos de antibiosis sobre *Tetranychus urticae* al provocar mortalidad inicial y reducir la fecundidad de las hembras. Asimismo, mostró efectos de antixenosis al generar repelencia y limitar el establecimiento de la plaga. Sin embargo, ambos efectos fueron temporales debido a su limitada residualidad.

Referencias

- Abdelwines, A. & Ahmed, M. (2022). Efectos de los extractos de *Equisetum arvense* sobre las respuestas de defensa de las plantas y la supresión de plagas. *Revista de Investigación sobre Protección Vegetal*, 62(3), 215–223. <https://doi.org/10.24425/jppr.2022.141234>
- Ascenza. (2024). *Producción de fresa en Guanajuato* 2023. <https://www.ascenza.mx/noticias/produccion-fresa-guanajuato-2023>
- Bianchi, G. (2020). Propiedades nutricionales y funcionales de los frutos de fresa. *Investigación de Alimentos Internacional*, 136, 109504. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109504>
- Kirschbaum, D., Pérez, L. & Gómez, R. (2025). Impacto de *Tetranychus urticae* en cultivos de fresa bajo condiciones protegidas. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 16(1), 45–57. <https://doi.org/10.29312/remexca.v16i1.3254>
- Lema-Chicaiza, J. A. (2018). *Evaluación del comportamiento de Tetranychus urticae en diferentes cultivares de fresa* [Tesis de licenciatura, Universidad Técnica de Ambato]. Repositorio Institucional UTA. <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/28123>
- Méndez-Cortés, H. (2021). Extractos vegetales y su efecto sobre plagas agrícolas [Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma Chapingo]. Repositorio Institucional Chapingo. <https://repositorio.chapingo.mx/handle/20.500.12098/789>
- Noticias. (2024). *Guanajuato destaca en producción nacional de fresa*. https://agroalimentando.com/nota.php?id_nota=14567
- Patentes. (2024). *Cultivar de fresa San Andreas y sus características agronómicas*. <https://patents.google.com/patent/USPP19975P3/en>
- Qessaoui, R., Bouharroud, R., Furze, J., El Aalaoui, M., Akroud, H., Amarrague, A., Van Vaerenbergh, J., Tahzima, R. & Smagghe, G. (2024). Extractos de plantas como alternativas ecológicas para el manejo de ácaros. *Plantas*, 13(4), 512. <https://doi.org/10.3390/plants13040512>
- Rodríguez, J., Hernández, M. & López, A. (2025). Metabolitos secundarios de extractos botánicos que afectan la reproducción de ácaros fitófagos. *Protección de Cultivos*, 182, 106781. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2025.106781>
- Ruiz-Sánchez, E., Torres, P. & Medina, F. (2024). Resistencia de *Tetranychus urticae* a acaricidas convencionales y alternativas sostenibles. *Ciencia del Manejo de Plagas*, 80(2), 455–467. <https://doi.org/10.1002/ps.7821>
- Siap. (2023). *Anuario estadístico de la producción agrícola* [Conjunto de datos]. <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>
- Senasica. (2022). *Manejo integrado de plagas en berries*. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. <https://www.gob.mx/senasica/documentos/manejo-integrado-de-plagas-en-berries>
- Skorupska, A. (2010). Actividad biológica de extractos de *Equisetum arvense* contra plagas de artrópodos. *Journal of Plant Protection*



Research, 50(4), 432–438.

<https://doi.org/10.2478/v10045-010-0072-3>

invernadero. *Journal of Applied Entomology*,

147(6), 589–598.
<https://doi.org/10.1111/jen.13145>

Wulf, A., Richter, C. & Meyer, S. (2023). Efectos repelentes de extractos botánicos contra poblaciones de pulgones en condiciones de



Extracto etanólico de cola de caballo como inductor de resistencia a araña roja en fresa cv Monterrey

Ethanollic extract of horsetail as an inducer of resistance to red spider mite in strawberry cv Monterrey

Ernesto López-García¹, Luis Patricio Guevara-Acevedo^{2§}, Sarahyt Santamaria González-Figueroa³, Oscar Arath Grajeda-Cabrera³, Ricardo Yáñez-López², María Victoria Rodríguez-García²

^{1,2}Estudiante, investigador. TecNM-campus Roque. ³Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. [§]Autor de correspondencia: (luis.ga@roque.tecnm.mx).

Resumen

La araña de dos manchas, *Tetranychus urticae* Koch, es una de las plagas con mayor impacto para el cultivo de fresa en México, pudiendo reducir el rendimiento hasta en un 80 %. Creando resistencia a acaricidas sintéticos, esta investigación evaluó el extracto etanólico de cola de caballo (*Equisetum arvense*) al 10 % como inductor de resistencia en fresa cv. Monterrey bajo condiciones de laboratorio. Se realizó un diseño experimental con tiempos de 24, 48, 72, 96 y 168 h después de la aplicación, evaluando supervivencia, mortalidad, repelencia y huevos por hembra por día (*HHH*). Los resultados mostraron que la supervivencia de las hembras disminuyó significativamente entre las 72 y 96 h (22.40 % y 25.44 %, respectivamente), teniendo un efecto gradual del extracto a través de su interacción con la planta. La mayor mortalidad (54.03 %) a las 72 h y la reducción de *HHH* (23.5 %) se registró a las 24 h, coincidiendo con la activación de defensas químicas y la barrera física del silicio que dificulta la alimentación. La repelencia máxima se alcanzó a las 168 h (24.33 %), confirmando mecanismos de antixenosis. Se concluye que el extracto de *E. arvense* es una alternativa viable para el manejo integrado de plagas, recomendando aplicaciones cada tres o cuatro días para mantener la resistencia inducida.

Palabras clave: *Equisetum arvense*, resistencia inducida, *Tetranychus urticae*.

Abstract

The two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* Koch, is one of the pests with the greatest impact on strawberry cultivation in Mexico, potentially reducing yield by up to 80 %. By creating resistance to synthetic acaricides, this research evaluated the 10 % ethanolic extract of horsetail (*Equisetum arvense*) as a resistance inducer in strawberry cv. Monterrey under laboratory conditions. An experimental design was carried out with times of 24, 48, 72, 96, and 168 h after application, evaluating survival, mortality, repellency, and eggs per female per day (*HHH*). The results showed that female survival decreased significantly between 72 and 96 h (22.40 % and 25.44 %, respectively), showing a gradual effect of the extract through its interaction with the plant. The highest mortality (54.03 %) at 72 h and the reduction of *HHH* (23.5 %) were recorded at 24 h, coinciding with the activation of chemical defenses and the physical barrier of the silicon that hinders feeding. Maximum repellency was reached at 168 h (24.33 %), confirming antixenosis mechanisms. It is concluded that *E. arvense* extract is a viable alternative for integrated pest management, recommending applications every three or four days to maintain the induced resistance.

Index words: *Equisetum arvense*, induced resistance, *Tetranychus urticae*.



Introducción

México es un referente mundial en la producción y exportación de fresa (*Fragaria x ananassa*), es una actividad con un alto impacto económico regional (Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera [Siap], 2022). Sin embargo, la productividad y calidad del fruto se ven seriamente amenazadas por la araña de dos manchas (*Tetranychus urticae* Koch), la cual genera daños fisiológicos y mecánicos que pueden reducir el rendimiento hasta en un 80 % (Kirschbaum et al., 2021; Villegas-Elizalde et al., 2010). El control tradicional basado en agroquímicos ha resultado ineficiente debido al desarrollo de resistencia en la plaga (Bale et al., 2008), además de elevar los costos de producción y generar riesgos toxicológicos para productores y consumidores por la presencia de residuos en el fruto (Bújanos-Muñiz et al., 2018).

Ante esto, el Manejo Integrado de Plagas (MIP) busca alternativas sustentables como el uso de inductores de resistencia de origen natural. El extracto etanólico de cola de caballo (*Equisetum arvense* L.) destaca por su alto contenido de silicio, que fortalece los tejidos foliares creando una barrera física contra la alimentación y oviposición, además de activar defensas químicas en la planta (Bozorgi et al., 2020; Rengasamy et al., 2023). Debido a que estos extractos pueden alterar el comportamiento poblacional del ácaro mediante resistencia inducida (Pieterse et al., 2012), es importante evaluar su efectividad en variedades comerciales (Pazmiño et al., 2018). Por ello, el objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto del extracto de *E. arvense* como inductor de resistencia en fresa cv. Monterrey frente al ataque de *T. urticae* en condiciones de laboratorio.

Materiales y métodos

La investigación se realizó en el laboratorio de Fitosanidad del TecNM-campus Roque. Se estableció una colonia de *Tetranychus urticae* Koch obtenida de un cultivo de papaya (*Carica*

papaya L.), mantenida en plantas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. Flor de Junio. A la par, se trasplantaron fresas cv. Monterrey en bolsas de 23×22 cm con un sustrato de tezontle, tierra lama y Peat Moss (1:1:1). Al alcanzar la cuarta hoja, se colocaron cuadros foliares de 2×2 cm en cajas Petri sobre algodón saturado con agua destilada; las tapas fueron selladas con tela organza. En cada cuadro se transfirieron 10 hembras grávidas, evaluando durante 4 días el número de hembras vivas, muertas, repelidas y huevos ovipositados (HHD), estos últimos eliminados tras su conteo.

Para la evaluación del inductor, se asperjaron 15 plantas de fresa con extracto etanólico de cola de caballo *E. arvense* al 10 % adicionando 1 % de adherente Adhetec®. Los muestreos se realizaron a las 24, 48, 72, 96 y 168 h 3 plantas por tiempo. Los datos de mortalidad y repelencia se transformaron a porcentajes y arcoseno, mientras que la tasa de oviposición (HHD) se calculó mediante la fórmula de Ruppel et al. (1983). Finalmente, se realizó un análisis de varianza (Anova) y pruebas de comparación de medias de Tukey 0.05 utilizando SAS System 9.1.

Resultados y discusión

Con relación a la supervivencia de *T. urticae* se observó una caída entre las 72 y 96 h con valores estadísticamente iguales con 22.40 % y 25.44 % respectivamente lo que quiere decir que la cola de caballo no tiene un efecto al contacto inmediato si no que mediante este extracto etanólico interactúa con la planta tiene mayores efectos. Referente a esto Pavela y Benelli (2016) explican que los compuestos fenólicos que tienen un origen botánico actúan de manera gradual, impactando primero en los sistemas nerviosos y digestivos de las plagas.

De igual manera, como se observó en la **Figura I** la población disminuyó de una forma constante indicando que la cola de caballo hace la hoja sea un lugar menos habitable para este ácaro.

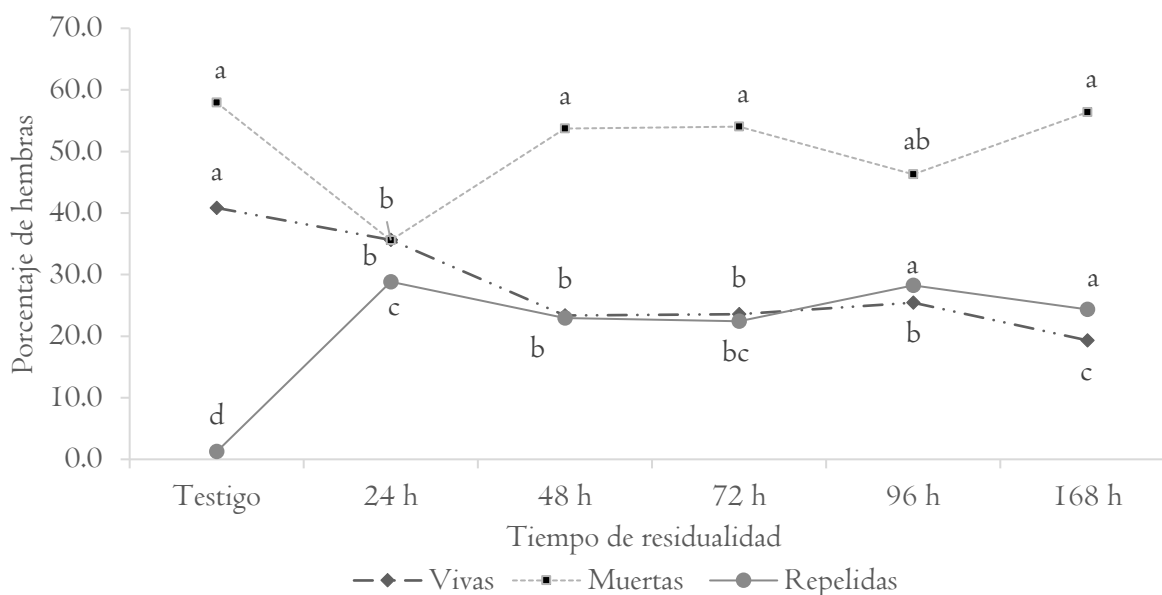


Figura I. Porcentaje de hembras vivas, muertas y repelidas de *Tetranychus urticae* Koch por efecto de cola de caballo *Equisetum arvense* en plantas de fresas cv Monterrey. Letras distintas por línea indican diferencias estadísticas significativas (Tukey, 0.05).

La aplicación de inductores causa cambios bioquímicos en los tejidos vegetales que convierten la planta en un lugar más complicado, lo que hace que se dificulte su colonización. Por último, esta disminución en las hembras vivas nos reafirma que el extracto etanólico genera una defensa que se fortalece mientras la planta asimila los compuestos, teniendo un efecto más duradero contra *T. urticae*.

Respecto a la mortalidad, se observó un aumento donde de igual forma a las 72 h con valor de 54.03 % que se considera altamente significativa. Esto ha sido discutido por Rengasamy et al. (2023), donde señalan que el silicio presente en *E. arvense* se deposita en las células, y crea una barrera física que hace más difícil la alimentación de los ácaros. Después de comparar estos datos con otros estudios sobre control orgánico en fresa, se observa que el extracto etanólico tiene una protección frente a variedades susceptibles como es el caso de la Monterrey, mejorando la respuesta de la planta

ante el daño mecánico y fisiológico provocado por la araña de dos manchas.

En cuanto a la repelencia los valores más altos en el final del experimento a las 168 h 24.33 %. Este aumento en cuanto a las hembras repelidas se debe a que los residuos del extracto etanólico pueden modificar la preferencia del hospedero. Como mencionan González-García et al. (2015), cuando se aplican extractos que tienen altos niveles de silicio, además de ser una defensa pasiva también activan defensas químicas que son irritantes para la *T. urticae* lo que los obliga a salir de su fuente de alimento.

De acuerdo con Guerriero et al. (2016), las plantas de esa familia poseen una composición única de biocompuestos y ácido silícico que, al ser aplicados de forma foliar, actúan como un estimulante de respuesta rápida. Este autor explica que la presencia de estos compuestos activa los genes de defensa de la planta en cuestión de horas, provocando un aumento en la dureza de la cutícula.

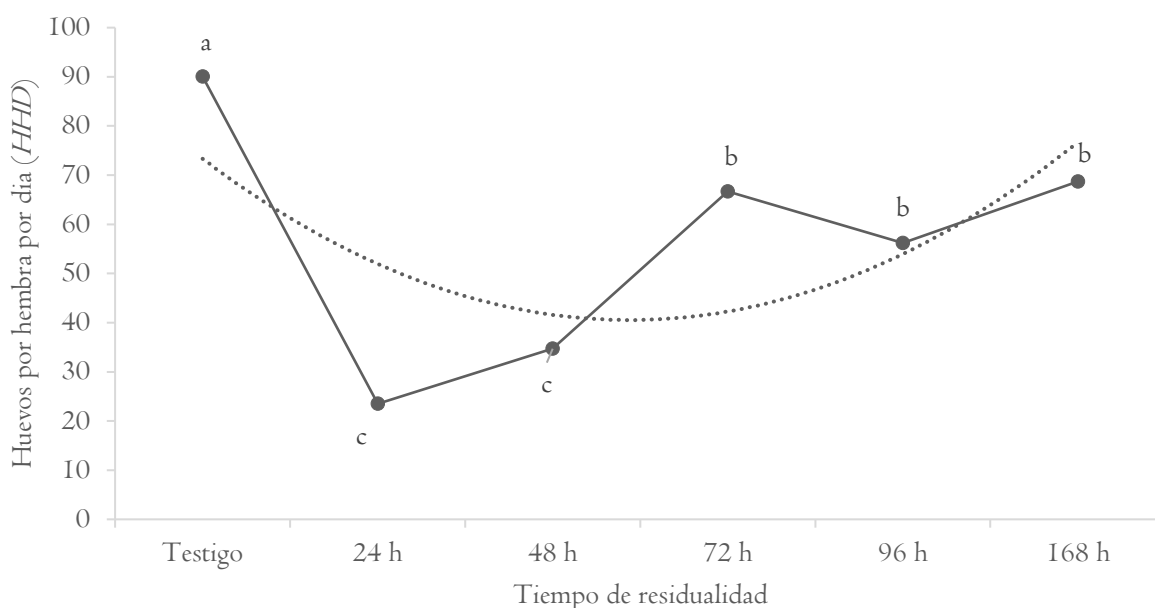


Figura 2. Huevos por hembra por día (HHD) de *Tetranychus urticae* Koch después de la aplicación foliar de cola de caballo *Equisetum arvense* en plantas de fresas cv Monterrey. Letras distintas indican diferencias estadísticas significativas (Tukey, 0.05).

Esto sustenta por qué se registra el valor más bajo de 23.5 HHD a las 24 h, ya que la interferencia mecánica y química inmediata impide que el ácaro encuentre las condiciones óptimas para iniciar la oviposición (Figura 2).

Conclusión

El extracto etanólico de cola de caballo *Equisetum arvense* es una gran alternativa que es viable para controlar *Tetranychus urticae* ya que ayuda a reducir significativamente la supervivencia de las hembras y ayuda a aumentar la mortalidad teniendo mayor efectividad a las 72 h después de la aplicación. Por lo que se recomienda la aplicación cada 3 o 4 días para así permitir una reducción en el uso de acaricidas y también prevenir la resistencia en la fresa.

Referencias

Bale, J. S., van Lenteren, J. C., & Bigler, F. (2008). Biological control and sustainable food production. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*,

363(1492), 761–776.
<https://doi.org/10.1098/rstb.2007.2182>

Bozorgi, A., Javidan, S., & Shariatmadari, H. (2020). Silicon and its role in plant resistance against biotic and abiotic stresses. *Journal of Plant Nutrition*, 43(11), 1621–1635.
<https://doi.org/10.1080/01904167.2020.1739296>

Bújanos-Muñiz, R., Marín-Jarillo, A., González-Pérez, E., Villalobos-Reyes, S. & Díaz-Espino, L. F. (2018). *Manejo de artrópodos-plaga del cultivo de la fresa en la Región del Bajío, México* (Folleto Técnico No. 12). Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.

González-García, J. L., Guevara-González, R. G., Torres-Pacheco, I., Ocampo-Velázquez, R. V., Feregrino-Pérez, A. A., Rico-García, E. & Mercado-Luna, A. (2015). El silicio en la resistencia de las plantas a enfermedades y plagas. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 6(5), 1085–1094.
<https://doi.org/10.29312/remexca.v6i5.594>



- Guerriero, G., Legay, S., Guerriero, N., Hausman, J. F., & Siddiqui, K. S. (2016). Silicon and plants: Current knowledge and technological perspectives. *Frontiers in Plant Science*, 7, Article 463. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.00463>
- Kirschbaum, D. S., Gambardella, M., Correa-Antonio, J., & Santos, B. M. (2021). Strawberry production in the Americas. *Frontiers in Plant Science*, 12, 638. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.638>
- Pavela, R., & Benelli, G. (2016). Ethnobotanical knowledge on botanical repellents and insecticides: A review. *Environmental Science and Pollution Research*, 23(24), 24614–24633. <https://doi.org/10.1007/s11356-016-7926-0>
- Pazmiño, P., Lema, G., Mendoza, D., Velástegui, G. & Vásquez, C. (2018). Parámetros biológicos de *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) alimentado sobre dos cultivares de fresa en Ecuador. *Bioagro*, 30(3), 229–234. <https://revistas.uclave.org/index.php/bioagro/article/view/2722>
- Pieterse, C. M., Van der Does, D., Zamioudis, C., Leon-Reyes, A., & Van Wees, S. C. (2012). Hormonal modulation of plant immunity. *Annual Review of Cell and Developmental Biology*, 28, 489–521. <https://doi.org/10.1146/annurev-cellbio-092910-154055>
- Rengasamy, S., Thirusangu, P., M, S., & K, S. (2023). Role of silica in plant defense against insect pests. *Frontiers in Plant Science*, 14, 1152168. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1152168>
- Ruppel, R. F. (1983). Cumulative insect-days as an index of crop protection. *Journal of Economic Entomology*, 76(2), 290–293. <https://doi.org/10.1093/jee/76.2.290>
- Villegas-Elizalde, S. E., Rodríguez-Maciel, J. C., Anaya-Rosales, S., Sánchez-Arroyo, H., Hernández-Morales, J., & Ramírez-Ramírez, I. (2010). Resistencia de poblaciones de la araña roja *Tetranychus urticae* Koch a acaricidas en plantaciones de fresa en Zamora, Michoacán, México. *Agrociencia*, 44(5), 529–535. <https://doi.org/10.47163/agrociencia.v44i5.352>



El extracto etanólico de cola de caballo como inductor de resistencia de plantas de fresa cv Warrior a araña roja

Ethanollic extract of horsetail as an inducer of resistance to red spider mites in strawberry plants cv Warrior

Francisco Ortiz-Ramos¹, Luis Patricio Guevara-Acevedo^{2§}, María Eugenia Gallardo-Rodríguez², Raúl René Robles-Lacayo², Sarahyt Santamaría González-Figueroa³, Ricardo Yáñez-López²

^{1,2}Estudiante, investigador. Tecnológico Nacional de México—campus Roque. ³Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. [§]Autor de correspondencia: (luis.ga@roque.tecnm.mx).

Resumen

El presente estudio evaluó el efecto del extracto de cola de caballo (*Equisetum arvense*) a diferentes tiempos de residualidad sobre ácaros araña roja *Tetranychus urticae* en plantas de fresa cv Warrior, bajo condiciones de laboratorio. Esta plaga afecta significativamente la producción de fresa, mientras que el uso excesivo de acaricidas químicos ha generado resistencia y efectos negativos ambientales. Se analizaron tiempos de residualidad de 24, 48, 72, 96 y 168 h, considerando supervivencia, mortalidad, repelencia y oviposición. Los resultados mostraron mayor efectividad a las 24 h, con aumento en la mortalidad, reducción de la supervivencia y menor oviposición. La repelencia también fue más alta en los primeros periodos y disminuyó con el tiempo. En conclusión, el extracto de cola de caballo presentó un efecto inmediato y de baja persistencia, con potencial como alternativa de manejo integrado de plagas.

Palabras clave: actividad biológica, mortalidad, oviposición.

Abstract

This study evaluated the effect of horsetail (*Equisetum arvense*) extract at different residual times on two-spotted spider mites *Tetranychus urticae* in strawberry plants cv Warrior, under

laboratory conditions. This pest significantly affects strawberry production, while the excessive use of chemical acaricides has led to resistance and negative environmental impacts. Residual times of 24, 48, 72, 96, and 168 h were analyzed, considering survival, mortality, repellency, and oviposition. The results showed greater effectiveness at 24 h, with increased mortality, reduced survival, and lower oviposition. Repellency was also higher in the initial periods and decreased over time. After 72 h, the extract's efficacy decreased, reaching values close to the control. In conclusion, the horsetail extract showed an immediate effect with low persistence, demonstrating potential as an alternative for integrated pest management.

Index words: biological activity, mortality, oviposition.

Introducción

La fresa destaca por sus cualidades nutritivas (Aguilar-Tlatelpa et al., 2019) y organolépticas, como su sabor, color, tamaño y firmeza (López-Valencia et al., 2018), lo que ha favorecido el incremento de su producción en México durante los últimos años (SIACON, 2019). Sin embargo, este cultivo se ve afectado por la araña roja de dos puntos *Tetranychus urticae*, considerada una de las principales plagas en las zonas productoras de fresa, capaz de reducir hasta un 70 % la



producción debido al daño ocasionado en la calidad del fruto. Este ácaro se alimenta succionando la savia de las hojas, provocando bronceado, secado e incluso la muerte de la planta. El control de esta plaga mediante acaricidas tradicionales ha generado problemas de resistencia y contaminación ambiental, debido al uso excesivo de ingredientes activos (Bujanos-Muñiz et al., 2018). Por ello, es necesario buscar alternativas biológicas más seguras y eficientes (Cortés-Hernández et al., 2023). En este sentido, los extractos vegetales han sido estudiados por ser amigables con el medio ambiente, de fácil degradación y baja toxicidad para los humanos (Choudhury et al., 2018). Además, diversos estudios han demostrado que los fitoquímicos presentes en las plantas poseen efectos fungicidas. Incluso, el uso de *Equisetum arvense* fue aprobado como fungicida por la Unión Europea (EFSA, 2020). Ante los problemas fitosanitarios presentes en el cultivo de fresa cv Warrior, el objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de residualidad de aplicaciones foliares de cola de caballo como inductor de resistencia a araña roja.

Materiales y métodos

El estudio se realizó en el laboratorio de Fitosanidad del Instituto Tecnológico de México, campus Roque, bajo condiciones controladas. Se utilizaron plántulas de fresa cv Warrior establecidas en bolsas de polietileno con sustrato de tierra lama, tezontle y Peat Moss (1:1:1), con riegos cada tercer día. Para obtener los organismos experimentales, se estableció una colonia madre de araña roja *Tetranychus urticae* Koch en jaulas entomológicas con plantas de frijol peruano infestadas, asegurando la reproducción del ácaro.

El tratamiento consistió en la aplicación foliar de extracto de cola de caballo al 10 %, preparado con 100 mL de extracto por litro de alcohol al 70 %, aplicado sobre 15 plantas de fresa. Como

testigo, se seleccionaron tres plantas sin tratamiento cuando alcanzaron la cuarta hoja verdadera. De estas se obtuvieron cuadros foliares de 2×2 cm, colocados en cajas Petri modificadas sobre algodón humedecido. En cada cuadro se introdujeron diez hembras grávidas de *T. urticae*, las evaluaciones se realizaron cada 24 h durante cuatro días, registrando número de ácaros vivos, muertos, repelidos y huevos. Paralelamente, se evaluó la residualidad del extracto a las 24, 48, 72, 96 y 168 h, siguiendo la misma metodología del testigo.

Los datos se expresaron en porcentajes y se sometieron a transformación angular. Además, se utilizó la fórmula de Ruppel: $\text{ácaros/día/hoja} = \frac{1}{2} (\text{población inicial} + \text{población final}) \times \text{tiempo}$. Finalmente, los datos fueron analizados mediante Anova y prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) utilizando SAS Systems for Windows versión 9.3.

Resultados y discusión

El análisis de la supervivencia de hembras grávidas de *T. urticae* en plantas de fresa cv Warrior tratadas con extracto de cola de caballo mostró diferencias entre los tiempos de residualidad evaluados 24, 48, 72, 96 y 168 h. El tratamiento testigo presentó la mayor supervivencia con 80.53 %, confirmando la ausencia de efecto del extracto. En contraste, a las 24 h se registró la menor supervivencia con 40.12 %, indicando una mayor eficacia del tratamiento (**Figura 1**).

A las 48 h y 96 h se obtuvieron valores intermedios de 53.70 % y 50.90 %, respectivamente. Por su parte, a las 72 h la supervivencia aumentó a 66.49 %, reflejando una disminución en el efecto del extracto. Finalmente, a las 168 h se registró una supervivencia de 77.50 %, evidenciando la pérdida de efectividad conforme aumentó el tiempo de residualidad (**Figura 1**).

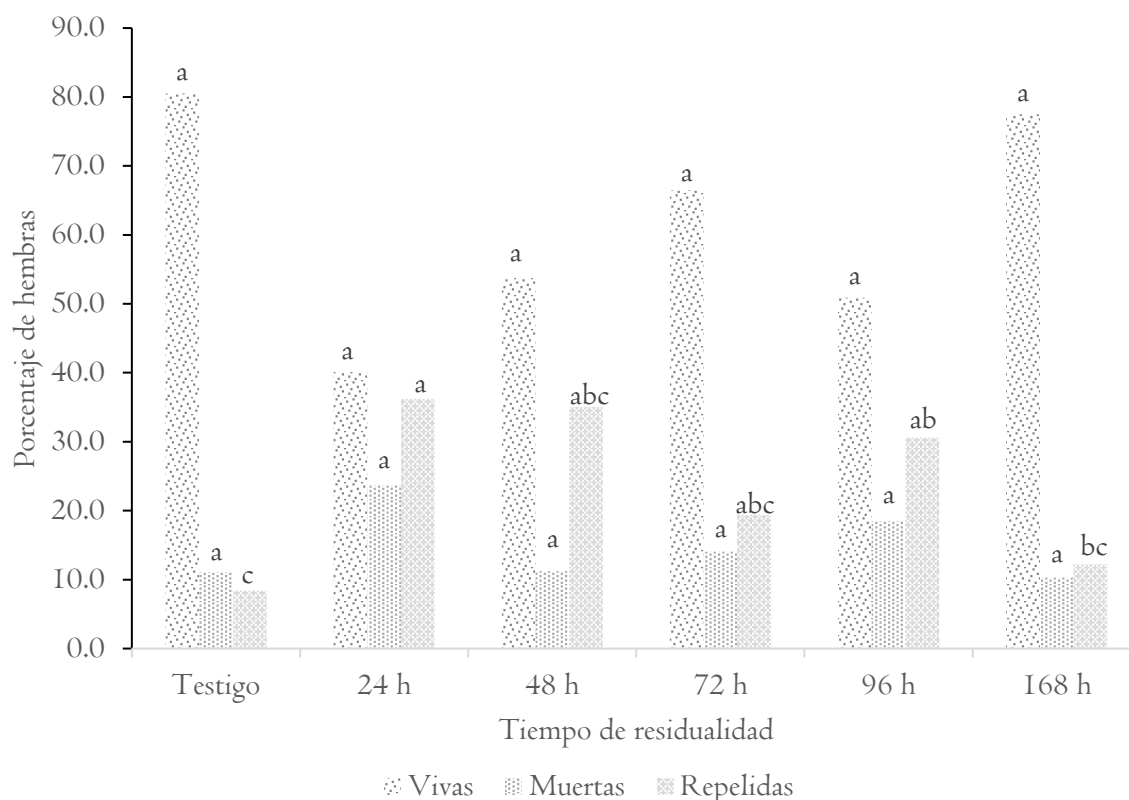


Figura I. Efecto de residualidad de cola de caballo como control biológico a araña roja en hojas de fresa cv Warrior. Letras distintas por variable indican diferencias estadísticas significativas (Tukey, 0.05).

Estos resultados coinciden con lo reportado por Trebbi et al., (2021), quienes señalaron que el macerado de *Equisetum arvense* redujo los síntomas de tizón tardío causado por *Phytophthora infestans* en tomate. Asimismo, Andreu et al. (2018) demostraron el efecto antifúngico del extracto al inhibir el crecimiento de *Botrytis allii*, *Botrytis cinerea* y *Penicillium expansum* con reducciones del 13, 23 y 8 %, respectivamente.

En la evaluación de mortalidad de *T. urticae* en plantas de fresa cv Warrior, el tratamiento a 24 h presentó el mayor porcentaje de mortalidad con 23.67 %, indicando una mayor efectividad del extracto en las primeras horas posteriores a la aplicación. Posteriormente, el tratamiento a 96 h registró 18.50 % de mortalidad, seguido del tratamiento a 72 h con 14.08 %. Por otro lado, el tratamiento a 48 h presentó 11.23 % de

mortalidad, mostrando un comportamiento similar al tratamiento testigo, el cual registró 11.06 %. Finalmente, el tratamiento a 168 h presentó el menor porcentaje de mortalidad con 10.29 %, evidenciando la disminución progresiva del efecto del extracto conforme aumentó el tiempo de residualidad.

Estos resultados coinciden con lo reportado por Leal-Jiménez et al. (2024), quienes evaluaron extractos etanólicos de (*Swietenia humilis*, *Azadirachta*) indica y Argemone mexicana contra *Spodoptera frugiperda*, donde el extracto de neem al 10 % presentó el mayor efecto insecticida. En comparación, el extracto de *Equisetum arvense* mostró un efecto menor y una menor persistencia en el tiempo. El valor más alto de repelencia se observó a las 24 h, alcanzando 36.21 %, lo que indica una respuesta inmediata del ácaro ante los compuestos presentes en el extracto. A las 48 h se



mantuvo un nivel similar 35.07 %, sin diferencias significativas entre ambos periodos, lo que sugiere que el efecto disuasivo se conserva durante las primeras horas.

Conforme aumentó el tiempo de residualita, la repelencia mostró una tendencia descendente. A las 96 h se registró un 30.60 %, mientras que a las 72 h el valor fue de 19.43 %, reflejando una reducción en la intensidad del efecto. En contraste, el tratamiento testigo presentó un porcentaje bajo 8.41 %, evidenciando la ausencia de estímulos que provoquen el desplazamiento de los individuos. Finalmente, a las 168 h la repelencia disminuyó a 12.21 %, acercándose a los niveles del testigo. Los resultados obtenidos coinciden con lo reportado por Aguilar-Astudillo et al. (2022), quienes encontraron una repelencia superior al 50 % en *Trialeurodes vaporariorum* al utilizar extractos de *Origanum vulgare*, indicando que el efecto repelente aumenta con dosis mayores.

En la evaluación del número de *HHD* de *T. urticae* en plantas de fresa cv Warrior, el tratamiento testigo presentó el mayor número de huevos con 362.40. Posteriormente, el tratamiento a 168 h registró 222.00 huevos, seguido del tratamiento a 72 h con 198.40 huevos y a 96 h con 193.40 huevos. Por otro lado, los menores valores se observaron en los tratamientos 24 h y 48 h, con 95.80 y 90.00 huevos, respectivamente. Estos resultados muestran que la oviposición fue menor en las primeras horas posteriores a la aplicación del tratamiento, aumentando gradualmente conforme disminuyó el efecto residual (**Figura 2**). Este comportamiento contrasta con lo reportado por Vicentini et al., (2015), quienes encontraron que el extracto etanólico de *Cymbopogon winterianus* Jowitt provocó una mortalidad del 86 % en huevos de *T. urticae*. Esto sugiere que la cola de caballo presenta un efecto más limitado, reduciendo temporalmente la oviposición.

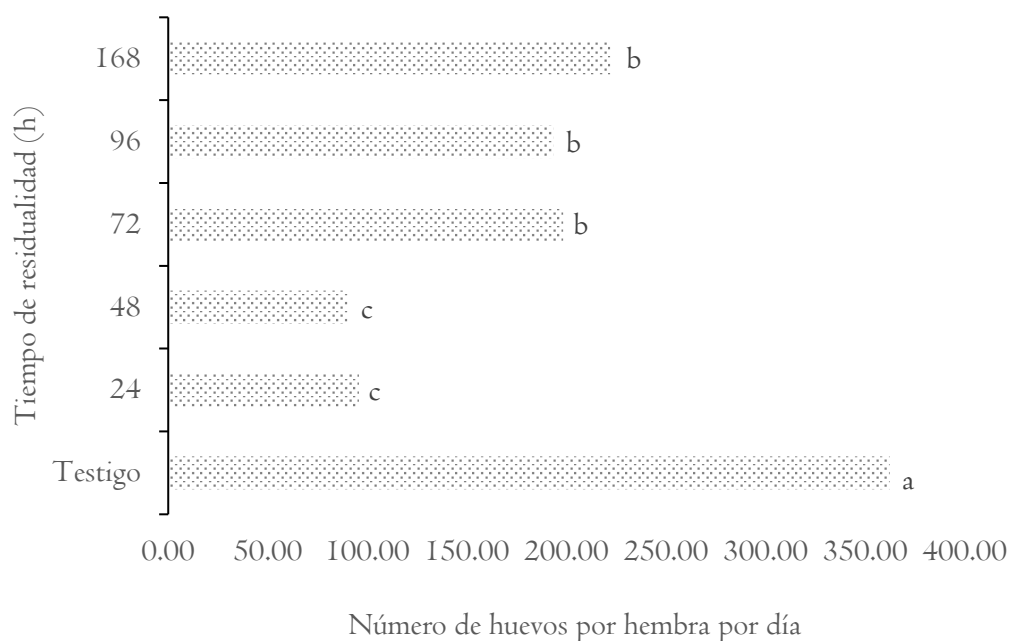


Figura 2. Efecto de residualidad de cola de caballo como control biológico a araña roja en hojas de fresa cv Warrior. Letras distintas indican diferencias estadísticas significativas (Tukey, 0.05).



Conclusión

El extracto de cola de caballo presenta mayor efectividad en las primeras 24 h, reduciendo la supervivencia, oviposición y aumentando la mortalidad y repelencia en *T. urticae*. Por lo que se recomienda como una alternativa de acción inmediata.

Referencias

- Aguilar-Astudillo, E. (2022). *Agricultural Sciences Research*. Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad Autónoma de Chiapas.
<https://doi.org/10.3390/foods13091348>
- Aguilar-Tlatelpa, M., Volke-Haller, V., Sánchez-García, P., Pérez-Grajales, M. & Fajardo-Franco, M. L. (2019). Concentración y extracción de macronutrientes en cuatro variedades de fresa. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 10(6), 1287–1299.
<https://doi.org/10.29312/remexca.v10i6.1552>
- Andreu, V., Levert, A., Amiot, A., Cousin, A., Aveline, N. & Bertrand, C. (2018). Chemical composition and antifungal activity of plant extracts traditionally used in organic and biodynamic farming. *Environmental Science and Pollution Research*, 25(30), 29971–29982. <https://doi.org/10.1007/s11356-018-1320-z>
- Bujanos-Muñiz, R., Marín-Jarillo, A., González-Pérez, E., Villalobos-Reyes, S. & Díaz-Espino, L. F. (2018). *Manejo de artrópodos-plaga del cultivo de la fresa en la Región del Bajío, México* (Folleto Técnico No. 12). INIFAP.
<https://doi.org/10.3390/plants11233201>
- Cortés-Hernández, F. del C., Alvarado-Castillo, G. & Sánchez-Viveros, G. (2023). *Trichoderma* spp., una alternativa para la agricultura sostenible: Una revisión. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 25(2), 73–87.
<https://doi.org/10.15446/rev.colomb.biote.v25n2.111384>
- Choudhury, D., Dobhal, P., Srivastava, S., Saha, S. & Kundu, S. (2018). Role of botanical plant extracts to control plant pathogens. *Indian Journal of Agricultural Research*, 52(4), 341–346. <https://doi.org/10.18805/ijare.a-5005>
- European Food Safety Authority [EFSA]. (2020). Technical report on the outcome of the consultation with Member States and EFSA on the basic substance application for approval of *Equisetum arvense* for the extension of use in plant protection against fungal diseases on horticulture and vegetable crops. *EFSA Supporting Publications*, 17(5), e1869E.
<https://doi.org/10.2903/sp.efsa.2020.ENI869>
- Handari, S., Yadav, P. & Taha-Sarhan, A. (2021). Botanical fungicides; current status, fungicidal properties and challenges for wide scale adoption: A review. *Reviews in Food and Agriculture*, 2(2), 63–68.
<https://doi.org/10.26480/rfna.02.2021.63.68>
- Leal-Jiménez, L. M., García-Gutiérrez, C., Lagunez-Rivera, L., Cortez-Mondaca, E., Medina-Godoy, S. & Sainz-Hernández, J. C. (2024). Insecticidal and Antifeedant Effect of Plant Extracts Against *Spodoptera frugiperda* L. *Southwestern Entomologist*, 49(2), 1–7.
<https://doi.org/10.3958/059.049.0211>
- López-Valencia, D., Sánchez-Gómez, M., Acuña-Caita, J. F. & Fischer, G. (2018). Propiedades fisicoquímicas de siete variedades destacadas de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cultivadas en Cundinamarca (Colombia), durante su maduración. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 19(1), 147–162.
https://doi.org/10.21930/rcta.vol19_num1_art:530
- SIACON. (2019). *Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta* (Modulo agrícola estatal del SIACON-NG). SIAP-SADER.
<https://www.gob.mx/siap/documentos/siac-on-ng-161430>
- Trebbi, G., Negri, L., Bosi, S., Dinelli, G., Cozzo, R. & Marotti, I. (2021). Evaluation of *Equisetum arvense* (Horsetail Macerate) as a



Copper Substitute for Pathogen Management
in Field-Grown Organic Tomato and Durum
Wheat Cultivations. *Agriculture*, *11*(1), 5.

[https://doi.org/10.3390/agriculture110100](https://doi.org/10.3390/agriculture11010005)

05



Residualidad de diatomea como inductor de resistencia a araña roja en fresa cv Warrior

Residuality of diatomix as an inducer of resistance to red spider mite in strawberry cv. Warrior

Jose Antonio Rosas-Arias¹, Luis Patricio Guevara-Acevedo^{2§}, María Victoria Rodríguez-García², Ricardo Yáñez-López², Sarahyt Santamaría González-Figueroa³, Hans Blanquet²

^{1,2}Estudiante, investigador. TecNM. Campus Roque. ³Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. [§]Autor de correspondencia: (luis.ga@roque.tecnm.mx).

Resumen

El objetivo de la investigación fue evaluar el efecto de diatomea sobre la dinámica poblacional de *Tetranychus urticae* en fresa cv. Warrior. la cual causa daños severos y presenta resistencia a acaricidas químicos. El experimento se realizó en laboratorio comparando un testigo y un tratamiento con diatomix (2 g L⁻¹), evaluando mortalidad, repelencia y oviposición a 24, 48, 72, 96 y 168 h. Los resultados mostraron una reducción significativa de la población y la oviposición durante las primeras 72 h, con aumento en la repelencia. Sin embargo, posteriormente se observó una recuperación parcial, indicando que su efecto es temporal. En conclusión, el diatomix es una alternativa viable en el manejo integrado de plagas, aunque requiere aplicaciones complementarias para mantener su eficacia.

Palabras clave: antibiosis, manejo integrado de plagas, tierra de diatomeas.

Abstract

The objective of this study was to evaluate the effect of diatomix on the population dynamics of *Tetranychus urticae* in strawberry cv. Warrior, a pest that causes severe damage and has developed resistance to chemical acaricides. The experiment was conducted under laboratory conditions,

comparing a control treatment and a diatomix treatment (2 g L⁻¹), evaluating mortality, repellency, and oviposition at 24, 48, 72, 96, and 168 hours. The results showed a significant reduction in population and oviposition during the first 72 hours, along with an increase in repellency. However, a partial recovery was observed afterward, indicating that its effect is temporary. In conclusion, diatomix is a viable alternative in integrated pest management, although it requires complementary applications to maintain its effectiveness.

Index words: antibiosis, integrated pest management, diatomaceous earth.

Introducción

La fresa (*Fragaria × ananassa*) es un cultivo de gran importancia económica y nutricional, ampliamente producido en regiones templadas por su alto valor comercial (Sader, 2017). Su demanda ha incrementado en los últimos años debido a su valor en la alimentación saludable (InfoAgro, 2025). México se posiciona como uno de los principales productores a nivel mundial, con una producción superior a 640 mil toneladas anuales (Sader, 2024). Además, presenta altos niveles de tecnificación en su cultivo (UMFFAAC, 2024).

Entre las variedades modernas destaca el cv Warrior, el cual presenta alta productividad y



calidad de fruto (Sader, 2022). Sin embargo, el cultivo enfrenta problemas fitosanitarios importantes, especialmente la araña roja (*Tetranychus urticae*), considerada una de las principales plagas por su alta capacidad reproductiva (Zhang et al., 2019). Este ácaro provoca daños severos en la planta (Inta, 2024) y su control se dificulta por la resistencia a productos químicos (Cacuango et al., 2023). Ante esta problemática, el diatomix surge como una alternativa ecológica basada en tierra de diatomeas (Fao, 2018). Su acción es física, ya que provoca la deshidratación de los ácaros al dañar su cutícula (Korunic, 2016). Por lo anterior, el objetivo de este estudio fue evaluar el efecto del diatomix sobre la dinámica poblacional de *Tetranychus urticae* en plantas de fresa cv. Warrior.

Materiales y métodos

El ensayo se realizó en el Laboratorio de Fitosanidad del Tecnológico Nacional de México, campus Roque. Se establecieron plántulas de fresa cv. Warrior en bolsas con sustrato (tierra lama y peat moss 1:1), previamente tratadas con *Trichoderma*. El manejo incluyó riego periódico y fertilización con nitrato de calcio. Se estableció una colonia madre de *Tetranychus urticae* en plantas de frijol para asegurar disponibilidad de individuos. Para los bioensayos, se utilizaron fragmentos de hojas de fresa colocados en cajas Petri, donde se introdujeron hembras grávidas bajo condiciones controladas. Se evaluaron dos tratamientos: un testigo sin aplicación y otro con diatomix (2 g L⁻¹ + adherente). Las evaluaciones se realizaron a 24, 48, 72, 96 y 168 h, registrando individuos vivos, muertos, repelidos y oviposición.

El diseño permitió analizar tanto el efecto inmediato como la residualidad del producto sobre la población del ácaro. Los datos fueron transformados y analizados mediante Anova y

prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) en SAS (2019), además de calcular la variable huevos por hembra por día (*HHD*) mediante la fórmula de Meyer.

Resultados y discusión

Los resultados de la **Figura I** muestran cambios en la dinámica poblacional de *T. urticae* en fresa cv. Warrior tras la aplicación de diatomix. En el tratamiento testigo se registró un alto porcentaje de organismos vivos (69.78 %), con baja mortalidad y repelencia, confirmando su alta capacidad de reproducción y adaptación (Van Leeuwen et al., 2015). A las 24 y 48 h se observó una disminución moderada de individuos vivos y un incremento gradual de mortalidad y repelencia, lo que sugiere un efecto progresivo del producto. Esto se debe a su mecanismo de acción físico, basado en la abrasión de la cutícula y la deshidratación de los ácaros (Athanasios et al., 2018).

El mayor efecto se registró a las 72 h, con menor número de organismos vivos y mayor repelencia, indicando que el producto también genera efectos disuasivos en el comportamiento del ácaro (Isman, 2020). Sin embargo, a las 96 h se observó un aumento de individuos vivos y una disminución en mortalidad y repelencia, posiblemente por la reducción del efecto del producto o reinfestación (Santamaría et al., 2020). A las 168 h, los valores se estabilizaron en niveles intermedios, lo que confirma que el efecto del diatomix es temporal y requiere estrategias complementarias para un control eficaz (Abdel et al., 2026). En general, el diatomix presenta un efecto importante en el control de *T. urticae*, principalmente en las primeras 72 h, destacando más por su acción repelente que letal. Esto sugiere su uso como herramienta complementaria en el manejo integrado de plagas.

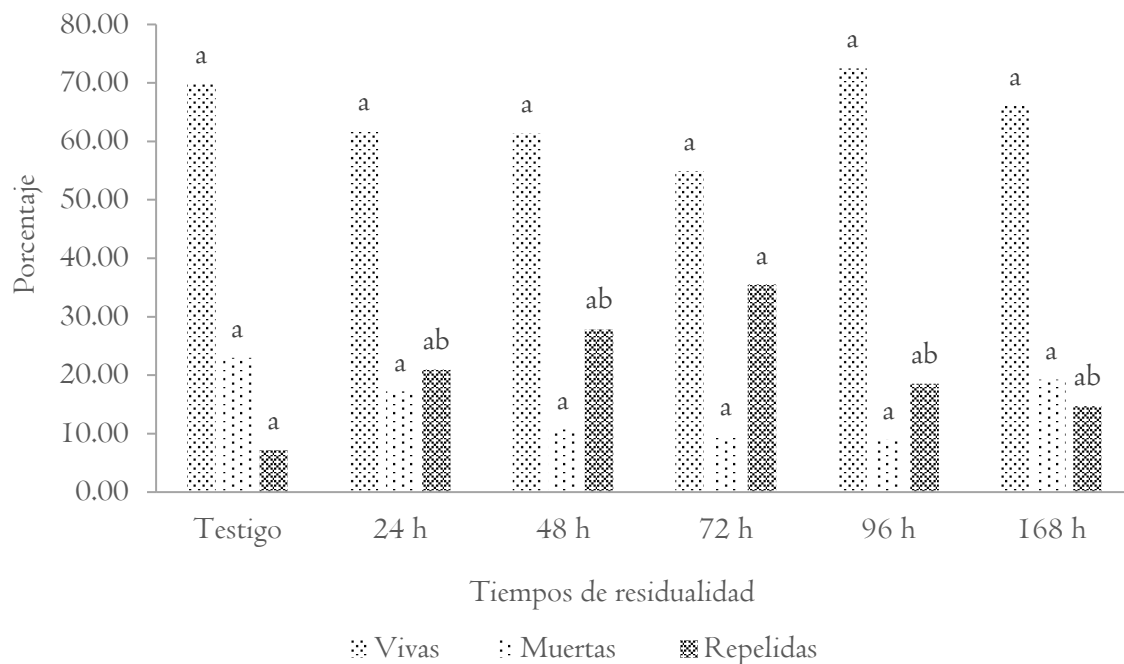


Figura 1. Efecto de la residualidad de aplicaciones foliares de diatomix en la supervivencia, mortalidad y repelencia de *Tetranychus urticae* Koch en hojas de fresa cv Warrior. Letras distintas por variable indican diferencias estadísticas significativas (Tukey, 0.05).

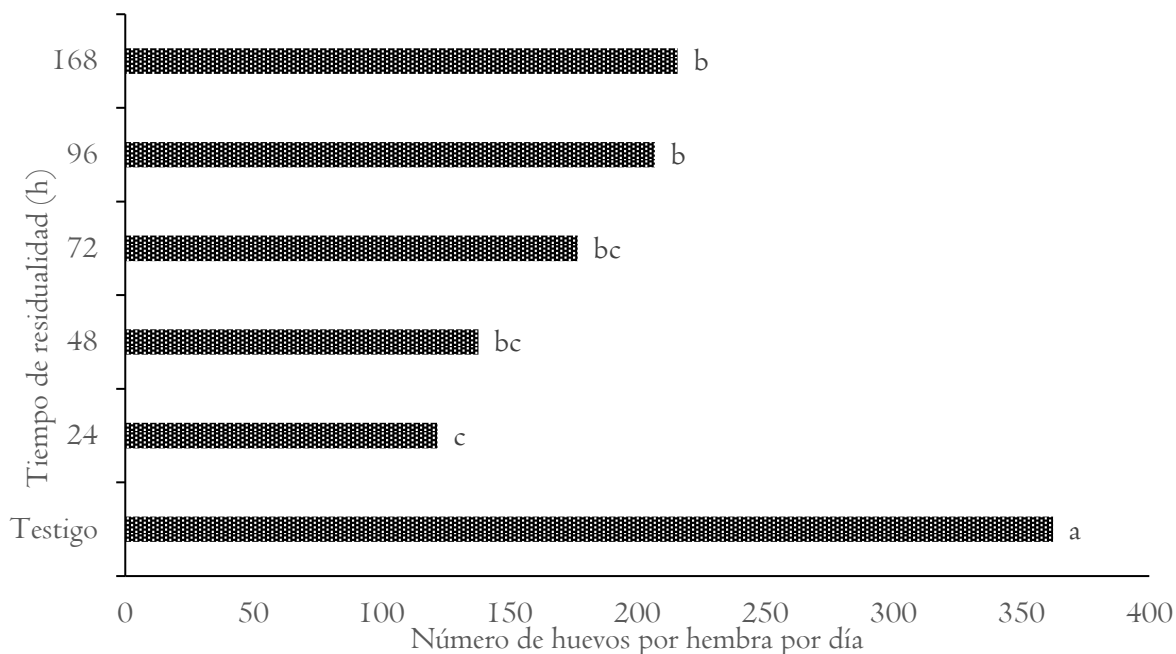


Figura 2. Número de huevos por hembra por día (HHF) ovipositados por araña roja en diferentes tiempos de residualidad de aplicaciones foliares de diatomix. Letras distintas indican diferencias estadísticas significativas (Tukey, 0.05).



El comportamiento de los huevos por hembra por día (*HHID*) (**Figura 2**) muestra tres fases: un valor inicial alto, una reducción drástica tras el tratamiento y una recuperación progresiva. Inicialmente (362.4 *HHID*), se evidencia la alta capacidad reproductiva de *Tetranychus urticae*, característica ampliamente documentada en estudios recientes sobre su biología y fecundidad (Riahi et al., 2017). Después de aplicar diatomix, el valor disminuye a 122 *HHID*, indicando un efecto inmediato sobre la fecundidad, como lo reportan Campos et al. (2016). En los tiempos posteriores 48 a 168 h, se observa un incremento gradual (137.9 a 215.8 *HHID*), lo que indica una recuperación parcial sin alcanzar los niveles iniciales, coincidiendo con lo señalado por Rincón et al. (2018). Este comportamiento refleja la capacidad de adaptación de la plaga, ya que los productos minerales reducen la fecundidad de forma temporal (Pavela, 2016) y las poblaciones pueden recuperarse tras tratamientos no sistémicos (Cuthbertson et al., 2018).

La tendencia ascendente moderada sugiere una recuperación gradual, lo que implica la necesidad de aplicaciones repetidas para mantener el control (Ismail et al., 2020). A diferencia de los acaricidas químicos, que generan efectos más prolongados, pero favorecen la resistencia (Sparks et al., 2015), el diatomix reduce la presión de selección sobre la plaga. En general, el tratamiento actúa como un regulador temporal de la reproducción más que como un método de control definitivo.

Conclusión

Los resultados demuestran que el diatomix reduce significativamente la población de *Tetranychus urticae* durante las primeras 72 h; sin embargo, su efecto es temporal, ya que posteriormente se observa una recuperación parcial. Su acción puede explicarse mediante mecanismos de **antibiosis**, al afectar la supervivencia y reproducción del ácaro, y **antixenosis**, al generar efectos de repelencia. En conclusión, el diatomix es una alternativa viable dentro del manejo integrado de plagas, especialmente como complemento de otras

estrategias para disminuir la infestación inicial y reducir el uso de acaricidas químicos.

Referencias

- Abdel Razik, M. A., Al-Askar, A. A., Abdelkhalek, A., Behiry, S. I. & Hafez, E. E. (2026). Artículo sobre control de plagas en plantas. *Plants*, 15(1), 45. <https://doi.org/10.3390/plants15010045>
- Athanassiou, C. G., Kavallieratos, N. G. & Benelli, G. (2018). Insecticidal efficacy of diatomaceous earths against stored-product insects. *Insects*, 9(3), 96. <https://www.mdpi.com/2075-4450/9/3/96>
- Cacuango, D., Paspuel, M., Viteri, P. & Sotomayor, A. (2023). Estudio sobre resistencia de ácaros a acaricidas. *FAO AGRIS*. <https://agris.fao.org/search/en/providers/124703/records/67051481b1dfe472e1457aa1>
- Campos, M. R., Ribeiro, N. C., Silva, I. W. & Oliveira, E. E. (2016). Effects of botanical extracts on arthropods. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 128, 1-10. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048357516301912>
- Cuthbertson, A. G. S., Collins, D. A., Blackburn, L. F., Audsley, N. & Walters, K. F. A. (2018). Biological control of arthropods. *Insects*, 9(2), 45. <https://www.mdpi.com/2075-4450/9/2/45>
- Food and Agriculture Organization (Fao). (2018). *Diatomaceous earth: Use in pest control*. <https://www.fao.org/3/i9031es/I9031ES.pdf>
- InfoAgro. (2025). *Producción nacional de berries en México*. <https://mexico.infoagro.com/produccion-nacional-de-berries/>
- Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (Inta). (2024). *Fresa: tendencias y perspectivas productivas*. https://repositorio.inta.gob.ar/bitstream/handle/20.500.12123/12010/INTA_CRTucuman-



- Santiago_EEAFamailla_Kirschbaum_DS_Fresa_tendencias_y_perspectivas.pdf
- Ismail, M., Zhang, Z., Liu, Y. & Wang, X. (2020). Insecticide resistance and pest management. *Insects*, 11(12), 857. <https://www.mdpi.com/2075-4450/11/12/857>
- Isman, M. B. (2020). Botanical insecticides in pest management. *Annual Review of Entomology*, 65, 233-249. <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-011019-025010>
- Korunic, Z. (2016). *Diatomaceous earths, a group of natural insecticides*. De Gruyter. <https://www.degruyter.com/document/doi/10.1515/9783110476521/html>
- Pavela, R. (2016). Essential oils for pest control. *Crop Protection*, 88, 1-12. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0261219416300273>
- Riahi, E., Shishehbor, P., Nemati, A. & Saeidi, Z. (2017). Life table parameters of *Tetranychus urticae* on different host plants. *Systematic and Applied Acarology*, 22(9), 1399-1410. <https://doi.org/10.11158/saa.22.9.7>
- Rincón, R. A., Rodríguez, C., Morales, P. & Flores, J. (2018). Pest population dynamics and control. *Crop Protection*, 105, 10-18. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1049964420301158>
- Santamaría, M. E., Arnaiz, A., Velasco-Arroyo, B., Grbic, V., Díaz, I. & Martínez, M. (2020). Plant defenses against herbivores. *Frontiers in Plant Science*, 11, 1156. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpls.2020.011156/full>
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (Sader). (2017). *Fresa: delicia mundial*. <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/fresa-delicia-mundial>
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (Sader). (2022). *Producción nacional de fresa en México*. <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/quiere-la-nina-fresa-mexico-y-su-produccion-nacional>
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (Sader). (2024). Producción de berries en México. <https://inceptum.umich.mx/index.php/inceptum/article/download/464/543/565>
- Unión Mexicana de Fabricantes y Formuladores de Agroquímicos (UMFFAC). (2024). *La fresa en México*. <https://holaagro.umffac.org.mx/se-consolida-la-fresa-como-la-reina-de-las-berries/>
- Van Leeuwen, T., Tirry, L., Yamamoto, A., Nauen, R. & Dermauw, W. (2015). The economic importance of acaricide resistance. *Annual Review of Entomology*, 60, 489-506. <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-010715-023907>
- Zhang, D., Spadaro, D., Garibaldi, A. & Gullino, M. L. (2019). Biology and control of *Tetranychus urticae*. *Journal of Economic Entomology*, 112(6), 2500-2509. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31672346/>



Efectividad biológica del hongo *Paecilomyces* sp. en la mortalidad de larva de *Tenebrio*

Biological effectiveness of the fungus *Paecilomyces* sp. on the *Tenebrio* larvae mortality

José David Ochoa-Mancera¹, Luis Patricio Guevara-Acevedo^{2§}, Sarahyt Santamaria Gonzales-Figueroa³,
Ricardo Yáñez-Lopez², María Victoria Rodríguez-Garcías², Daniel Rodríguez-Mercado², Hans Blanquet²

^{1,2}Estudiante, investigador. Tecnológico Nacional de México-Campus Roque. ³Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. [§]Autor de correspondencia: (luis.ga@roque.tecnm.mx).

Resumen

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en el laboratorio de Fitosanidad ubicado en el Tecnológico Nacional de México campus Roque (TecNMR). Consistió el cultivo del hongo de *Paecilomyces* sp. en medio PDA y la aplicación de cuatro concentraciones de inocuo y un testigo, desde 1×10^5 hasta 1×10^8 esporas mL^{-1} , sobre grupos de 20 larvas de *Tenebrio molitor* distribuidos en 25 unidades experimentales bajo un diseño completamente al azar con cuatro dosis, cinco repeticiones y un testigo absoluto. Los resultados revelaron una correlación positiva y direccional entre la carga de conidios y la mortalidad de los ejemplares, observándose que la efectividad del hongo se incrementa de forma progresiva con el tiempo de exposición. El mayor índice de mortalidad alcanzando fue de 22.92 % a las 336 h utilizando la concentración más alta de 1×10^8 lo que sugiere un periodo de incubación prolongado para la colonización. A pesar de la patogenidad confirma el porcentaje de mortalidad obtenido se situó por debajo del umbral de eficacia moderada del 50 % lo cual podría atribuirse a la resistencia física del exoesqueleto del *T. molitor* o la necesidad de condiciones ambientales más específicas para potenciar la virulencia de la cepa empleada. Este trabajo aporta datos fundamentales sobre la interacción patógeno-hospedero, subrayando que el tiempo de acción es un factor determinante en la efectividad del hongo, donde la muerte del insecto no es inmediata sino un proceso

acumulativo que depende de la carga crítica de inóculo para vencer el sistema de la larva y lograr su eventual degradación cuticular mediante enzimas específicas

Palabra clave: control biológico, entomopatógeno, manejo integrado de plagas, *Tenebrio molitor*.

Abstract

The present research was carried out in the Phytosanitary laboratory located at the National Technological Institute of Mexico, Roque campus (TecNMR). It involved the cultivation of the *Paecilomyces* sp. fungus on PDA medium and the application of four concentrations of inoculum and a control, from 1×10^5 to 1×10^8 spores mL^{-1} , on groups of 20 *Tenebrio molitor* larvae distributed across 25 experimental units under a completely randomised design with four doses, five replicates and absolute control. The results revealed a positive and directional correlation between the conidial load and the mortality of the specimens, showing that the fungus's effectiveness progressively increased with exposure time. The highest mortality rate reached was 22.92 % at 336 h using the highest concentration of 1×10^8 , suggesting a prolonged incubation period for colonisation. Despite the confirmed pathogenicity, the mortality rate obtained was below the moderate efficacy threshold of 50 %, which could be attributed to the physical resistance of the *Tenebrio molitor* exoskeleton or the need for more specific environmental conditions to



enhance the virulence of the strain used. This study provides fundamental data on pathogen-host interaction, emphasising that the time of action is a determining factor in the effectiveness of the fungus, where insect death is not immediate but a cumulative process that depends on the critical inoculum load to overcome the larval system and achieve eventual cuticular degradation through specific enzymes.

Index words: biological control, entomopathogen, integrated pest management, *Tenebrio molitor*.

Introducción.

Actualmente se conocen más de 750 especies de hongos entomopatógenos relacionados con varios órdenes de insectos como coleópteros, dípteros, lepidópteros y otros artrópodos, como los arácnidos (Franco et al., 2021). Dentro de este grupo ciertas especies de *Paecilomyces sp* resultan fundamental para el biocontrol, ya que es reportado seguro para el uso en cultivos para consumo humano y de bajo impacto ambiental. Es un género de microorganismos entomopatógenos muy atractivo para el manejo integrado de insectos plaga, principalmente debido a las investigaciones donde muestran inhibición y eliminación de nematodos e insectos (Abbas et al., 2016; Dong et al., 2016).

El proceso biológico inicia cuando estos hongos se encuentran en latencia como esporas asexuales (conidiósporas) que se mantienen así hasta que encuentran a su futuro huésped. Posteriormente, se produce una fase de adhesión en el que las conidiósporas se adhieren a la cutícula del insecto. Más tarde, se desarrolla una fase de germinación y penetración de las conidiósporas donde se liberan enzimas que degradan la cutícula del insecto (lipasas, proteasas y quitinasas) penetrando al interior del hospedador a través de tubos germinativos. Finalmente, se produce una fase de colonización en el que las hifas del hongo colonizan toda la cavidad corporal del hospedador

a través de su sistema circulatorio (hemolinfa) provocando su deshidratación y posterior muerte, transformándose en un esclerocio, que es una masa compacta de micelio endurecido que contiene reservas nutritivas, a través del cual el hongo puede sobrevivir de forma saprófita durante largos periodos de tiempo (Rubio et al., 2000).

Materiales y métodos

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en el laboratorio de Fitosanidad ubicado en el Tecnológico Nacional de México campus Roque. Donde se trabajó con el hongo entomopatógeno *Paecilomyces sp*, con la larva del tenebrio, el cual para obtener más muestras del hongo se cultivaron en la caja petril con medio de cultivo PDA, ya que se obtuvieron 10 copias de *Paecilomyces sp*.

El diseño experimental fue completamente al azar con cinco repeticiones y un testigo absoluto. Para la preparación se realizó una mezcla de agua destilada con Tween 60 con 6 g y con el hongo *Paecilomyces sp*. para entonces se lavaron 25 cajas petril se les hizo un orificio en la tapadera y se le puso una tela organza, dentro de la caja se les puso tres sanitas esterilizadas y se humedecieron con las siguientes dosis 1×10^5 , 1×10^6 , 1×10^7 , 1×10^8 y un testigo el cual solamente se le puso 10 mL de agua destilada, dentro de todo esto en cada caja Petri se agregaron 20 larvas de igual tamaño el cual se realizó el muestro de vivas y muertas en diferente horas los cuales fueron 24, 48, 72, 168 y 336 h. los datos de mortalidad se transformaron a porcentajes, se realizó un análisis de varianza (Anova) y pruebas de medias de Tukey utilizando (SAS) System 9.1.

Resultados y discusión

Los resultados obtenidos muestran que la mortalidad de las larvas del *Tenebrio molitor* es directamente proporcional a la concentración de *Paecilomyces sp.*, alcanzando su punto máximo del 21.47 % con la concentración de 1×10^8 .



Tabla I. Porcentaje de mortalidad de larvas de *Tenebrio molitor* por aplicaciones de *Paecilomyces* en diferentes concentraciones y tiempos de muestreo.

Número de tratamiento/Muestra	Concentración	Mortalidad (%)	Muestreo (h)	Mortalidad (%)
1	1×10^5	14.31 ^b	24	13.13 ^{bc}
2	1×10^6	14.66 ^b	48	9.02 ^{bc}
3	1×10^7	15.05 ^b	72	8.56 ^c
4	1×10^8	21.47 ^a	168	14.74 ^b
5		2.88 ^c	336	22.92 ^a

Letras distintas en columnas indican diferencias estadísticas significativas (Tukey, 0.05).

En cuanto al tiempo de exposición, se observa un incremento significativo en la mortalidad a las 336 h con un 22.92 %, lo que sugiere un periodo de incubación prolongado para que el hongo logre la colonización total del hospedero (Tabla I). Al contrastar los datos con lo reportado por Lagunes-Tejada (1993), quien establece que un tratamiento puede considerarse prometedor cuando alcanza o supera el 50 % de mortalidad, los valores registrados de este trabajo el cual el máximo de 22.92 % se sitúa por debajo de ese umbral de alta eficacia. Esto indica que las condiciones evaluadas, el hongo *Paecilomyces* sp. presenta virulencia moderada frente al *Tenebrio molitor*. Esta diferencia podría deberse al exoesqueleto de las larvas del *Tenebrio* en comparación con otras plagas, o que la cepa utilizada requiere condiciones ambientales más específicas para optimizar su patogenicidad.

Ya que, por otro lado, lo reportado por Sosa-Gomes y Moscardi (2010) indican que los hongos entomopatógenos dependen de una carga crítica de inoculo para vencer el sistema inmune del insecto. ya que basándonos en el cuadro el salto de mortalidad de las 168 h con un porcentaje de 14.74 % a las 336 h con un 22.92 % confirman que el tiempo de acción es un factor determinante, similar a lo que ocurre en otros coleópteros donde la muerte no es inmediata sino progresiva. De igual manera, Miranda-Hernández y Alatorre-Rosas (2020) mencionan que los hongos entomopatógenos como *Metarhizium anisopliae* poseen alta capacidad infectiva gracias a la producción y calidad de conidios. Esto explica el

incremento de mortalidad observando en las concentraciones más utilizadas en el estudio, respecto al tiempo de evaluación los mayores porcentajes de mortalidad se registraron a las 336 h con 22.92 %, mientras que los menores valores se observaron a las 48 y 72 h.

Conclusión

Con la aplicación de *Paecilomyces* sp. se confirma que este hongo infecta a las larvas del *Tenebrio molitor*, logrando una mortalidad máxima del 22.92 % a las 336 h, el tratamiento es prometedor, pero requiere optimización mediante cepas más agresivas o ajustes ambientales para superar el 50 % de eficacia.

Referencias

- Abbas, H., Javed, N., Khan, S. A., Kamran, M. & Atiq, M. (2016). Exploitation of nematicidal potential of *Paecilomyces lilacinus* against root knot nematode on eggplant. *International Journal of Vegetable Science*, 22(1), 85-90. <https://doi.org/10.1080/19315260.2014.960205>
- Dong, T., Zhang, B., Jiang, Y. & Hu, Q. (2016). Isolation and classification of fungal whitefly entomopathogens from soils of Qinghai-Tibet Plateau and Gansu Corridor in China. *PLoS ONE*, 11(5), e0156087. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0156087>
- Franco, F. P., Túler, A. C., Gallan, D. Z., Gonçalves, F. P., Favaris, A. P., Peñaflor, M. F. G. V., Leal, W. S., Moura, D. S., Bento, J. M.



- S. & Silva-Filho, M. C. (2021). Fungal phytopathogen modulates plant and insect responses to promote its dissemination. *The ISME Journal*, 15(12), 3522–3533. <https://doi.org/10.1038/s41396-021-01010-0>
- Lagunes-Tejeda, A. (1993). Evaluación de insecticidas botánicos y sintéticos sobre *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae). *Revista Chapingo Serie Protección Vegetal*, 1(2), 5-9. <https://revistas.chapingo.mx/proteccionvegetal/>
- Miranda-Hernández, F. & Alatorre-Rosas, R. (2020). Producción y calidad de conidios de cepas de entomopatógenos del género *Metarhizium anisopliae*. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 91, e912912. <https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2020.91.2912>
- Rubio, S., Guzmán, L. & Navarrete, J. L. (2000). Especies entomopatógenas (Fungi: Ascomycota) en México. *Boletín del Instituto de Botánica*, 7, 135-157. <https://uvadoc.uva.es/handle/10324/61423>
- Sosa-Gómez, D. R. & Moscardi, F. (2010). Efecto de la concentración de inóculo y el tiempo en la mortalidad de insectos por hongos. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 28(1), 1-10. <https://doi.org/10.29297/rmf.v28i1.1070>



El silicio en la depredación de crisopa sobre mosca blanca

Silicon in the Predation of Lacewings on Whiteflies

Luis Patricio Guevara-Acevedo^{1§}, Sarahyt Santamaría Gonzalez-Figueroa², María Victoria Rodríguez

García¹, Fernando Germán Flore-Guillen¹, Ricardo Yañez-López¹

¹Tecnológico Nacional de México-Roque. ²Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Departamento de Sanidad Forestal y Agrícola. [§]Autor de correspondencia: (luis.ga@roque.tecnm.mx).

Resumen

El objetivo de la investigación fue evaluar el efecto de aplicaciones foliares de dióxido de silicio en la depredación de larvas de *Chrysoperla carnea* en L2 sobre el segundo estadio ninfal de *Trialeurodes vaporariorum* en hojas de tomate. Se aplicó de forma foliar se aplicó silicio de forma foliar a una dosis comercial de 15 g L⁻¹ de Diatomix Organic Technology® (92 % SiO₂ nH₂O; Imerys), más 1 % de adherente Fixed-Gro® (Agro-Science) a las plantas de tomate Rio Grande® (Semval) y 24 h. Posterior a la aplicación se tomaron las hojas para evaluar la depredación, para ello se utilizaron tres cuadros de acrílico con medidas de 5.0×5.0×0.3 cm para cada unidad experimental; el primero siendo liso colocándole un papel absorbente humedecido con agua destilada y la hoja de tomate; el segundo con una perforación en el centro para colocar la densidad de presa de 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128 y 256 y el depredador en ayunas por 24 h adquirido de CESAVEG (Comité Estatal de Sanidad Vegetal de Guanajuato); y el tercer cuadro perforado cubierto con tela organza para evitar el escape de ellos. La toma de datos de la tasa de depredación fue a las 24 h. conforme a los resultados obtenidos se determinó el modelo de respuesta funcional de tipo II establecido por Holling (1959) y el modelo de Real (1977) para corroborar lo que establece la respuesta funcional tipo II. Conforme a los resultados se concluye que

la aplicación foliar de silicio disminuye la en más de 30 % la depredación.

Palabras clave: *Chrysoperla carnea*, dióxido de silicio, *Trialeurodes vaporariorum*.

Abstract

The aim of this research was to evaluate the effect of foliar applications of silicon dioxide on the predation of L2 larvae of *Chrysoperla carnea* on the second nymphal instar of *Trialeurodes vaporariorum* on tomato leaves. Foliar application of silicon at a commercial dose of 15 g L⁻¹ of Diatomix Organic Technology® (92 % SiO₂ nH₂O; Imerys), plus 1 % of Fixed-Gro® (Agro-Science) adherent, was applied to Rio Grande® tomato plants (Semval). 24 h after application, leaves were collected to evaluate predation. For this purpose, three acrylic frames measuring 5.0×5.0×0.3 cm were used for each experimental unit. The first frame was plain, with absorbent paper moistened with distilled water and the tomato leaf placed on it. The second frame had a perforation in the center to hold prey densities of 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128, and 256, and the predator, fasted for 24 h, was obtained from CESAVEG (State Committee for Plant Health of Guanajuato) and the third perforated square covered with organza fabric to prevent their escape. Predation rate data was collected at 24 h. Based on the results obtained, the type II



functional response model established by Holling (1959) and the Real (1977) model were determined to corroborate what the type II functional response establishes. Based on the results, it is concluded that the foliar application of silicon reduces predation by more than 30 %.

Index words: *Chrysoperla carnea*, silicon dioxide, *Trialetrodes vaporariorum*.

Introducción

Una de las principales plagas del tomate lo constituye la mosca de los invernaderos *Trialetrodes* al., *vaporariorum* (Westwood) (Hemiptera: Aleyrodidae) (Chirinos et al., 2020), causa daños directos al succionar los fotoasimilados e indirectos como desordenes fisiológicos, presencia de fumagina y la transmisión de enfermedades virales (Maluta et al., 2020).

Una de las principales estrategias para el control de moscas blancas consiste en las aplicaciones de insecticidas órgano-sintéticos (García et al., 2014). No obstante, *T. vaporariorum* es capaz de desarrollar mecanismos de resistencia a una amplia gama de modos de acción de insecticidas, incluyendo insecticidas reguladores del crecimiento (Kapantaidaki et al., 2018). Por otro lado, el uso inadecuado de insecticidas puede generar desequilibrios ecológicos debido a la supresión de los enemigos naturales (Zambrano et al., 2021). Es necesario probar alternativas que tiendan a reducir los efectos adversos de las aplicaciones frecuentes de insecticidas órgano-sintéticos para el control de *T. vaporariorum*. Entre éstas pueden incluirse el uso de agentes de control biológico e inductores de resistencias (Barra-Bucarei et al., 2020). Dentro de los controladores biológicos se encuentra *Chrysoperla carnea*, el cual ataca huevos y larvas de la plaga, las larvas y adultos son depredadores muy voraces, oófagos y larvífagos (Fonseca et al., 2000). Mientras que los inductores de resistencia se encuentra el silicio que actúa como defensa de las plantas contra los herbívoros comprende la resistencia (p. ej., barreras físicas y químicas contra

la herbivoría) y la tolerancia al ataque, incluido el crecimiento compensatorio en respuesta a la herbivoría (Núñez-Farfán et al., 2007).

La acumulación de silicio (Si) en las plantas se reconoce como una defensa física eficaz contra los herbívoros masticadores (Reynolds et al., 2016). La silicificación de los tejidos vegetales los vuelve más duros y abrasivos, lo que dificulta su masticación y digestión para los herbívoros masticadores (Massey & Hartley, 2009). Sin embargo, aún no se sabe con certeza si la desnutrición causada por las plantas silíceas compromete las defensas antipredadoras de los insectos. Esta cuestión es de interés, ya que recientemente se ha demostrado que la acumulación de Si por las plantas promueve la atracción de enemigos naturales de los herbívoros (Islam et al., 2022) e influye en las interacciones tritróficas al modificar el tamaño corporal de los insectos hospedantes (Hall et al., 2021). Es por ello que el objetivo de la investigación fue evaluar el efecto del silicio en la depredación de larvas *Chrysoperla carnea* sobre *Trialetrodes vaporariorum* en hojas de tomate.

Materiales y métodos

La cría de la mosca blanca *Trialetrodes vaporariorum* se realizó en condiciones de invernadero, en plantas de tomate variedad Rio Grande® (Semval). El desarrollo de las plantas de tomate a evaluar se trasplantó de manera aparte que la cría de la mosca blanca, estas plantas fueron colocadas en jaulas de madera de 0.65×0.80×1.20 m cubiertas con tela de organza. La cría de las larvas de *C. carnea*, fueron adquiridas del laboratorio de reproducción de insectos benéfico de Comité Estatal de Sanidad Vegetal de Guanajuato A.C. (Cesaveg), las cuales fueron adquiridas en estadio de L2, colocadas en cajas de acrílico de 50 cavidades de 1 cm³, una base de acrílico y una cubierta superior de tela antiafidos,

En condiciones de laboratorio se evaluó el efecto del silicio en la capacidad depredadora, primeramente, se realizó en hojas de tomate sin



aplicación del extracto (testigo), posteriormente se asperjaron de manera foliar las plantas de tomate a evaluar con 15 g L⁻¹ de Diatomix Organic Technology® (92 % SiO₂ nH₂O; Imerys), más 1 % de adherente Fixed-Gro® (Agro-Science) A las 24 h posteriores a la aplicación se tomaron hojas para la evaluación de la depredación, para ello se utilizaron cuadros de acrílico con medidas de 5.0×5.0×0.3 cm para cada unidad experimental. En cada repetición se utilizaron tres cuadros de acrílico, el primero fue completamente liso, el segundo con una perforación en el centro con un diámetro de dos centímetros para colocar la presa y el depredador y el tercer cuadro también fue perforado con las mismas dimensiones que el segundo, pero a este se le colocó tela organza en el orificio para evitar que los especímenes se escaparan y a su vez permitir la entrada y salida de aire a estos mismos. Para la implementación del experimento se utilizaron diferentes densidades de presas 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128 y 256 con 15 repeticiones para cada densidad y un depredador en ayunas por 24 h por repetición. Sobre del primer cuadro de acrílico se colocó papel absorbente el cual fue humedecido con agua destilada, enseguida se le puso la hoja de tomate.

Se procedió a colocar el segundo cuadro con la perforación en el centro, posteriormente se transfirieron las ninfas de mosca blanca provenientes de la colonia madre utilizando un pincel de pelo de camello 000, ya colocadas las presas se transfirió al depredador (*C. carnea*) con 24 h de ayuno y estos fueron cubiertos por el tercer cuadro perforado con la tela organza y sujetos con ligas y colocados en charolas provistas de una almohadilla de algodón saturado de agua, las cuales se mantuvieron en una cámara ambiental con condiciones de 25 ± 2°C, 55-65% HR y fotoperiodo 16:8 horas luz oscuridad. La toma de datos de la tasa de depredación se realizó a las 24 h.

Con el número de presas atacadas por el depredador fueron sometidos a un análisis de varianza mediante un diseño experimental completamente al azar con 15 repeticiones y un

testigo. Cuando el análisis estadístico indicó la existencia de diferencias significativas entre los tratamientos se aplicó la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) para la separación de medias. Para cada uno de los análisis se utilizó el programa SAS 2002 ver. 9.1. Se aplicó una prueba de t y se estimó la desviación estándar a un intervalo de confianza del 95 % mediante el método de Jackknife (Meyer et al., 1996).

Resultados y discusión

Los resultados del análisis de varianza muestran que las densidades de presas presentaron efecto altamente significativo para todos los tiempos de residualidad (**Tabla I**). Observando que en el tratamiento sin aplicación (testigo) la mayor densidad de presas atacadas fue 124.6 ninfas, seguido de la densidad de 256 ninfas con ataque de 121.8 ninfas. Para las 24 h de residualidad de las piretrinas la mayor cantidad de presas consumidas fue de 63 en una densidad de 64 presas ofrecidas y se observa que, aunque se aumentó el número de presas ofrecidas el ataque disminuyó como es en el caso de la densidad de 128 y 256 presas ofrecidas con un ataque de 55.6 y 55.1, estos valores son inferiores a los observados por Agroactivo (2022) quien reporta un consumo de 1440 áfidos a las 24 h de observación.

A las 24 h posteriores a la aplicación de dióxido de silicio la tasa máxima de depredación estadísticamente fue igual para las densidades de 128 y 256 con valores de 95.6 y 95.3 presas consumidas respectivamente. Estos valores indican que existe una disminución de más del 30% de la depredación en plantas con aplicación foliar de silicio en comparación con plantas sin aplicación. Estos valores pueden deberse a que el silicio tiende a acumularse en la base de las hojas y puede potenciar la producción constitutiva de tricomas.

La depredación a las 16 presas ofrecidas (No) se comportaron de la misma manera consumiendo la totalidad de presas y posteriormente a las 32 No la aplicación de silicio influyó en ellas hasta las 256 No, disminuyendo hasta en un 30 % la



depredación por efecto de la aplicación de silicio
(Figura I).

Tabla I. Número de presas ofrecidas de ninfas de segundo estadio de *Trialeurodes vaporariorum* y número de presas atacadas por larvas de segundo instar de *Chrysoperla carnea* en hojas de tomate.

Número de presas ofrecidas	Número de presas atacadas	
	Testigo	Silicio 24 h después de aplicación
128	124.6 ± 2.44 ^a	95.6 ± 3.01 ^a
256	121.8 ± 3.17 ^b	95.3 ± 2.48 ^a
64	63.8 ± 0.56 ^c	83.0 ± 1.41 ^c
32	32.0 ± 0.00 ^d	32.0 ± 0.00 ^d
16	16.0 ± 0.00 ^e	16.0 ± 0.00 ^e
8	8.0 ± 0.00 ^f	8.0 ± 0.00 ^f
4	4.0 ± 0.00 ^g	4.0 ± 0.00 ^g
2	2.0 ± 0.00 ^h	2.0 ± 0.00 ^h
1	1.0 ± 0.00 ^h	1.0 ± 0.00 ^f

Letras distintas en columnas indican diferencias estadísticas significativas (Tukey, 0.05). Media ± desviación estándar.

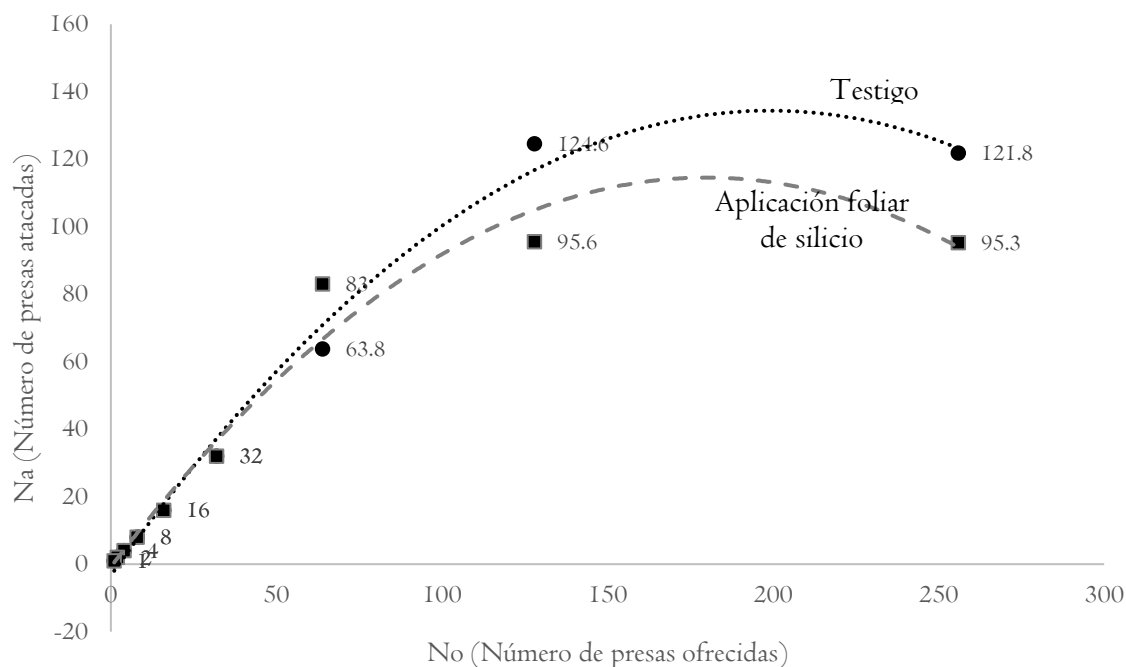


Figura I. Depredación de larvas de segundo instar de *Chrysoperla carnea* sobre ninfas de segundo estadio de *Trialeurodes vaporariorum* en hojas de tomate.



Conclusión

La aplicación foliar de dióxido de silicio disminuye en más de 30 % la depredación de *Chrysoperla carnea* sobre *Trialeurodes vaporariorum* a las 24 h posteriores a la aplicación, por lo que se recomienda no liberar el depredador en las primeras 24 posteriores a la aplicación con silicio.

Referencias

- Barra-Bucarei, L., Gerding González, M., France Iglesias, A., Silva Aguayo, G., Guerra Peñalosa, M., & Vergara Vera, P. (2020). *Beauveria bassiana* multifunction as an endophyte: Growth promotion and biologic control of *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) in tomato. *Insects*, 11(9), 591. <https://doi.org/10.3390/insects11090591>
- Chirinos, D., Castro, R., & Geraud, F. (2020). Volatile Organic Compounds as Insect Repellents and Plant Elicitors: an Integrated Pest Management (IPM) Strategy for Glasshouse Whitefly (*Trialeurodes vaporariorum*). *Journal of Chemical Ecology*, 46, 1090–1104. <https://doi.org/10.1007/s10886-020-01229-8>
- Fonseca, A. R., Carvalho, C. F., & Souza, B. (2000). Capacidad depredadora de *Chrysoperla carnea* sobre insectos plaga. *Manejo Integrado de Plagas*, 58, 12–18. <https://repositorio.catie.ac.cr/>
- García, F., Mosquera, M., & Vargas, E. (2014). Manejo químico de mosca blanca en cultivos hortícolas. *Revista Colombiana de Entomología*, 40(2), 145–152.
- Hall, C. R., Waterman, J. M., & Hartley, S. E. (2021). Silicon influences tritrophic interactions through herbivore body size modification. *Functional Ecology*, 35(4), 913–924. <https://doi.org/10.1111/1365-2435.13752>
- Holling, C. S. (1959). Some characteristics of simple types of predation and parasitism. *The Canadian Entomologist*, 91(7), 385–398. <https://doi.org/10.4039/Ent91385-7>
- Islam, M. T., Kim, K. H., & Choi, J. (2022). Silicon-mediated plant defense against herbivorous insects. *Plants*, 11(9), 1234. <https://doi.org/10.3390/plants11091234>
- Kapantaidaki, D. E., Sadikoglou, E., Tsakireli, D., Kampanis, V., Stavrakaki, M., Schorn, C., Ilias, A., Riga, M., Tsiamis, G., Nauen, R., Skavdis, G., Vontas, J., & Tsagkarakou, A. (2018). Insecticide resistance in *Trialeurodes vaporariorum* populations and novel diagnostics for kdr mutations. *Pest Management Science*, 74(10), 2427–2437. <https://doi.org/10.1002/ps.5039>
- Maluta, N. K. P., Gamarra, H., Carhuapoma, P., Cumapa, L., González, G., Muñoz, J., Sporleder, M., & Kreuze, J. (2020). A temperature-driven model for potato yellow vein virus transmission efficacy by *Trialeurodes vaporariorum* (Hemiptera: Aleyrodidae). *Virus Research*, 289, 198109. <https://doi.org/10.1016/j.virusres.2020.198109>
- Massey, F. P., & Hartley, S. E. (2009). Physical defences wear you down: progressive and irreversible impacts of silica on insect herbivores. *Journal of Animal Ecology*, 78(1), 281–291. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2656.2008.01472.x>
- Meyer, J. S., Ingersoll, C. G., McDonald, L. L., & Boyce, M. S. (1996). Estimating uncertainty in population growth rates: Jackknife vs. bootstrap techniques. *Ecology*, 77(4), 1156–1166. <https://doi.org/10.2307/2265585> <https://www.jstor.org/stable/2265585>
- Núñez-Farfán, J., Fornoni, J., & Valverde, P. L. (2007). The evolution of resistance and tolerance to herbivores. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 38, 541–566. <https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.38.091206.095822>
- Real, L. A. (1977). The kinetics of functional response. *The American Naturalist*, 111(978), 289–300. <https://doi.org/10.1086/283161>
- Reynolds, O. L., Keeping, M. G., & Meyer, J. H. (2016). Silicon-augmented resistance of plants to herbivorous insects: a review. *Annals of*



Applied Biology, 169(2), 171–186.

<https://doi.org/10.1111/aab.12281>

Zambrano, K., Andrade, J., & Sánchez, P. (2021).

Efectos ecológicos del uso de insecticidas sobre

enemigos naturales. *Revista Agroecología*,

13(1),

44–55.

<https://www.redalyc.org/>



Aplicación de biomoléculas en parámetros agronómicos del cultivo de cilantro

Application of biomolecules in agronomic parameters of coriander cultivation

Mateo Zuñiga Alberto¹, Luis Patricio Guevara-Acevedo^{1§}, Sarahyt Santamaría Gonzalez-Figueroa², María Victoria Rodríguez García¹, Ricardo Yañez-López¹

¹Tecnológico Nacional de México. Campus Roque. ²Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. [§]Autor de correspondencia: (luis.ga@roque.tecnm.mx).

Resumen

El objetivo de la investigación fue evaluar variables agronómicas como altura de la planta en (cm), número de hojas, unidades SPAD de clorofila, peso fresco, seco y biomasa, el trabajo se realizó a campo abierto en una parcela didáctica del Tecnológico Nacional de México campus Roque. El experimento estuvo formado por cuatro bloques al azar., cuatro bloques, tres tratamientos y un testigo comercial. A los 28 días después de siembra (*dds*) se aplicaron distintos tratamientos de algas marinas (*AM*), en concentración 1.5 mL L⁻¹ y solubilizador fósforo (*SP*) a 1.5 mL L⁻¹ testigo comercial (*TC*) PRO-90® los pros del campo® a 1.5 mL L⁻¹ y combinación de tratamientos como (*AM*) 1.5 mL L⁻¹ más (*SP*), a los 35 *dds* se inició con mediciones de las variables agronómicas. El tratamiento evaluado presenta diferencias altamente significativas en variables agronómicas demostrando que el tratamiento influyó adecuadamente en el desarrollo vegetativo. Aunque el tratamiento de *AM* + *SP* presentó los mayores valores en variables agronómicas, asimismo el testigo comercial presentó los resultados más bajos en todas las variables evaluadas.

Palabras clave: bioestimulantes, planta, tratamiento, valores. variables agronómicas.

Abstract

The objective of the research was to evaluate agronomic variables such as plant height in (cm), number of leaves, SPAD units of chlorophyll, fresh and dry weight and biomass, the work was carried out in the open field in a didactic plot of the Tecnológico Nacional de México Roque campus. The experiment consisted of four randomized blocks, four blocks, three treatments and one commercial control. At 28 days (days after planting) different treatments of seaweed (*AM*) were applied, in concentration 1.5 mL L⁻¹ and phosphorus solubilizer (*SP*) at 1.5 mL L⁻¹ commercial control (*TC*) PRO 90® the pros of the field® at 1.5 mL L⁻¹ and combination of treatments such as (*AM*) 1.5 mL L⁻¹ plus (*SP*), at 35 days it was started with measurements of the agronomic variables. The evaluated treatment presents highly significant differences in agronomic variables, demonstrating that the treatment adequately influenced vegetative development. Although the *AM* + *SP* treatment presented the highest values in agronomic variables, the commercial control also presented the lowest results in all the variables evaluated.

Index words: biostimulants, plant, treatment, values, agronomic variables.



Introducción

El cilantro (*Coriandrum sativum*) es una hierba aromática, perteneciente a la familia Apiáceae (Hernández, 2020), es una especie aromática utilizada en platillos (Osvaldo & Curioni, 2011). Se desperdicia, alrededor de 1300 millones de toneladas anuales por plagas, enfermedades y uso de químicos como lo mencionan Gustavsson y Meybeck (2012). Los fertilizantes contaminantes afectan la calidad del suelo y pueden entrar en la red alimentaria a través de su absorción por las plantas e ingestión de alimentos según la Onu (2022). Al aplicar agroquímicos se generan efectos perjudiciales en las plantas y el suelo, por esto se pretende disminuir el uso de agroquímicos por métodos más ecológicos (Xiao et al., 2014), como, abonos orgánicos, fitoreguladores, y microelementos entre otros, que favorecen el desarrollo de la planta. Estos abonos, pueden aplicarse de manera foliar y radicular. Diversos estudios demuestran incrementos en rendimientos de la cosecha: calidad, parte aérea, raíces y biomasa. El objetivo fue evaluar el efecto de biofertilizantes en las variables agronómicas y determinar el mejor tratamiento.

Materiales y métodos

El experimento se estableció en una parcela didáctica del Tecnológico Nacional de México campus Roque con una superficie de 300 m² donde se realizó un pase de rastra, surcado con distancia de 75 cm. Se usó la variedad de cilantro Pakistán® (Caloro®) y se sembró en seco, cuatro días previos al riego. A los 28 *dds* se aplicaron los tratamientos de manera foliar mediante un diseño con cuatro bloques al azar, los tratamientos evaluados fueron 1.5 mL L⁻¹ de solubilizador de fosforo (*SP*), 1.5 mL L⁻¹ de extracto de algas marinas Growth® (*AM*), su combinación a la misma dosis y un testigo comercial (*TC*) PRO 90® los pros del campo® a dosis de 1.5 mL L⁻¹. A todos los tratamientos se le aplicó adherente (surfacid®) a dosis del 1 %; las unidades experimentales fueron seis surcos de 3 m.

A los 35 *dds* se inició con las mediciones de las variables, se seleccionaron al azar cinco plantas por unidad experimental y se midió la altura de planta utilizando un flexómetro Truper®, número de hojas evaluadas manualmente y unidades SPAD de clorofila con un medidor Fieldscout®. El peso fresco se pesó en una balanza analítica, posteriormente el seco se determinó mediante secado en una estufa (Felisa®) a temperatura de 70 °C. y 42 h y se volvió a pesar, para determinar la diferencia de peso fresco y seco y finalmente se obtuvo la biomasa. Los datos se registraron dos veces por semana durante 42 días, realizándose un total de 12 muestreos con los valores de las variables se realizó un análisis estadístico a través de un análisis de varianza (Anova), mediante Tukey se analizaron diferencias significativas ($\alpha = 0.05$) en el programa estadístico SAS.

Resultados y discusión

Se observaron diferencias significativas ($p \leq 0.05$) en el factor de tratamiento en variables altura, número de hojas, peso fresco y biomasa. Así mismo el factor muestreo presentó diferencias significativas en las variables evaluadas excepto en unidades SPAD de clorofila. En relación con el bloque no presentó diferencias significativas, demostrando que no hay efecto en el desarrollo. El tratamiento por muestreo presentó diferencias en altura y número de hojas, en variables de unidades SPAD de clorofila, peso fresco, peso seco y biomasa de la planta no obtuvieron diferencias significativas (Tabla I).

Los resultados coinciden con lo reportado por Herrera y Ayala (2020), quienes observaron diferencias altamente significativas en las variables de número de hojas y longitud de la planta, aplicando abonos orgánicos (compost 100 %). El tratamiento *AM* a dosis de 1.5 mL L⁻¹ + *SP* 1.5 mL L⁻¹ presentó mayores promedios; por el contrario, el TC PRO 90® a dosis de 1.5 mL L⁻¹ presentó valores menores en todas las variables evaluadas (Tabla 2).



Para la altura de planta presentó el mayor valor con 22.65 cm, en el tratamiento AM + SP, y el TC un menor promedio 16.91 cm teniendo un incremento del 25.16 %. Resultados similares fueron obtenidos por Lemus-Soriano et al. (2021), quienes reportaron 58.58 cm aplicando la combinación de Nutrisorb® L + Biofit® RTU, asimismo, el TC mostró una menor respuesta 41.91cm, observándose 28.45 % de incremento.

El número de hojas en la combinación de AM+SP presentó el valor más alto con 146.35

hojas, mientras que el TC, obtuvo el menor 123.31 hojas presentando un aumento del 15.74 %; este resultado es inferior a lo reportado por

Lemus-Soriano et al. (2021), que utilizando Nutrisorb® L + Biofit® RTU obtuvieron 53.87 hojas, el control promedió 32.62 hojas, alcanzando un crecimiento del 39.44 %. En las unidades SPAD con la aplicación de AM+SP presentó 41.65, y el TC fue inferior con 25.50 unidades, alcanzando un incremento de

Tabla 1. Comparativa de las variables evaluadas por el efecto de la fertilización foliar de algas marinas más solubilizador de fósforo.

FV	GL	Cuadrado Medio					
		Altura de la planta	Numero de hojas	SPAD (Clorofila)	PF	PS	Biomasa
Tratamiento (T)	3	146.98 ^{**}	2329.26 ^{**}	1055.73 ^{**}	233490680 [*]	295565.39 ^{ns}	220423547 [*]
Muestreo (M)	5	1237.96 ^{**}	81539.64 ^{**}	55.99 ^{ns}	873965176 ^{**}	9566982.63 ^{**}	702447359 ^{**}
Bloque (B)	1	1.61 ^{ns}	487.46 ^{ns}	1.53 ^{ns}	886914 ^{ns}	548171.12 ^{ns}	40552 ^{ns}
T×M	15	18.41 [*]	1129.53 ^{**}	47.88 ^{ns}	95288669 ^{ns}	616049.22 ^{ns}	84027011 ^{ns}
EE	71	9.69	110.79	60.36	62493018	595805	55742581
Total	95	-	-	-	-	-	-

FV = fuente de variación, GL = grados de libertad, PF = peso fresco, PS = peso seco, EE = error estándar., ^{*}Significativo ($p \leq 0.05$). ^{**}altamente significativo ($p \leq 0.01$), ^{ns}no significativo ($p > 0.05$). Letras diferentes dentro de una columna indican diferencias significativas (Tukey, 0.05). La media se reporta $\pm$ error estándar.

Tabla 2. Comportamiento de variables estudiadas con la aplicación de tratamientos (Trat).

No Trat	Trat	Dosis (mL L ⁻¹)	Altura de planta (cm)	Número de hojas	Unidad SPAD clorofila	PF (mg)	Biomasa (mg)
1	AM	1.5	19.93 ^b	129.68 ^{bc}	35.02 ^b	6908 ^{ab}	6097 ^{ab}
2	SP	1.5	18.25 ^{bc}	136.42 ^b	34.42 ^b	5959 ^{ab}	5145 ^{ab}
3	AM + SP	1.5 + 1.5	22.65 ^a	146.35 ^a	41.65 ^a	10158 ^a	9350 ^a
4	TC	1.5	16.91 ^c	123.31 ^c	25.50 ^c	2577 ^b	1988 ^b

AM = algas marinas, SP = solubilizador de fósforo, TC = testigo comercial (Pro 90®), PF = peso fresco. Letras diferentes dentro de una columna indican diferencias significativas (Tukey, 0.05). La media se reporta $\pm$ error estándar.



38.77 %; resultados inferiores reportan Lemus-Soriano et al. (2021), al utilizar Nutrisorb® L + Biofit® RTU en aguacate, donde obtuvieron el mayor promedio con 75.48 unidades, mientras su Control presentó el menor promedio de 55.65, registró un incremento de 26.27 %. En contraste, el peso fresco combinación de AM+SP indicó el promedio más elevado de 10158 mg, superando al TC con un valor de 2577 mg se comprobó un incremento de 74.63 %. Estos estudios son superiores a los reportados por Sánchez y Méneses et al. (2007), que utilizando calcárea fluórica obtuvieron un incremento en peso fresco de 65.50 g en cultivo de cebollín, y para el testigo absoluto obtuvieron un valor 36.16 g, evidenciando un incremento de 44.79 %. Por último, la biomasa con el tratamiento AM+SP presentó valores máximos de 9350 mg, mientras TC presentó promedio de 1988 mg, mostrando un incremento del 20 % similar a lo que reportan Pérez-Peralta et al. (2019), donde obtuvieron mayor biomasa total en plantas de frijol con R. Tropici Ciat 899, 536 mg, superando al TA no inoculado que promedió 401.9 mg, percibiendo un incremento de 25.01 %.

Conclusiones

En el cultivo de cilantro se recomienda la aplicación de algas marinas a dosis de 1.5 mL L⁻¹ con Solubilizador de fósforo a dosis de 1.5 mL L⁻¹ mediante esta aplicación aumentará más del 15 % en las variables agronómicas.

Referencias

- Gustavsson, J. & Meybeck, R. (2012). *Pérdidas y desperdicio de alimentos en el mundo*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). <https://www.fao.org/3/i2697s/i2697s.pdf>
- Hernández, H. (2020). *El cilantro, mucho más que un condimento*. Bon Viveur. <https://www.bonviveur.es/gastroteca/el-cilantro-mucho-mas-que-un-condimento>
- Herrera, E. C. & Ayala, J. A. (2020). Respuesta del cilantro (*Coriandrum sativum* L.) a distintas proporciones de compost en condiciones semicontroladas en Córdoba-Colombia. *Suelos Ecuatoriales*, 50(1), 82-90. [https://doi.org/10.47864/SE\(50\)2020p82-90_124](https://doi.org/10.47864/SE(50)2020p82-90_124)
- Lemus-Soriano, B. A., Venegas-González, E. y Pérez-López, M. A. (2021). Effect of root biostimulants on growth in avocado plants. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 12(6), 1139-1144. <https://doi.org/10.29312/remexca.v12i6.2725>
- Organización de las Naciones Unidas [Fao] . (2022). *Efectos de plaguicidas y fertilizantes sobre el medio ambiente y la salud y formas de reducirlos*. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/34463/jsunepfp_sp.pdf
- Oswaldo, A. & Curioni, A. (2011). Mercado mundial y regional de coriandro (*Coriandrum sativum* L.). *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 5(2), 263-278. <http://www.scielo.org.co/pdf/rcch/v5n2/v5n2a10.pdf>
- Pérez-Peralta, P. J., Ferrera-Cerrato, R., Alarcón, A., Trejo-Téllez, L. I., Cruz-Ortega, R. & Silva-Rojas, H. V. (2019). Respuesta del simbionte frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) y *Rhizobium tropici* CIAT899 ante el efecto alelopático de *Ipomoea purpurea* L. Roth. *Revista Argentina de Microbiología*, 51(1), 47-55. <https://doi.org/10.1016/j.ram.2018.03.006>
- Sánchez, S. L. & Méneses, M. N. (2007). Efecto de cinco medicamentos homeopáticos en la producción de peso fresco, en cebollín (*Allium fistulosum*). *Pirque*, 5, 1-10. [https://www.considera.org/downloads/Publicshed%20Papers/Cinco medicamentos homeopáticos en Cebollín.pdf](https://www.considera.org/downloads/Publicshed%20Papers/Cinco%20medicamentos%20homeopaticos%20en%20Cebollin.pdf)
- Xiao, J., Hu, C., Chen, Y., Yang, B. & Hua, J. (2014). Effects of low magnesium and arbuscular mycorrhizal fungus on the growth, magnesium distribution and photosynthesis of



two citrus cultivars. *Scientia Horticulturae*,
177, 14-20.

<https://doi.org/10.1016/j.scienta.2014.07.016>



Efecto residual del extracto etanólico de *Equisetum arvense* L. como inductor de resistencia a *Tetranychus urticae* en fresa cv Frontera

Residual effect of the ethanolic extract of *Equisetum arvense* L. as an inducer of resistance to *Tetranychus urticae* in strawberry cv Frontera

Pedro Sanchez Noriega¹, Luis P. Guevara Acevedo^{2§}, José Zeferino Sepulveda Yáñez², Paulino Vega Rodríguez², Ricardo Yáñez López², María Victoria Rodríguez García²

^{1,2}Estudiante, investigador. TecNM. Campus Roque. [§]Autor de correspondencia: (luis.ga@roque.tecnm.mx).

Resumen

El objetivo fue evaluar la persistencia del efecto del extracto de *Equisetum arvense* L. aplicado foliar como inductor de resistencia en fresa cv. Frontera bajo condiciones de laboratorio. Se estableció una colonia del ácaro a partir de individuos de campo criados en *Phaseolus vulgaris*. Se compararon tratamientos y testigo en fragmentos foliares con hembras grávidas, evaluando supervivencia, mortalidad, repelencia y oviposición durante cuatro días, además se realizaron tiempos de residualidad de 24, 48, 72, 96 y 168 h, de extracto de cola de caballo. Los resultados mostraron efectos iniciales en supervivencia y mortalidad, aumento progresivo de repelencia y variaciones en la oviposición. Se concluye que el extracto tiene efecto temprano, pero baja residualidad, requiriendo aplicaciones frecuentes.

Palabras clave: hembras grávidas, mortalidad, repelencia, resistencia, supervivencia.

Abstract

The objective was to evaluate the persistence of the effect of *Equisetum arvense* L. extract applied foliarly as a resistance inducer in strawberry cv. Frontera under laboratory conditions. A mite colony was established from field-collected individuals reared on *Phaseolus vulgaris*. Treatments and a control were compared using

leaf fragments with gravid females, evaluating survival, mortality, repellency, and oviposition over four days. Residual activity periods of 24, 48, 72, 96, and 168 h of horsetail extract were also assessed. The results showed initial effects on survival and mortality, a progressive increase in repellency, and variations in oviposition. It is concluded that the extract has an early effect but low residual activity, requiring frequent applications.

Index words: pregnant females, mortality, repellency, resistance, survival.

Introducción

La fresa (*Fragaria* × *ananassa*) es uno de los cultivos de mayor importancia mundial debido a su alta demanda. México ocupa el segundo lugar en producción con aproximadamente 360 mil toneladas anuales, destacando Michoacán, Baja California y Guanajuato como principales estados productores (Guan et al., 2025). Sin embargo, la producción enfrenta problemas fitosanitarios que afectan el rendimiento y la calidad del fruto (Dara et al., 2018). Entre las principales plagas destaca la araña roja *Tetranychus urticae* Koch, la cual se alimenta del contenido celular de las hojas, causando clorosis, reducción de la fotosíntesis y debilitamiento de la planta. En infestaciones



severas, puede generar pérdidas económicas importantes (Cesavem, 2021).

El control de esta plaga se ha basado en acaricidas sintéticos, pero su uso continuo ha provocado resistencia, residuos en frutos y efectos negativos en el agroecosistema (Sparks & Nauen, 2015). Por ello, se buscan alternativas sostenibles de origen natural (Kogut, 2025). Una opción son los extractos de *Equisetum arvense* L. (cola de caballo), que contienen sílice, fenoles y flavonoides con potencial para fortalecer tejidos vegetales e inducir defensas. Estos compuestos han mostrado actividad antifúngica y efectos protectores en cultivos (García-Gaytán et al., 2019). Por lo tanto, este extracto podría mejorar la resistencia de la fresa frente a *T. urticae* (Liu et al., 2020). El objetivo fue evaluar la residualidad de aplicaciones foliares del extracto etanólico de *Equisetum arvense* L. como inductor de resistencia en fresa cv. Frontera bajo condiciones de laboratorio.

Materiales y métodos

El estudio se realizó en el laboratorio de Fitosanidad del Tecnológico Nacional de México, campus Roque (TecNM-Roque), utilizando plántulas de fresa cv. Fronteras establecidas en bolsas de vivero de 25×30 cm. Antes del trasplante, los cepellones se sumergieron durante 15 s en una solución de *Trichoderma* sp. (18.74 g L⁻¹). Después, las plantas se trasplantaron y se aplicó nitrato de calcio (Haifa Cal GG) a 2 g L⁻¹, usando 500 mL por planta. También se aplicó Raizal® (Nutri-Agro) a 4 L⁻¹ de agua y, como prevención de patógenos, el fungicida Metalaxil (Metanail) a 2 g L⁻¹.

Para obtener los organismos de estudio, se estableció una colonia de araña roja (*Tetranychus urticae*) recolectada de plantas de fresa y transferida a plantas de frijol peruano (*Phaseolus vulgaris*) cultivadas en recipientes de unicel de 1 L con suelo tipo lama. Las plantas se mantuvieron en jaulas entomológicas cubiertas con tela organza. Se incluyó un tratamiento testigo sin aplicación. Para la evaluación, se prepararon 10 fragmentos foliares

de 2×2 cm colocados en cajas Petri con algodón húmedo y tela organza. Los fragmentos se acomodaron con el envés hacia arriba y sobre cada uno se colocaron 10 hembras grávidas de *T. urticae*.

Las evaluaciones iniciaron 24 h después de la infestación y continuaron diariamente durante cuatro días. Se registró el número de individuos vivos, muertos, repelidos y los huevecillos producidos por hembra por día (HHD). Se consideraron muertas las hembras que no respondieron al estímulo mecánico y repelidos los individuos encontrados fuera del fragmento foliar. Los huevecillos se contaron bajo estereoscopio y después se eliminaron.

En el tratamiento experimental se utilizaron 12 plantas de fresa cv. Frontera, aplicando extracto de *Equisetum arvense* al 10 %, más Adhetec® al 1 % como adherente. Posteriormente, se siguió el mismo procedimiento del testigo para evaluar la persistencia del extracto. Las evaluaciones se realizaron a las 24, 48, 72, 96 y 168 h después de la aplicación. Los datos de individuos vivos, muertos, repelidos y huevecillos por hembra por día fueron transformados para su análisis. En el caso de los huevecillos, se utilizó la fórmula de Ruppel: ácaros/día/hoja = $\frac{1}{2}$ (población inicial + población final) × tiempo. Finalmente, se realizó un análisis de varianza y una prueba de Tukey con el programa SAS versión 9.4

Resultados y discusión

La residualidad del extracto de *Equisetum arvense* en el porcentaje hembras vivas de *Tetranychus urticae*, no mostró diferencias entre los tratamientos a los tiempos de residualidad (Figura I); al respecto, Venkatesan et al. (2024) atribuyen este comportamiento a la inestabilidad de los metabolitos secundarios de *E. arvense*, especialmente flavonoides y compuestos fenólicos, cuya actividad puede reducirse con el tiempo debido a su degradación ambiental. Respecto a la variable de individuos muertos, el mayor porcentaje se registró a las 24 h (25.50 %),



seguido de 17.00 % a las 48 h, 6.87 % a las 72 h y 6.58 % a las 168 h. Estos resultados evidencian una disminución progresiva en la mortalidad, lo que sugiere una reducción de la eficacia acaricida del extracto con el tiempo de exposición. Este patrón concuerda con Pavela (2016), quien indica que los extractos botánicos suelen presentar toxicidad aguda moderada y baja persistencia, debido a la volatilización y degradación de sus compuestos activos en condiciones ambientales.

En hembras repelidas se observó un incremento progresivo con el tiempo, registrando 10.30 % a las 24 h, 19.09 % a las 96 h y 19.97 % a las 168 h. Este comportamiento sugiere un efecto

conductual sostenido, en el que los ácaros tienden a abandonar el área tratada. Este patrón concuerda con algunos que señalan que la aplicación de extractos en el follaje puede modificar sus características superficiales, provocando la evasión o rechazo por parte de ciertos artrópodos.

El tratamiento testigo presentó el valor más alto (370.0), después de la aplicación del extracto, los valores disminuyeron a las 24 h (180.0), 48 h (90.0) y 72 h (170.0); posteriormente aumentaron a las 96 h (230.0) y 168 h (330.0). El valor más bajo se registró a las 48 h (90.0), lo que indica una reducción temporal de la oviposición en comparación con el testigo (**Figura 2**).

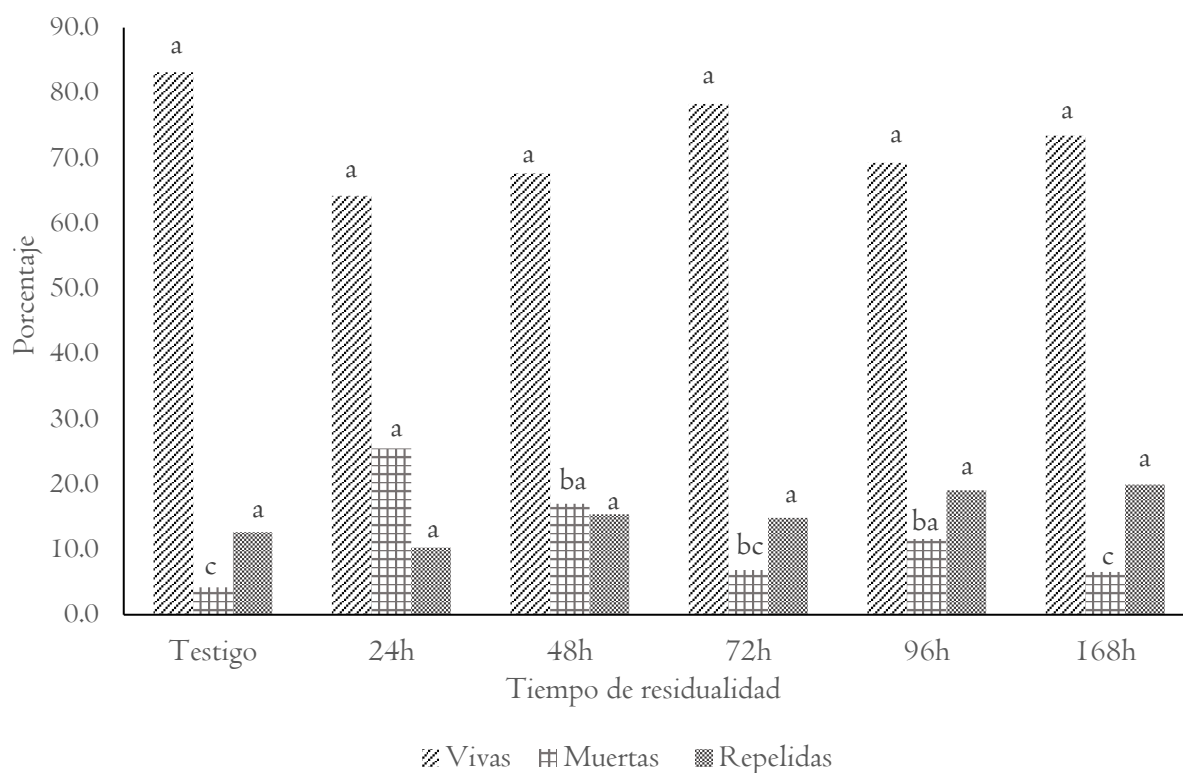


Figura 1. Evaluación residual de *Equisetum arvense* L. sobre la supervivencia, mortalidad y repelencia de *Tetranychus urticae* en hojas de fresa cv. Frontera.

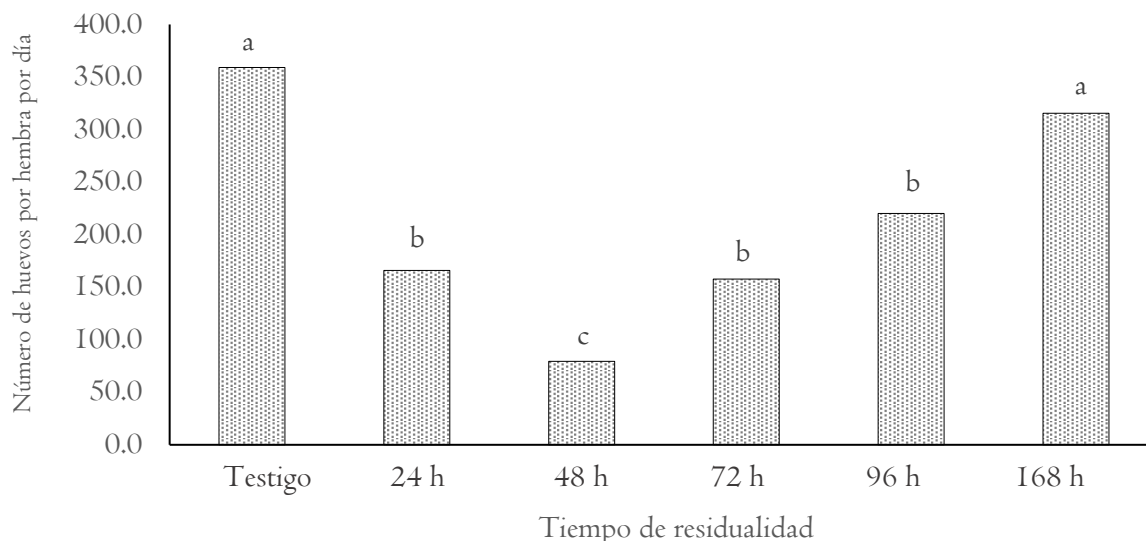


Figura 2. Número de huevos por hembra por día (HHH) ovipositados por *Tetranychus urtica* en diferentes tiempos de residualidad.

Estos resultados muestran que *Equisetum arvense* L. inhibe inicialmente la oviposición de hembras grávidas, aunque el efecto disminuye con el tiempo, permitiendo nuevamente el incremento de huevecillos. De acuerdo con Pavela (2016), los extractos vegetales reducen significativamente la oviposición durante las primeras 24–72 h y posteriormente el efecto disminuye por la degradación de sus compuestos activos. Asimismo, Benelli et al. (2017) reportaron que diversos extractos botánicos inhiben la oviposición, aunque su persistencia es limitada. De manera similar, Regnault-Roger et al. (2012) señalaron que los compuestos de origen vegetal actúan como inhibidores de oviposición, pero su eficacia disminuye con el tiempo, coincidiendo con los resultados obtenidos en este estudio.

Conclusión

La residualidad del extracto de *Equisetum arvense* L. es adecuada, ya que puede reforzar las defensas naturales de las plantas y reducir el uso de acaricidas sintéticos. En este estudio, su aplicación foliar disminuyó la supervivencia y oviposición de *Tetranychus urticae*, además de aumentar la mortalidad y la repelencia en hembras grávidas. Se

observó un efecto inhibitor temporal sobre la oviposición y un incremento gradual de la repelencia con el tiempo.

Referencia

- Benelli, G., Pavela, R., Canale, A., Cianfaglione, K., Ciaschetti, G., Conti, F., Nicoletti, M., & Mehlhorn, H. (2017). Acute larvicidal toxicity of five essential oils (*Pinus nigra*, *Hyssopus officinalis*, *Satureja montana*, *Aloysia citrodora* and *Pelargonium graveolens*) against the filariasis vector *Culex quinquefasciatus*: Synergistic and antagonistic effects. *Parasitology International*, 66(2), 166–171. <https://doi.org/10.1016/j.parint.2017.01.012>
- Comité Estatal de Sanidad Vegetal del Estado de Michoacán [Cesavem] . (2021). *Manejo fitosanitario del cultivo de fresa*. <https://cesavem.mx/images/Berries/Duponchelia%20fovealis.pdf>
- Dara, S., Peck, D., & Murray, D. (2018). Chemical and non-chemical options for managing twospotted spider mite, western tarnished plant bug and other arthropod pests in strawberries. *Insects*, 9(4), 156.



- <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC6316816/>
- García-Gaytán, V., Bojórquez-Quintal, E., Hernández-Mendoza, F., Tiwari, D. K., Corona-Morales, N., & Moradi-Shakoorian, Z. (2019). Polymerized silicon ($\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$) in *Equisetum arvense*: Potential nanoparticle in crops. *Journal of the Chilean Chemical Society*, 64(1), 4298–4301. <https://doi.org/10.4067/S0717-97072019000104298>
- Guan, Z., Wu, F., & Whidden, A. J. (2025, enero 21). An overview of the US and Mexico strawberry industries. *Ask IFAS – Powered by EDIS*. <https://edis.ifas.ufl.edu/publication/FE971>
- Kogut, P. (2025, 14 marzo). La agricultura sostenible: un nuevo concepto de cultivo. *EOS Data Analytics*. <https://eos.com/es/blog/agricultura-sostenible>
- Liu, B., Davies, K., & Hall, A. (2020). Silicon builds resilience in strawberry plants against both powdery mildew (*Podosphaera aphanis*) and two-spotted spider mite (*Tetranychus urticae*). *PLOS ONE*, 15(12), e0241151. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0241151>
- Pavela, R. (2016). History, presence and perspective of using plant extracts as commercial botanical insecticides and farm products. *Plant Protection Science*. <https://pps.agriculturejournals.cz/artkey/pps-201604-0003>
- Regnault-Roger, C., Vincent, C., & Arnason, J. T. (2012). Essential oils in insect control: Low-risk products in a high-stakes world. *Annual Review of Entomology*, 57, 405–424. <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-120710-100554>
- Sparks, T. C., & Nauen, R. (2015). IRAC: Mode of action classification and insecticide resistance management. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 121, 122–128. <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2014.11.014>
- Venkatesan, R., Sivaprakash, P., Ikhyun, K., Ahmed, T.M. & Seong-Cheol, K. (2024). Green synthesis of carbon nanoparticle-reinforced nanocomposites with gallic acid as a crosslinking agent on poly (butylene adipate-co-terephthalate): Preparation, characterization, and performances. *Industrial Crops and Products*, 209, 117949. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2023.117949>



Estrategias agroecológicas que mejoran el ciclaje y biodisponibilidad de fósforo en Andosoles de Michoacán

Agroecological strategies that improve phosphorus cycling and bioavailability in Andosols of Michoacán

Jeannette S. Bayuelo Jiménez[§], Magali Saldaña González

Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales.

[§]Autor de correspondencia: (bayuelo@umich.mx).

Resumen

Se evaluó el efecto del sistema de cultivo (monocultivo y policultivo) y manejo del suelo (con y sin residuos vegetales) combinado con insumos inorgánicos y orgánicos sobre las formas, distribución y disponibilidad de fósforo (P) en Comachuén, Michoacán. El diseño experimental fue de bloques completos al azar con seis tratamientos [sistema convencional sin fertilizante (MzSF), con fertilizante (MzFC), sistema de policultivo con micorrizas (MpMI), bacterias solubilizadoras de fosfato (MpBA), lombricomposta (MpLO) y combinación (MpTO)] y cuatro repeticiones. Las formas de P inorgánico (Pi) y orgánico (Po) del suelo y el P microbiano se extrajeron secuencialmente después de 30 días de incubación. El Pi representó del 82 al 86 % del P total en el suelo convencional. El Pi lo constituyó el P de fácil mineralización (Pi-Bic), moderadamente estable y relativamente insoluble (PiNML). Sin embargo, la proporción de Po (17 %) fue menor debido a la reducción de la materia orgánica. Por el contrario, en el suelo con policultivo (MpMI, MpLO y MpTO), más del 40 % del P se extrajo en el Po lábil. La distribución de las formas de P se relacionó con el tipo de manejo del suelo. En el sistema agrícola convencional aumentó la retención de P con óxidos de Fe y Al (PiNML) y disminuyó el P disponible lábil. Por el contrario, en el suelo con policultivo, la mayor proporción de formas de Po se obtuvo en MpLO y MpTO con un incremento de 31 % y 34 % con respecto al sistema de

monocultivo. Lo anterior indica que el uso de enmiendas orgánicas y microorganismos benéficos favorece la solubilización y mineralización del P del suelo y aumenta la biodisponibilidad del nutriente en suelos ácidos.

Palabras clave: biofertilizantes, diversificación agrícola, fraccionamiento, P lábil, suelo ácido.

Abstract

The aim of this study was to evaluate the effect of farming system (monoculture and polyculture system) and soil management (with and without crop residues) combined with inorganic and organic fertilizers on the forms, distribution, and availability P in Comachuén, Michoacán. The experimental design was a completely block design with six treatments [conventional fertilization with maize (MzFC), no fertilizer (MzSF), polyculture systems with mycorrhizae (MpMI), phosphate-solubilizing bacteria (MpBA), vermicompost (MpLO), and a combination (MpTO)] and four repetitions. Soil Pi and Po forms and microbial P were sequentially extracted after 30-days of incubation. In conventional soil, Pi was mainly represented by inorganic forms (82 % to 86 %). Inorganic P was composed of easily mineralized P (Pi-Bic), and moderate and insoluble forms (PiNML). However, Po proportion (17 %) was lower due to reduction of soil organic matter. Conversely, in polyculture system (MpMI, MpLO, and MpTO), more than 40 % of P was extracted in labile Po. The distribution of soil P forms was related to farming system. In



conventional agriculture system, P retention increased with Fe and Al oxides (PiNML) and decreased labile available P. The highest organic P proportions under polyculture system with crop residues was obtained in MpLO and MpTO, with increases of 31 % and 34 %, compared to monoculture system. This indicates that use of organic amendments and beneficial microorganisms promotes the solubilization and mineralization of soil P and increases its bioavailability in acidic soils.

Index words: biofertilizers, agricultural diversification, fractionation, labile P, acid soil.

Introducción

Los Andosoles del Eje Neovolcánico Transversal Mexicano presentan una reducida disponibilidad de fósforo (P) y una alta retención de fosfatos, debida a la alta composición de materiales amorfos, como la imogolita, ferrihidrita, alófano y complejos órgano-minerales de aluminio (Al) y hierro (Fe) (Dahlgren et al., 2004), que limitan el crecimiento vegetal. La disponibilidad de P en estos suelos depende de la interacción de sus diferentes fracciones en el suelo y de su regulación mediante procesos fisicoquímicos (sorción-desorción) y biológicos (mineralización e inmovilización) (Pavinato et al., 2020). La solubilización o mineralización del P poco disponible es esencial para la nutrición del cultivo. Ambos procesos están regulados por el sistema radical y la actividad microbiana que inducen a la liberación de formas inorgánicas u orgánicas de P en el suelo (Dahlgren et al., 2004).

La conducción de prácticas agroecológicas que incrementen la diversidad de microorganismos (adición de cubiertas y/o reciclaje de materiales orgánicos), pueden promover la efectiva mineralización de P, aumentar la calidad del suelo y, consecuentemente, la productividad (Suvendran et al., 2025). El objetivo del estudio fue evaluar el beneficio del uso de prácticas agroecológicas en las formas y biodisponibilidad de P en dos sistemas de producción (monocultivo y policultivo) y

manejo del suelo (inorgánico y orgánico) combinado con bioinsumos y microorganismos benéficos en un suelo ácido de Michoacán.

Materiales y Métodos

El experimento se realizó en una parcela experimental en Comachuén, Nahuátzen Michoacán a una altitud de 2584 m (Inegi, 2025). El suelo corresponde a un Andosol (Soil Survey Staff, 1999) con una alta capacidad de intercambio catiónico ($9.3\text{--}25\text{ cmol kg}^{-1}$), materia orgánica (5.3- 8.6 %) y baja saturación de bases ($< 30\%$). Se empleó un diseño de bloques completos al azar con un arreglo de parcelas divididas con cuatro repeticiones. Cada unidad experimental consistió en cuatro surcos de 20 m de largo divididos en 4 bloques contiguos de 5 m cada uno y 0.8 m ancho. Se utilizaron dos sistemas de cultivo [convencional con maíz (Mz) y policultivo con maíz, calabaza y frijol (Mp)], dos manejos del suelo (con y sin cobertura vegetal, SC y SD) con seis tratamientos cada uno: 1) sistema convencional (monocultivo) con fertilización inorgánica, MzCF; 2) sin fertilización, MzSN; 3) sistema de policultivo con bacterias, MpBA; 4), micorrizas, MpMI; 5) bocashi o lombricomposta, MpCO y 6) combinación de fertilización orgánica con microorganismos benéficos, MpTO.

El manejo convencional con fertilización inorgánica consistió en nitrógeno (N) 13 % (N nítrico 6.41 %, N amoniacal 6.59 %); fósforo P_2O_5 3 % y potasio K_2O 25 % y microelementos (Mg 4 %, S 9 %, B 0.08 % y Zn 0.08 %). El manejo agroecológico se realizó con inoculantes microbianos. Las bacterias solubilizadoras de fosfato consistieron en base de unidades formadoras de aislados de *Pseudomonas* sp. a una dosis de 1×10^9 UFC/100 semillas de maíz. Para los hongos formadores de micorrizas arbusculares (*HMA*) a base de esporas de *Rhizophagus intraradices* y *R. irregularis*, se utilizaron 200 esporas/100 semillas de maíz. La fertilización orgánica consistió en la aplicación de bocashi y/o lombricomposta a una dosis de un kilogramo por metro cuadrado. Se evaluó la distribución de las



formas lábiles de fósforo (P) en el suelo y su disponibilidad de acuerdo con el método de fraccionamiento de Hedley et al. (1982). La concentración de P de los extractos ácidos y alcalinos se cuantificó con el método de Murphy y Riley (1962) y Dick y Tabatabai (1977), respectivamente. Se realizaron pruebas de normalidad y homocedasticidad de varianzas previos al análisis de varianza en el software Statistical Analysis System (SAS Institute, 2022).

Se utilizó la prueba de Tukey, 0.05 para comparar las medias de los tratamientos.

Resultados y discusión

En la **Figura I** se muestran las formas lábiles (PiL), moderadamente lábiles y no lábiles (PiNML) de P; la forma lábil refiere a la fracción de P que está disponible para la planta.

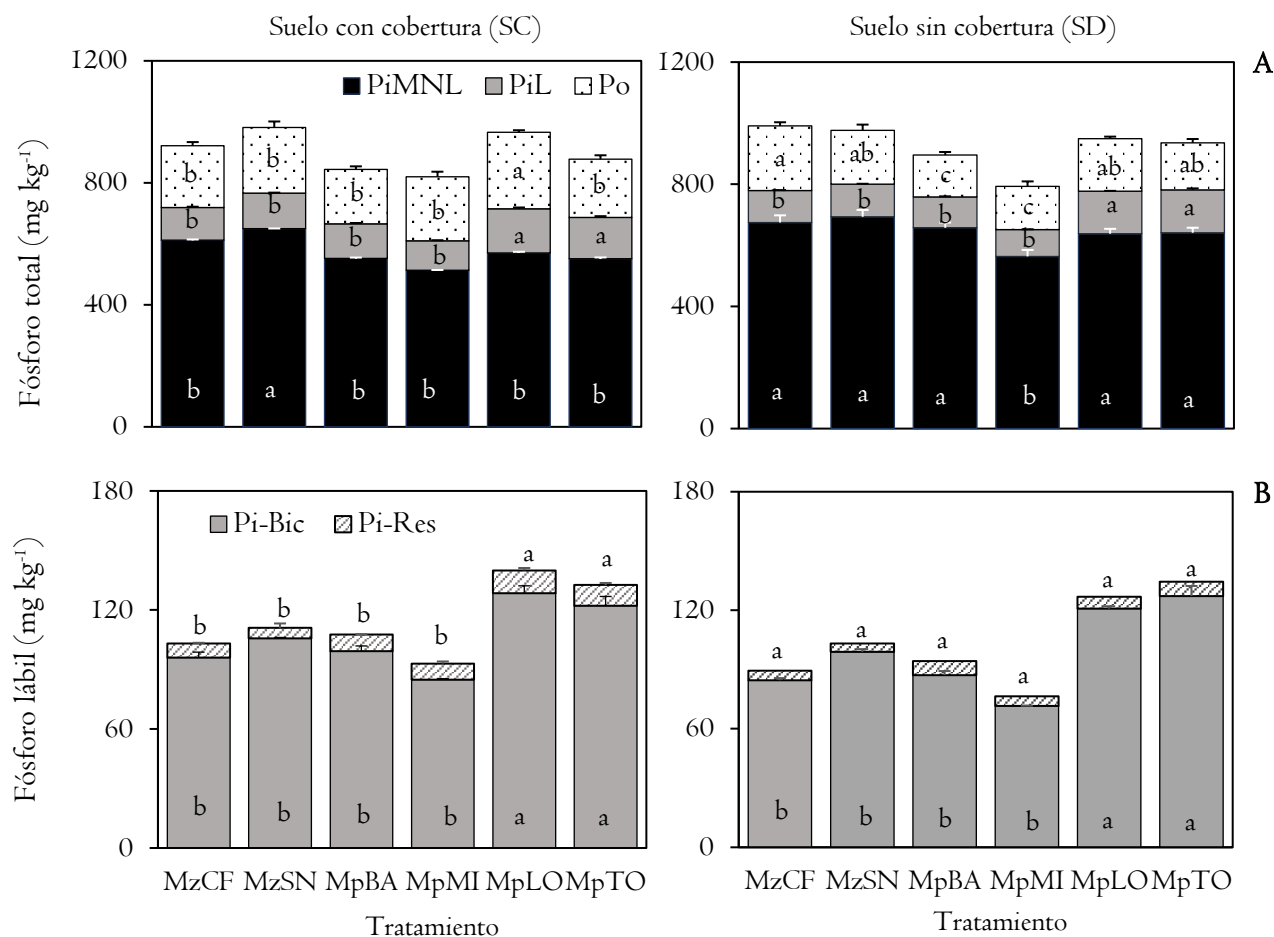


Figura I. A) Fósforo fraccionado en formas inorgánicas lábiles (PiL), moderadamente lábiles y no lábiles (PiMNL) y fósforo orgánico total (Po) en un suelo con cobertura (SC) y sin cobertura (SD) con fertilizante (MzCF), sin fertilizante (MzSN); bacterias (MpBA); micorrizas (MpMI), lombricomposta (MpLO) y combinación (MpTO). B) Fósforo lábil fraccionado en P de bicarbonato (Pi-Bic) y P de resina (Pi-res) en la parcela de Comachuén, Michoacán. Medias con letras iguales entre tratamientos, son estadísticamente iguales entre sí (Tukey, 0.05). Las medias son el promedio de cuatro repeticiones ($n = 4$).



Las muestras colectadas del suelo con cobertura con MpLO y MpTO mostraron un incremento de la fracción lábil (PiL) (de 31 % y 34 %) con respecto al monocultivo (MzCF) (**Figura 1A**). Las formas de PiNML se intensificaron en el SC con monocultivo MzSN (37 %), pero disminuyó en policultivo MpBA y MpMI. Las formas de PiNML describen al P que se adsorbe a los minerales y materia orgánica del suelo, mientras que, la fracción no lábil refieren al P que se encuentra unido a los complejos minerales y, por tanto, es inaccesible para el cultivo.

El Po varió en función del sistema agrícola y manejo del suelo; el suelo con cobertura propició un incremento de Po (del 30 % al 50 %) y el mayor contenido se obtuvo en el sistema de policultivo MpLO (**Figura 1A**). El Pi lábil se describió como Pi-res y Pi-Bic. El primero representa el P disponible para la planta y los microorganismos. La fracción Pi-Bic es aquella unidad a los iones de Al y Fe y menos disponible para su uso biológico (Lopes et al., 2021). Independientemente del tipo de manejo del suelo, las mayores fracciones de Pi-Bic se obtuvieron en MpLO y MpTO (**Figura 1B**). Es común que en suelos ácidos, la disponibilidad de P sea deficiente y limite el crecimiento de los cultivos (Dahlgren et al., 2004). Los Ansoles se caracterizan por una alta capacidad de adsorción del fosfato con formas recalitrantes de Al y Fe (Dahlgren et al., 2004). Convencionalmente, este problema se atiende con la aplicación de fertilizantes químicos, pero menos del 25 % es absorbido por el cultivo. Los microorganismos, por otro lado, juegan un papel clave en la nutrición de los cultivos y regulan importantes procesos biológicos que potencian la disponibilidad de P.

En este estudio se demostró que, la acción combinada de bioinsumos y microorganismos alteran las fracciones de P en el suelo a favor de un incremento en su disponibilidad. Este efecto se caracterizó primariamente por un aumento de la fracción lábil (Pi-Bic y Pi-Res) y disminución de la fracción de menor labilidad (PMNL) (**Figura 1A**). Esta fracción representa un importante acervo

de P potencialmente disponible para la nutrición del cultivo (Pavinato et al., 2020). En particular, los microorganismos poseen habilidades intrínsecas para solubilizar o movilizar el fosfato inorgánico y orgánico de este acervo (Moreno-Conn et al., 2021).

La adición de insumos orgánicos favoreció la acumulación de Po en el suelo con cobertura combinado con el policultivo MpLO y MpTO (**Figura 1A**). Es plausible que, un mayor contenido de Po en el suelo cubierto se relacione con un mayor contenido de materia orgánica (Velázquez et al., 2016). La adición de bioinsumos en la superficie arable del suelo puede aumentar el contenido de materia orgánica (Maharjan et al., 2018), disminuir los sitios de sorción de P (Fe^{3+} y Al^{3+}) e incrementar el P microbiano y las fracciones lábiles de P en el sistema (Bayuelo-Jiménez et al., 2019). Es importante puntualizar que la adición de insumos orgánicos al suelo promovió un incremento modesto en el Pi disponible (Pi-res) (7.2 a 12 mg kg^{-1}) (**Figura 1B**). Sin embargo, las formas lábiles de Bic-Pi fueron superiores (120 - 128 mg kg^{-1}) a las del suelo sin cubierta (84 a 90 mg kg^{-1}) y constituyen una fuente potencial de P para el cultivo.

Conclusión

El uso de insumos orgánicos y microorganismos benéficos en el sistema de policultivo de maíz incrementa el ciclaje de fósforo y mejora su biodisponibilidad. Notablemente, la implementación de prácticas agroecológicas son relevantes en suelos ácidos caracterizados por la fuerte adsorción de P inorgánico con complejos minerales de Al y Fe. El alto contenido de P orgánico lábil, por el contrario, constituye un importante acervo que puede proveer del P requerido por el cultivo mediante procesos biológicos y bioquímicos que los solubilizan y mineralizan, pero que depende fuertemente del contenido de materia orgánica y la actividad microbiana en la rizósfera. Estas prácticas, por tanto, representan una alternativa viable y económica para incrementar la eficiencia del uso



de P, la calidad del suelo y la producción de maíz en la region.

Referencias

- Bayuelo-Jiménez, J. S., Muraoka, T., de la Cruz-Torres, E., Quintero-Ponce, E., Paredes-Gutiérrez, L.C. & Zaman, M. (2019). Phosphorus fractions and dynamics as affected by land-use changes in the Central Mexican highlands. *Soil Use and Management* 36, 240–249. <https://doi.org/10.1111/sum.12550>
- Dahlgren, R. A., Saigusa, M. & Ugolini, F. C. (2004). The nature, properties and management of volcanic soils. *Advances in Agronomy*, 82, 113-182. 10.1016/S0065-2113(03)82003-5
- Dick, W. A. & Tabatabai, M. A. (1977). Determination of orthophosphate in aqueous solutions containing labile organic and inorganic phosphorus compounds. *Journal of Environmental Quality*, 6, 82-85. <https://doi.org/10.2134/jeq.1977.00472425000600010018x>
- Hedley, M. J., Stewart, J. W. B. & Chauhan, B. S. (1982). Changes in inorganic and organic soil phosphorus fractions induced by cultivation practices and by laboratory incubations. *Soil Science Society of America Journal*, 46, 970-976. <https://doi.org/10.2136/sssaj1982.03615995004600050017x>
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática [Inegi]. (2023). *Aspectos geográficos de Michoacán de Ocampo: compendio 2022*. México.
- Lopes, C.M., Silva, A.M.M., Estrada-Bonilla, G.A., Ferraz-Almeida, R., Vieira, J.L.V., Otto, R., Vitti, G.C., & Cardoso, E.J.B.N. (2021). Improving the fertilizer value of sugarcane wastes through phosphate rock amendment and phosphate-solubilizing bacteria inoculation. *Journal of Cleaner Production*, 298, 126821. 10.1016/j.jclepro.2021.126821
- Maharjan, M., Maranguit, D. & Kuzyakov, Y. (2018). Phosphorus fractions in subtropical soils depending on land use. *European Journal of Soil Biology*, 87, 17-24. 10.1016/j.ejsobi.2018.04.002
- Moreno-Conn., L.M., López-Casallas, M. y Cruz Barrera, F.M. (2021). Solubilización de fosfatos por bacterias del género *Burkholderia* aislados de oxisoles de altillanura colombiana. *Ciencia Tecnológica Agropecuaria*, 22 (2): e1897 https://doi.org/10.21930/rcta.vol22_num2_art:1897
- Murphy, J. & Riley, J. P. (1962). A modified single solution method for the determination of phosphate in nature waters. *Analytica Chimica Acta*, 27, 31-36. [https://doi.org/10.1016/S0003-2670\(00\)88444-5](https://doi.org/10.1016/S0003-2670(00)88444-5)
- Pavinato, P.S., Cherubin, M.R., Soltangheisi, A., Rocha, G.C., Chadwick, D.R. & Jones, D. L. (2020). Revealing soil legacy phosphorus to promote sustainable agriculture in Brazil. *Science Reports*, 10, 1565. 10.1038/s41598-020-72302-1
- SAS Institute. (2022). *The SAS system for Windows user's guide*. Release 9.4 SAS Institute. Cary, NC. USA. Disponible en <https://support.sas.com/en/documentation/install-center/94/installation-guide-for-windows.html>
- Soil Survey Staff. (1999). *Soil taxonomy: A basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys* (2nd edition). United States Department of Agriculture. 10.1111/j.1475-2743.2001.tb00008.x
- Suvendran, S., Acevedo, M. F., Smithers, B., Walker, S. J., & Xu, P. (2025). Soil fertility and plant growth enhancement through compost treatments under varied irrigation conditions. *Agriculture*, 15(7), 734. 10.3390/agriculture15070734
- Velázquez, G., Ngo, P.-T., Rumpel, C., Calabi-Floody, M., Redel, Y., Turner, B.L., Condron, L.M. & Mora, M.L. (2016). Chemical nature of residual phosphorus in Andisols. *Geoderma*, 271, 27–31. 10.1016/j.geoderma.2016.01.027



Aplicación foliar de silicio en la resistencia de tomate a araña roja

Foliar application of silicon in the resistance of tomato to two spotted spider

Roxana Ivon Resendiz-Juaréz^{1,§}, Raúl René Roble-Lacayo¹, Luis Patricio Guevara-Acevedo¹, Fernando Germán Flores-Guillen¹, Juan Carlos Buenavista Centeno²

^{1,2}Investigador, estudiante. Tecnológico Nacional de México (TecNM). Instituto Tecnológico de Roque.

[§]Autor de correspondencia: (lolavonny@mail.com).

Resumen

El objetivo del estudio fue evaluar la aplicación foliar de silicio como método para inducir resistencia en plantas de tomate contra esta plaga bajo condiciones de laboratorio. Para ello, se estableció una colonia de araña roja proveniente de cultivos de maíz y fresa, y se preparó un extracto etanólico de cola de caballo *Equisetum arvense*. Paralelamente, se cultivaron plantas de tomate variedad Rio Grande® en condiciones controladas. Posteriormente, se realizaron bioensayos utilizando hojas tratadas con dióxido de silicio y extracto de cola de caballo, sobre las cuales se colocaron hembras grávidas de araña roja para evaluar supervivencia, mortalidad, repelencia y oviposición durante cuatro días. Los resultados mostraron que la aplicación de dióxido de silicio fue más efectiva que el extracto de cola de caballo, ya que incrementó la mortalidad y repelencia de *Tetranychus urticae* y redujo la oviposición en más del 60 %. Esto indica que el silicio puede ser una alternativa prometedora para inducir resistencia en tomate contra la araña roja.

Palabra clave: *Equisetum arvense*, dióxido de silicio, *Tetranychus urticae*.

Abstract

The objective of this study was to evaluate the foliar application of silicon as a method to induce resistance in tomato plants against this pest under

laboratory conditions. To this end, a colony of two-spotted spider mites was developed from corn and strawberry crops, and an ethanolic extract of horsetail *Equisetum arvense* was prepared. Simultaneously, Rio Grande® tomato plants were grown under controlled conditions. Subsequently, bioassays were conducted using leaves treated with silicon dioxide and horsetail extract, on which gravid female two-spotted spider mites were placed to evaluate survival, mortality, repellency, and oviposition over four days. The results showed that the application of silicon dioxide was more effective than the horsetail extract, as it increased the mortality and repellency of *Tetranychus urticae* and reduced oviposition by more than 60 %. This indicates that silicon may be a promising alternative for inducing resistance in tomatoes against two-spotted spider mites.

Index words: *Equisetum arvense*, silicon dioxide, *Tetranychus urticae*.

Introducción

El cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) es uno de los más importantes a nivel mundial debido a su valor económico, nutricional y comercial. Sin embargo, su producción se encuentra limitada por diversos factores bióticos, entre los que destaca la araña roja *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) considerada una de las principales plagas del cultivo debido a su amplia distribución, rápida reproducción y capacidad de adaptación (Van Leeuwen et al., 2010). Este ácaro provoca



daños al alimentarse del contenido celular de las hojas, ocasionando clorosis, reducción de la fotosíntesis y disminución del rendimiento y calidad del fruto (Jeppson et al., 1975). El control de *T. urticae* se ha basado principalmente en el uso de acaricidas químicos; no obstante, el uso intensivo de estos productos ha generado resistencia en la plaga, contaminación ambiental y riesgos para la salud humana (Van Leeuwen et al., 2010). Por ello, el manejo integrado de plagas busca implementar estrategias más sostenibles y eficientes (Kogan, 1998).

En este contexto, el silicio ha adquirido relevancia como elemento benéfico para las plantas, ya que fortalece las paredes celulares y activa mecanismos de defensa frente a factores bióticos y abióticos (Ma & Yamaji, 2006). Diversos estudios señalan que la aplicación foliar de silicio puede reducir el daño causado por insectos y ácaros en diferentes cultivos, convirtiéndose en una alternativa prometedora para el manejo sostenible de plagas en tomate (Guntzer et al., 2012). Es por ello que el objetivo de esta investigación fue, evaluar el efecto de aplicaciones de dos fuentes de silicio en la resistencia a araña roja en el cultivo de tomate bajo condiciones de laboratorio.

Materiales y Métodos

Se estableció una colonia madre de araña roja a partir de individuos colectados en cultivos de maíz y fresa, los cuales fueron transferidos a plantas de tomate bajo condiciones de invernadero. En laboratorio se utilizó la técnica de hoja-arena descrita por Abou-Setta y Childers (1987). Paralelamente, se elaboró un extracto etanólico de cola de caballo (*Equisetum arvense*), recolectada en San Luis de la Paz, Guanajuato, mientras que plántulas de tomate Rio Grande® fueron trasplantadas en contenedores con turba de *Sphagnum*.

Cuando las plantas alcanzaron el estado de cuarta hoja, se realizaron bioensayos con fragmentos foliares infestados con 20 hembras grávidas de *T. urticae*, los cuales fueron mantenidos en cámara ambiental bajo condiciones controladas de temperatura, humedad relativa y fotoperiodo. El experimento se estableció bajo un diseño completamente al azar con arreglo factorial AxB donde A fueron dos tratamientos que consistieron en la aplicación foliar de 15 g L⁻¹ dióxido de silicio (Diatomix Organic Technology®) y una solución v/v de 10 % de extracto etanólico de cola de caballo, B los tiempos de evaluación a las 24, 48, 72 y 96 h, con cinco repeticiones de 20 hembras cada uno, evaluando posteriormente variables como supervivencia, mortalidad, repelencia y oviposición durante cuatro días.

Los datos obtenidos fueron transformados y analizados mediante análisis de varianza y prueba de medias de Tukey ($\alpha = 0.05$), utilizando el programa SAS System para Windows versión 9.0 (2002). Asimismo, la oviposición se determinó mediante la fórmula de huevos por hembra por día propuesta por Ruppel (1983).

Resultados y discusión

Los tratamientos con aplicaciones foliares de silicio presentaron efecto altamente significativo ($p \leq 0.001$) en las variables de porcentaje de hembras grávidas vivas ($Pr < F, <0.0001$), muertas ($Pr < F, <0.0001$) y repelidas ($Pr < F, <0.0001$). Mientras que, para el tiempo de observación, este influyó de igual manera con efecto altamente significativo ($p \leq 0.001$) en el porcentaje de hembras vivas ($Pr < F, <0.0001$) y repelidas, no presentando efecto en el porcentaje de hembras muertas ($Pr < F, 0.3477$). De manera general, se observó que la aplicación foliar de dióxido de silicio presentó los mejores resultados en porcentaje de hembras vivas, muertas y repelidas con valores de 22.48, 32.15 y 45.37% respectivamente.

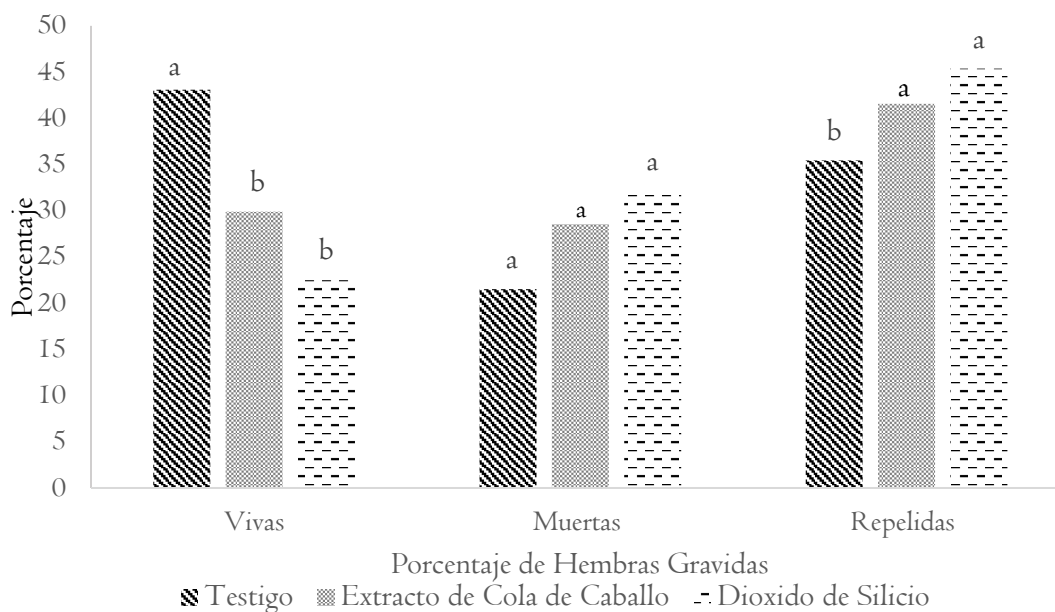


Figura I. Porcentaje de hembras grávidas vivas, muertas y repelidas de araña roja por aplicación de los tratamientos con diferentes fuentes de silicio bajo condiciones de laboratorio. Medias con letras distintas por variable indican diferencias estadísticas significativas (Tukey, 0.05).

Presentando mayores porcentajes de repelencia en comparación con hembras vivas y muertas (**Figura I**). Para el porcentaje de hembras vivas, el testigo presentó el mayor valor con 43.08 % seguido de la aplicación foliar de extracto de cola de caballo y dióxido de silicio que estadísticamente presentaron valores iguales con 29.89 % y 22.48 % respectivamente. Las aplicaciones de bióxido de silicio de este estudio difieren a los reportados por Emmam et al. (2021) quienes reportaron valores de mortalidad de más del 90 % de hembras en el cultivo de pepino. El dióxido de silicio y el extracto etanólico de cola de caballo estadísticamente presentaron los mayores valores en la mortalidad de hembras grávidas de *T. urticae* con 32.15 % y 28.53 % respectivamente. Esto indica que cualquier fuente de silicio tiene efecto significativo en la mortalidad de araña roja en hojas de tomate, esto puede deberse a como lo mencionan Brugiére y Exley (2017), que la planta de tomate acumula silicio y activa la formación de calosa como un mecanismo físico de defensa adicional que tiene como finalidad de preservar la eficacia de la planta contra infecciones y acelerar la cicatrización de las heridas causadas por insectos.

Los tiempos de observación tuvieron un efecto altamente significativo sobre la supervivencia y repelencia de hembras grávidas de *Tetranychus urticae*, aunque no se detectaron diferencias en la mortalidad (**Figura 2**). La supervivencia de las hembras aumentó gradualmente de 25.62 % a las 24 h hasta 45.6 % a las 96 h, manteniéndose estadísticamente similar a las 48 h y 72 h con valores de 29.18 % y 32.8 %, respectivamente. Estos resultados coinciden con lo reportado por Ismail et al. (2022), quienes observaron variaciones en la población de *T. urticae* tras la aplicación de compuestos a base de silicio. Por otro lado, la repelencia mostró una disminución progresiva a través del tiempo, registrando el mayor valor a las 24 h (53.19 %) y el menor a las 96 h (31.31 %), lo que representa una reducción de 21.8 %. Esto indica que el efecto repelente de las fuentes de silicio disminuye conforme transcurre el tiempo después de su aplicación. Los resultados mostraron que la aplicación foliar de fuentes de silicio en hojas de tomate tuvo un efecto altamente significativo sobre la antibiosis de *T. urticae*, especialmente en la reducción de la oviposición.

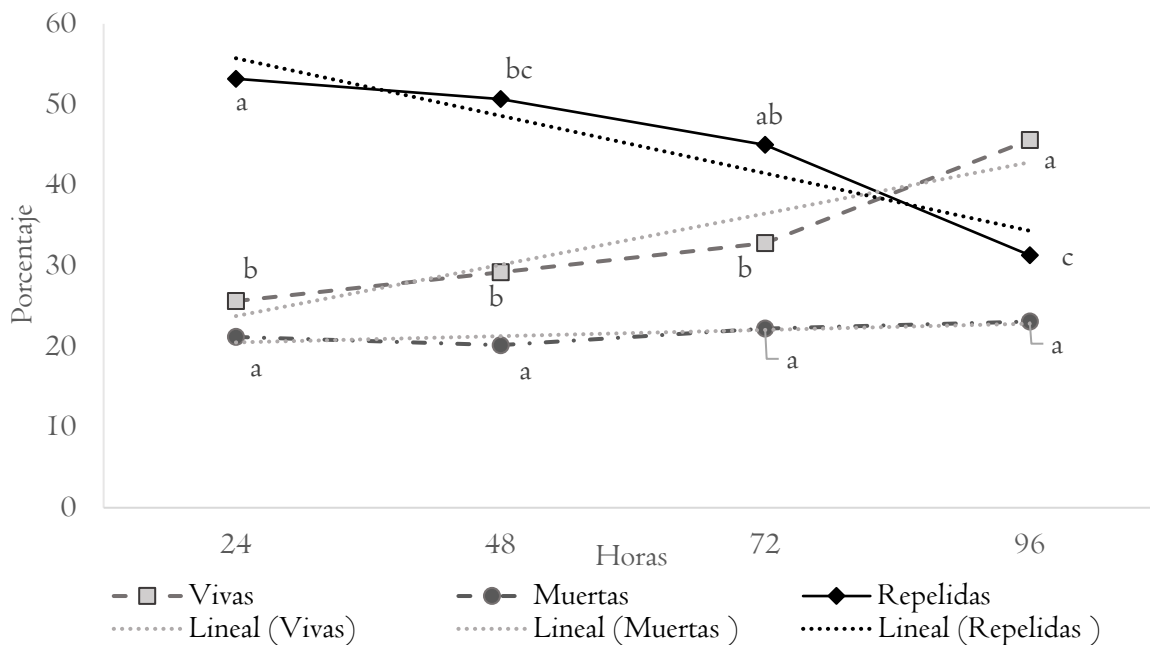


Figura 2. Efecto de los tiempos de observación de aplicaciones de dos de silicio en el porcentaje de supervivencia, mortalidad y repelencia de araña fuentes roja en hojas de tomate bajo condiciones de laboratorio. Medias con letras distintas por variable indican diferencias estadísticas significativas (Tukey, 0.05).

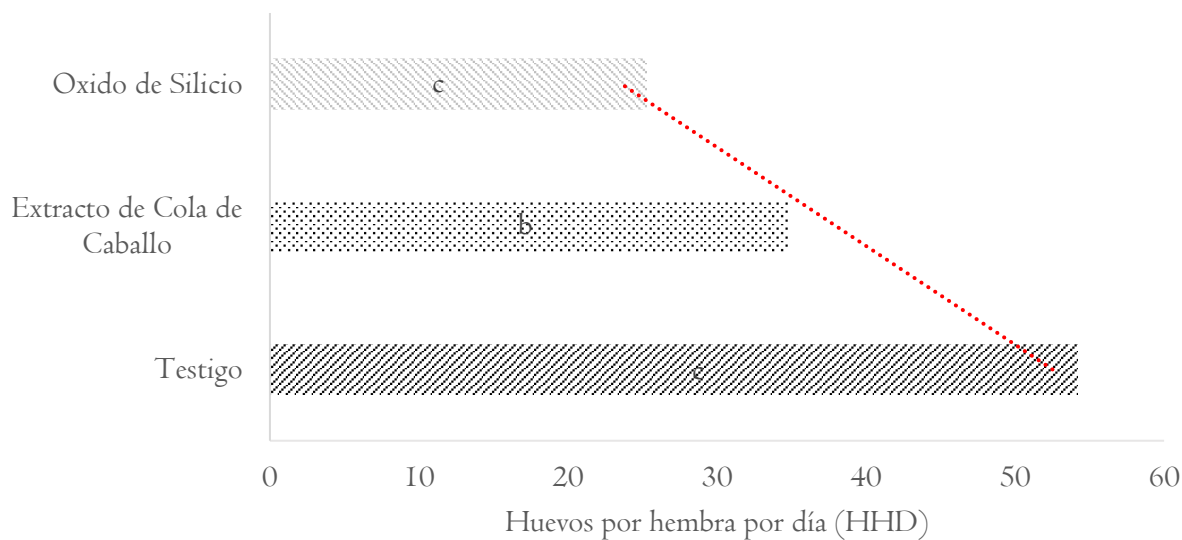


Figura 3. Número de huevos por hembra por día ovipositados por las hembras de *Tetranychus urticae* Koch por efecto de las dos fuentes de silicio en hojas de tomate. Medias con letras distintas indican diferencias estadísticas significativas (Tukey, 0.05).



El tratamiento con dióxido de silicio presentó la menor cantidad de huevos por hembra por día (25.3 HHD), seguido del extracto etanólico de cola de caballo con 34.7 HHD, mientras que el testigo registró el valor más alto con 54.2 HHD. Estos resultados fueron inferiores a los reportados por Mahmoud et al. (2024), quienes observaron valores de oviposición entre 60 HHD y 74.56 HHD en diferentes cultivares de tomate.

Asimismo, la aplicación de dióxido de silicio redujo la oviposición de *T. urticae* en más de 2.1 veces respecto al testigo, mientras que el extracto etanólico de cola de caballo logró una disminución superior a 1.5 veces. Estos resultados evidencian el potencial del silicio como alternativa para inducir resistencia y disminuir la reproducción de la araña roja en tomate.

Conclusión

La aplicación de dióxido de silicio en el cultivo de tomate es una alternativa viable en el manejo de la araña roja al provocar en más de 1.5 la mortalidad, repelencia y oviposición de araña roja *Tetranychus urticae* Koch.

Referencias

Abou-Setta, M. M., & Childers, C. C. (1987). A modified leaf-arena technique for rearing and evaluating phytoseiid mites (Acari: Phytoseiidae). *Florida Entomologist*, 70(2), 245-248.
<https://doi.org/10.2307/3495155>

Brugiére, T. & Exley, C. (2017). Callose-associated silica deposition in Arabidopsis. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 39, 86-90.
<https://doi.org/10.1016/j.jtemb.2016.08.005>

Guntzer, F., Keller, C., & Meunier, J. D. (2012). Benefits of plant silicon for crops: A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 32(1), 201-213.

<https://doi.org/10.1007/s13593-011-0039-8>

Ismail, A. S., Abdel-Salam, A. H., El-Naggar, M. E., & Abd El-Hady, H. (2022). Effectiveness of silica nanoparticles and potassium silicate on the two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) and their impact on strawberry yield. *Journal of Plant Protection and Pathology*, 13(11), 277-283.
<https://doi.org/10.21608/jppp.2022.164344.1105>

Jeppson, L. R., Keifer, H. H., & Baker, E. W. (1975). *Mites Injurious to Economic Plants*. University of California Press.
https://books.google.com.mx/books?id=RIE1_jsBtbAC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbg_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false

Kogan, M. (1998). Integrated pest management: Historical perspectives and contemporary developments. *Annual Review of Entomology*, 43(1), 243-270.
<https://doi.org/10.1146/annurev.ento.43.1.243>

Ma, J. F., & Yamaji, N. (2006). Silicon uptake and accumulation in higher plants. *Trends in Plant Science*, 11(8), 392-397.
<https://doi.org/10.1016/j.tplants.2006.06.007>

Mahmoud, A. M., Mabrouk, A. H., Afifi, A. A., Abdellatif, A. S., Osman, N. H., & Ahmed, M. M. (2025). Grafting Tomato 'Nairouz FI' onto interspecific hybrids for induced antibiosis and antixenosis resistance to *Tetranychus urticae* Koch via chlorogenic acid synthesis. *BMC Plant Biology*, 25(1), 295.

Ruppel, R.F. (1983). Cumulative Insect-days as an index of crop Protection. *Journal of Economic Entomology*, 375-377.
<https://doi.org/10.1093/jee/76.2.375>

Van Leeuwen, T., Vontas, J., Tsagkarakou, A., Dermauw, W., & Tirry, L. (2010). Acaricide resistance mechanisms in the two-spotted spider mite *Tetranychus urticae*. *Pest Management Science*, 66(8), 905-913.
<https://doi.org/10.1002/ps.1983>



Tiempo de exposición de imidacloprid y azadiractina en la mortalidad de abejas

Exposure time of imidacloprid and azadirachtin on bee mortality

Raúl René Robles-Lacayo[§], Fernando Germán Flore-Guillen, Roxana Ivone Resendiz-Juaréz, Luis Patricio Guevara-Acevedo

Tecnológico Nacional de México. Campus Roque. §Autor de correspondencia: (rene.rl@roque.tecnm.mx).

Resumen

El objetivo de la investigación fue evaluar el efecto del tiempo de exposición a los i.a. imidacloprid y azadiractina en la regulación de la población de abejas realizando bioensayos en laboratorio, para ello se colectaron abejas del apiario del TecNM Roque en contenedores de plástico con aireación. El estudio se realizó bajo un diseño completamente al azar con dos tratamientos, un testigo y tres repeticiones, cada tratamiento estuvo conformado por 27 individuos. Para imidacloprid Confidor® (Bayer 350 SC) se utilizaron dosis de 1, 2, 3, 4, 7 y 10 ppm y para el extracto de neem (azadiractina) Neem CE80® (Ultraquimia Agrícola S.A. de C.V.) con dosis de 50, 80, 100, 120, 150 y 180 ppm y un testigo blanco con agua y sacarosa. Cada dosis se preparó con una solución con 50 % de agua y 50 % de sacarosa. La mortalidad se determinó a las 3, 6 h de exposición, para ser consideradas como especímenes muertos, el criterio utilizado fue que la abeja no respondiera a estímulo con un pincel. Los resultados muestran que los i.a. evaluados presentan valores máximos de CL_{50} a las 3 h de exposición, lo que indica que el imidacloprid tiene un efecto en la mortalidad de las abejas desde las 3 h de exposición.

Palabra clave: *Apis mellifera*, bioensayo, extracto de neem, mortalidad, neonicotinoide.

Abstract

The objective of this research was to evaluate the effect of exposure time to the active ingredients imidacloprid and azadirachtin on bee population regulation by conducting laboratory bioassays. Bees were collected from the TecNM Roque apiary and placed in ventilated plastic containers. The study was conducted using a completely randomized design with two treatments, a control, and three replicates. Each treatment consisted of 27 individuals. Imidacloprid Confidor® (Bayer 350 SC) was used at doses of 1, 2, 3, 4, 7, and 10 ppm, and neem extract (azadirachtin) Neem CE80® (Ultraquimia Agrícola S.A. de C.V.) at doses of 50, 80, 100, 120, 150, and 180 ppm. A control containing water and sucrose was also included. Each dose was prepared with a 50 % water and 50 % sucrose solution. Mortality was determined at 3.6 h of exposure. Bees were considered dead if they did not respond to a brush stimulus. The results show that the active ingredients evaluated exhibited maximum LC_{50} values at 3 h of exposure, indicating that imidacloprid had an effect on bee mortality starting at 3 h of exposure.

Index words: *Apis mellifera*, bioassay, neem extract, mortality, neonicotinoid.



Introducción

Las abejas (*Apis mellifera*) son insectos que se alimentan de polen y néctar de las flores de las plantas, realizan la polinización de este órgano vegetal promoviendo la diversidad de plantas (Barbosa, 2024), la conservación de especies amenazadas; asimismo, son polinizadores naturales de diversos cultivos agrícolas. Al respecto, se ha estimado que el 73 % de las plantas cultivadas son polinizadas por alguna de las especies de abejas (Fa0, 2014), lo anterior pone de manifiesto el papel que juegan en la producción de alimentos en cantidad y calidad (Toledo et al., 2013). En años recientes investigadores y productores de miel han reportado la disminución en la población de abejas, sobre cerca de áreas agrícolas (Devine & Furlong, 2007), donde las abejas obreras de una colmena desaparecen de forma repentina (Brutscher et al., 2016). Uno de los principales factores causantes es la exposición a plaguicidas (Calatayud-Vernich et al., 2018).

La exposición a pesticidas causa la muerte de las abejas y además pueden presentar efectos en la reducción de la capacidad de búsqueda de alimento en su ciclo de vida (Maggi & Chreil, 2023). En la actualidad se han evaluado la toxicidad de diferentes insecticidas como neonicotinoides y algunos extractos vegetales (Zhang et al., 2019) entre otros. Es por ello que el objetivo de esta investigación fue evaluar tiempos de exposición a i.a. como imidacloprid y azadiractina en la mortalidad de abejas (*Apis mellifera*) bajo condiciones de laboratorio.

Materiales y métodos

Se colectaron abejas *A. mellifera* del apiario del TecNM Roque, llevadas al laboratorio en contenedor de plástico con aireación e identificadas de acuerdo con Ayala (1999). Posteriormente se colocaron en jaulas entomológicas y dentro de la caja se colocó una botella de plástico de 250 mL para su alimentación. En la prueba de laboratorio se utilizó un diseño completamente al azar con tres

repeticiones, seis dosis y un testigo “blanco”, cada unidad experimental estuvo conformada por 27 individuos. Las dosis evaluadas para imidacloprid (Confidor® Bayer 350 SC) fue de 1, 2, 3, 4, 7 y 10 ppm y azadiractina neem (azadiractina) Neem CE80® (Ultraquimia Agrícola S.A. de C.V.) con dosis de 50, 80, 100, 120, 150 y 180 ppm. Cada dosis se preparó con una solución con 50 % de agua y 50 % de sacarosa. La mortalidad se determinó a las 3, 6, como regla de decisión, cuando las abejas no respondían al estímulo con un pincel el insecto se consideraba muerto. La corrección de mortalidad se realizó mediante la ecuación de Abbott (1925), siempre y cuando el testigo no excedía el 10 % de este valor. Así mismo, se realizó el análisis Probit mediante la metodología propuesta por Finney (1971).

Resultados y discusión

La concentración letal media a las 3 h y 6 h de exposición del imidacloprid presentó diferencias altamente significativas ($F = 10.79$, $Pr > F = 0.0035$) con valores de 7.58 y 6.86 ppm respectivamente (**Tabla I**). Observando que a la CL_{50} a las 6 h presentó el menor valor con 6.86 ppm, lo que indica que a ese tiempo de exposición la abeja presenta resistencia al producto. Este valor difiere a lo reportado por Gill et al. (2012) que mencionan que la intoxicación de larvas de abejas con insecticidas como imidacloprid se ha correlacionado con un incremento en la mortalidad. Por otro lado, Riaño-Jiménez y Cure (2016) refieren que el imidacloprid es poco tóxico para las abejas, aunque muy letal cuando lo transportan a la colmena.

Mas aún, los resultados encontrados difieren con los resultados de la aplicación del imidacloprid (Confidor® Bayer 350 SC) para el cual se utilizaron dosis CL_{50} y CL_{90} , mostrando que el imidacloprid no solamente causa toxicidad hasta que llega a la colmena, sino que tiene una repercusión real desde que la abeja entra en contacto con él o existe ingesta.



Tabla 1. Dosis letal media (CL₅₀), CL₉₀, límites fiduciales (LFI-LFS) y ecuación de predicción de imidacloprid azadiractina evaluado a los 3, 6 h de exposición de abejas (*Apis mellifera*).

Tiempo de exposición (h)	Ingrediente activo	CL ₅₀ (ppm)	LFI-LFS (ppm)	CL ₉₀ (ppm)	Ecuación de predicción
3	Imidacloprid	7.58 ^a	5.82-8.45	10.34	$y = -4.74 + 6.01$
	Azadiractina	124.22 ^a	110.74-141.92	231.92	$y = -9.89 + 0.48$
6	Imidacloprid	6.86 ^b	4.31-9.56	16.56	$y = -3.21 + 2.10$
	Azadiractina	100.92 ^b	85.99-116.43	177.97	$y = -10.42 + 0.59$

Letras diferentes indican diferencias significativas (Tukey, 0.05).

Comparando los resultados obtenidos con los reportados por Medrzycki et al. (2003) quienes afirman que abejas expuestas a 100 y 500 ppm de imidacloprid comienzan a tener un efecto en la primera hora, lo anterior muy por encima de lo encontrado con ese trabajo donde se encontró que a pesar de dosis de menos de 10 ppm (5.36) de imidacloprid utilizadas en la investigación, este ingrediente activo llega a ser tóxico desde las primeras 3 h en alimentación.

La CL₅₀ de la aplicación de azadiractina en mortalidad de abejas a diferentes tiempos de exposición mostraron diferencias altamente significativas ($F = 10.01$, $Pr > F = 0.0044$), con valores de 124.22 y 100.92 ppm a las 3, 6 h de exposición. Observando que la CL₅₀ disminuyó a través del tiempo con un valor máximo a las 3 h de 121.22 y de 100.92 pp a las 6 h de exposición; estos valores difieren al de otros autores, cuyos valores son 1024 ppm para la CL₅₀ de *A. mellifera* a azadiractina.

Conclusión

Imidacloprid y azadiractina i.a de diferente grupo toxicológico presentan efectos altamente significativos en la mortalidad de las abejas, con mayores valores de la CL₅₀ en las primeras 3 h de exposición y disminuyendo conforme aumenta el tiempo, se recomienda que estos ingredientes

activos sean aplicados al menos 6 h antes del período de máxima actividad de las abejas en el campo.

Referencias

- Abbott, W.S. (1925). A Method of Computing the Effectiveness of an Insecticide. *Journal of Economic Entomology*, 18, 265- 267. <http://dx.doi.org/10.1093/jee/18.2.265a>
- Barbosa, A.D.N. (2024). Neonicotinoides, un riesgo potencial para los polinizadores. *RD-ICUAP*, 10(28), 111-119. <https://doi.org/10.32399/icuap.rdic.2448-5829.2024.10.28.1277>
- Brutscher, L. M., Kulhanek, K., Toth, A. L., & Cave, A. J. (2016). Honey bee health: The role of molecular, individual, and colony-level factors in colony failure. *Current Opinion in Insect Science*, 16, 54-61. <https://doi.org/10.1016/j.cois.2016.05.003>
- Calatayud-Vernich, P., Calatayud, F., Simó, E. & Picó, Y. (2018). Pesticide residues in honey bees, pollen and beeswax: Assessing beehive exposure. *Environmental Pollution*, 24, 106-114. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.05.062>
- Devine, G.J. & Furlong, M.J. (2007). Insecticide use: contexts and ecological consequences. *Agriculture and Human Values*, 24(3), 281-



306. <https://doi.org/10.1007/s10460-007-9067-z>
- Fao. (2014). Conservation and management of pollinators for sustainable agriculture – the international response. In: Freitas BM, Pereira JOP (Eds). *Solitary bees: conservation, rearing and management for pollination*. Imprensa Universitária. Fortaleza, Brasil. pp. 19-22. En: https://www.researchgate.net/publication/274028840_Solitary_Bees_conservation_rearing_and_management_for_pollination
- Finney, D.J. (1971). *Probit Analysis*. 3rd Edition, Cambridge University Press, Cambridge. <https://doi.org/10.1080/00401706.1973.10489027>
- Maggi T.C. & Chreil R. (2023). Toxicidad de pesticidas para insectos polinizadores. *Polinizador de Cultivos*, 5, 33-42. [10.13140/RG.2.2.10772.48007](https://doi.org/10.13140/RG.2.2.10772.48007)
- Medrzycki, P., Montanari, R., Bortolotti, L., Sabatini, A.G., Maini, S. & Porrini, C. (2003). Effects of imidacloprid administered in sublethal doses on honeybee behaviour. Laboratory tests. *Bulletin of Insectology*, 56(1), 59-62. https://www.researchgate.net/publication/242525057_Effects_of_imidacloprid_administered_in_sublethal_doses_on_honey_bee_behaviour_Laboratory_tests
- Riaño-Jiménez, D., & Cure, J. R. (2016). Evaluation of the sublethal effects of Imidacloprid on the honey bee *Apis mellifera* L. (Hymenoptera: Apidae) under semi-field conditions. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 69(1), 7815-7823. <https://doi.org/10.15446/rfna.v69n1.54749>
- Toledo, V. A. A., Takasusuki, M. C. C. R.; Baitala, T. V., Maia, F. M. C., Pereira, H. L. Halak, A. L., Chambó, E. D., Malerbo-Souza, D. T. (2013). Polinização por abelhas (*Apis mellifera* L.) em laranjeira (*Citrus sinensis* L. Osbeck), *Scientia Agraria Paranaensis*, 12, 236-246. <https://doi.org/10.18188/1983-1471/sap.v12n4p236-246>
- Zhang, Z. Y., Li, Z., Huang, Q., Zhang, X. W., Ke, L., Yan, W. Y., Zhang, L. Z. & Zeng, Z. J. (2019). Deltamethrin Impairs Honeybees (*Apis mellifera*) Dancing Communication. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 78(1), 117–123. <https://www.google.com/search?q=https://doi.org/10.1007/s00244-019-00680-3>



RECURSOS AGRONÓMICOS



Variación fenotípica intra-poblacional asociada al color de grano en maíz Tepecintle (*Zea mays* L.) de Rancho Cafetal, Oaxaca

Intrapopulation phenotypic variation associated with kernel color in Tepecintle maize (*Zea mays* L.) from Rancho Cafetal, Oaxaca

María Guadalupe Reyes-Santiago¹, Ulises Santiago-López², Vicente Arturo Velasco-Velasco¹, Johana Vásquez Procopio^{1§}

¹Tecnológico Nacional de México (TecNM). Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca. ²Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). CE Valles Centrales de Oaxaca. [§]Autor de correspondencia: (johana.vp@voaxaca.tecnm.mx).

Resumen

El objetivo fue evaluar la variación fenotípica intra-poblacional asociada al color de grano en tres poblaciones del maíz Tepecintle provenientes de la localidad Rancho Cafetal, Valle Nacional, Oaxaca, cultivados durante el ciclo agrícola primavera-verano de 2025. La descripción varietal de las mazorcas se desarrolló de acuerdo a los criterios de la Guía del SNICS. Se analizaron ocho variables morfológicas de 120 mazorcas distribuidas en tres grupos de 40 unidades según su color de grano: blanco, amarillo y morado. Los datos se evaluaron mediante análisis de varianza, comparación de medias por el método de Tukey ($\alpha = 0.05$) y correlaciones de Pearson. El maíz de grano morado destacó porque presentó diferencias significativas en número de hileras (11.50 ± 0.23), número total de granos (387 ± 10.21), peso de mazorca (178.73 ± 4.35 g) y diámetro de mazorca (4.92 ± 0.05 cm). El análisis de correlaciones reveló asociaciones fuertes positivas (0.78) entre variables de la mazorca relacionados con el rendimiento. En conjunto, los hallazgos demuestran una amplia variación fenotípica intra-poblacional en una población local de la raza Tepecintle y resalta el maíz de grano morado con características agronómicas relevantes.

Palabras clave: caracterización agromorfológica, conservación *in situ*, maíces nativos, recursos fitogenéticos.

Abstract

The aim of this study was to evaluate the intra-population phenotypic variation associated with grain color in three populations of Tepecintle maize from Rancho Cafetal, Valle Nacional, Oaxaca, cultivated during the 2025 Spring–Summer growing season. Ear varietal characterization was carried out according to the criteria established in the SNICS Guide. Eight morphological traits were analyzed in 120 ears distributed into three groups of 40 units according to grain color: white, yellow, and purple. Data were analyzed using analysis of variance, Tukey's mean comparison test ($\alpha = 0.05$), and Pearson correlation analysis. Purple-grain maize stood out by showing significant differences in number of rows (11.50 ± 0.23), total kernel number (387 ± 10.21), ear weight (178.73 ± 4.35 g), and ear diameter (4.92 ± 0.05 cm). Correlation analysis revealed strong positive associations (0.78) among ear traits related to yield. Overall, the findings demonstrate broad intra-population phenotypic variation within the Tepecintle race and highlight



purple-grain maize as possessing relevant agronomic characteristics.

productores de la localidad Rancho Cafetal, Valle Nacional, Oaxaca.

Index words: agro-morphological characterization, *in situ* conservation, native maize, plant genetic resources.

Introducción

El estado de Oaxaca destaca como uno de los principales centros de diversidad del maíz en México, concentrando 35 de las 59 razas reportadas a nivel nacional (Rendon et al., 2017). La región de la Chinantla Baja, ubicada al norte de Oaxaca, representa un área de particular interés debido a sus condiciones de selva alta perennifolia y la presencia de la raza Tepecintle, una raza tropical de amplia distribución en el sureste mexicano (Conabio, 2012).

La caracterización fenotípica de maíces nativos constituye una herramienta fundamental para documentar y comprender la diversidad morfológica existente, identificar patrones de variación intra e inter-poblacional, y generar información base para el diseño de estrategias de conservación y aprovechamiento sostenible (Huerta et al., 2008). Sin embargo, esta diversidad enfrenta amenazas crecientes asociadas al desplazamiento de variedades nativas por materiales mejorados, cambios en las prácticas agrícolas tradicionales, pérdida de conocimientos locales y efectos del cambio climático (Serratos-Hernández, 2012). Adicionalmente, existen limitados estudios agromorfológicos detallados a nivel de poblaciones locales, lo que restringe el conocimiento preciso de la variabilidad fenotípica *in situ* (Prasanna, 2010).

En este sentido, el objetivo de este estudio fue evaluar la variación fenotípica intra-poblacional asociada al color de grano del maíz Tepecintle provenientes de una misma población local cultivada mediante labores tradicionales por

Materiales y métodos

El estudio se realizó en la comunidad de Rancho Cafetal, municipio de Valle Nacional, Oaxaca, México, localizado en las coordenadas 17°54'04" N, 96°20'01" O, a una altitud de 610 m. El material vegetal consistió en mazorcas de maíz de la raza Tepecintle en los colores de grano: blanco, amarillo y morado ($n = 40$ por color) que provinieron de una misma población local conservada por los productores y cultivada durante el ciclo agrícola primavera-verano 2025 bajo manejo tradicional.

De acuerdo con los criterios de la Guía para la descripción de variedades nativas de maíz (*Zea mays* L.) del Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (Snics, 2024) se evaluaron las siguientes variables: longitud de mazorca, diámetro de mazorca, peso de mazorca, número de hileras, largo de grano, ancho de grano, grosor de grano, número total de granos por mazorca. Los datos se analizaron mediante análisis de varianza, comparación de medias por el método de Tukey y correlaciones de Pearson con el software SAS® versión 9.4.

Resultados y discusión

El análisis de varianza (Anova), para la longitud de mazorca, no mostró diferencias significativas entre los tres colores de grano evaluados. Los coeficientes de variación fueron similares entre colores, oscilando entre 6.97 % y 7.64 %, lo que indica una variabilidad moderada (Tabla I). El maíz de grano morado presentó el mayor diámetro promedio de mazorca (4.92 ± 0.05), significativamente superior a los otros colores de grano. Asimismo, el Anova también mostró diferencias significativas para el número de hileras (11.50 ± 0.23), lo que representa una caracterís-



Tabla I. Estadísticos descriptivos de la mazorca por color de grano en maíz Tepecintle.

Variable	Color	Media $\pm$ DE	CV (%)	Mínimo	Máximo
Longitud de mazorca (cm)	Blanco	16.85 $\pm$ 1.23 ^a	7.3	14.2	19.5
	Amarillo	16.92 $\pm$ 1.18 ^a	6.9	14.8	19.2
	Morado	17.15 $\pm$ 1.31 ^a	7.6	14.5	20.1
Diámetro de mazorca (cm)	Blanco	4.65 $\pm$ 0.04 ^b	5.8	4.1	5.2
	Amarillo	4.68 $\pm$ 0.04 ^b	5.9	4.15	5.3
	Morado	4.92 $\pm$ 0.05 ^a	6.1	4.3	5.6
Número de hileras	Blanco	10.70 $\pm$ 0.18 ^b	10.2	8	14
	Amarillo	10.85 $\pm$ 0.19 ^b	10.6	8	14
	Morado	11.50 $\pm$ 0.23 ^a	11.1	10	16
Número de granos por hilera	Blanco	33.45 $\pm$ 2.15 ^a	6.4	28	38
	Amarillo	33.20 $\pm$ 2.08 ^a	6.2	29	38
	Morado	33.65 $\pm$ 2.23 ^a	6.6	29	39
Número total de granos por mazorca	Blanco	358 $\pm$ 8.92 ^b	12.4	280	462
	Amarillo	360 $\pm$ 9.45 ^b	12.7	282	476
	Morado	387 $\pm$ 10.21 ^a	13.2	310	512
Peso de mazorca (g)	Blanco	163.85 $\pm$ 3.72 ^b	14.3	125.3	215.6
	Amarillo	165.42 $\pm$ 3.87 ^b	14.7	128.5	218.4
	Morado	178.73 $\pm$ 4.35 ^a	15.3	135.2	238.7

Media $\pm$ error estándar (n = 40 por tratamiento). Letras iguales dentro de cada variable no indican diferencias significativas (Tukey, α = 0.05). DE = desviación estándar; CV = coeficiente de variación.

tica estructural importante asociada con mayor capacidad de producción de granos.

En el número de granos por hilera, el Anova no detectó diferencias significativas para ninguno de los colores de grano de maíz. Sin embargo, el número total de granos por mazorca sí mostró diferencias significativas para el maíz morado (387 $\pm$ 10.21). Adicionalmente, el peso de mazorca también mostró diferencias significativas para el maíz de grano morado (178.73 $\pm$ 4.35). Este peso es consistente con las diferencias observadas en diámetro de mazorca, número de hileras y número total de granos, lo que sugiere una ventaja potencial en términos de rendimiento (Gaspar et al., 2010).

El largo, ancho y grosor de grano no mostraron diferencias significativas en el Anova. Los

coeficientes de variación fueron bajos y similares en todos los casos, indicando una variabilidad relativamente menor en comparación con las características de mazorca. Esto confirma que el tamaño y la forma del grano son independientes del color (Figueroa et al., 2013).

El análisis de correlación de Pearson reveló patrones significativos de asociación entre caracteres morfológicos (Tabla 2). Las correlaciones más fuertes se observaron entre el peso de mazorca y el número total de granos (r = 0.89), entre el número total de granos y el número de hileras (r = 0.82), y entre el número total de granos y el número de granos por hilera (r = 0.82). Estas correlaciones reflejan las relaciones estructurales y de desarrollo entre estos componentes de la mazorca.



Tabla 2. Matriz de correlación de Pearson entre variables morfológicas en maíz Tepecintle (n = 120).

Variable	LM	DM	NH	NGH	NTG	PM	LG	AG	GG
LM									
DM	0.42**								
NH	0.38**	0.78**							
NGH	0.85**	0.35**	0.32**						
NTG	0.68**	0.72**	0.82**	0.82**					
PM	0.65**	0.81**	0.75**	0.62**	0.89**				
LG	0.28*	0.15	0.12	0.31*	0.25*	0.22*			
AG	0.24*	0.18	0.14	0.27*	0.23*	0.20*	0.82**		
GG	0.19	0.12	0.09	0.22*	0.18	0.16	0.75**	0.79**	

LM = longitud de mazorca; DM = diámetro de mazorca; NH = número de hileras; NGH = número de granos por hilera; NTG = número total de granos; PM = peso de mazorca; LG = largo de grano; AG = ancho de grano; GG = grosor de grano. ** $p \leq 0.01$; * $p \leq 0.05$.

El diámetro de mazorca también mostró correlaciones fuertes con el número de hileras ($r = 0.78$) y con el peso de mazorca ($r = 0.81$). Esto es particularmente importante porque explica por qué el maíz morado, que tiene mayor diámetro, también tiene mayor número de hileras.

Conclusiones

La caracterización fenotípica evidenció variación intra-poblacional en una población local de la raza Tepecintle de Rancho Cafetal, Valle Nacional, Oaxaca, destacando el maíz de grano morado por sus mayores valores en componentes estructurales asociados al rendimiento. Estas diferencias reflejan la variabilidad fenotípica conservada en la población bajo sistemas tradicionales de manejo, lo que resalta la importancia de fortalecer estrategias de conservación *in situ* que mantengan la diversidad de colores dentro de la población local.

Agradecimientos

Los resultados aquí presentados forman parte del proyecto con clave PEE-2025-G-602, titulado “Calidad nutricional de razas de maíz (*Zea mays* L.) de importancia biocultural en la región de la

Chinantla, Oaxaca – México”, financiado por la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI).

Referencias

- Conabio (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). (2012). *Proyecto Global de Maíces Nativos: Recopilación, generación, actualización y análisis de información acerca de la diversidad de maíces y sus parientes silvestres en México*. México.
- Figuerola, J., González, D., Mauricio, A., Taba, S., Marcela, G., Véles-Medina, J., Rincon, F. & Cuevas, F. (2013). Propiedades físicas del grano y calidad de los grupos raciales de maíces nativos (criollos) de México. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 36, 305-314. <https://doi.org/10.35196/rfm.2013.3-S3-A.305>
- Gaspar, E., Ortiz-Torres, E., López, P. & López-Romero, G. (2010). Caracterización y rendimiento de poblaciones de maíz nativas de Molcaxac, Puebla. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 33. <https://doi.org/10.35196/rfm.2010.4.287>
- Huerta, A., Sahagún-Castellanos, J., Rodríguez-Pérez, J. & García, L. (2008). Diversidad



- fenotípica de variedades e híbridos de maíz en el Valle Toluca-Atlacomulco, México. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 31. <https://doi.org/10.35196/rfm.2008.1.67>
- Prasanna, B. M. (2010). Phenotypic and molecular diversity of maize landraces: Characterization and utilization. *Indian Journal of Genetics and Plant Breeding*, 70, 315-327.
- Rendon, B., Aguilar-Rojas, V., Martínez, M., Avila Castañeda, J., Bernal-Ramírez, L., Bravo-Avilez, D., Carrillo-Galván, M., Cornejo-Romero, A., Delgadillo-Durán, E., Hernández-Cárdenas, G., Hernandez, M., López-Arriaga, A., Sánchez-García, J., Vides, E. & Ortega-Packzca, R. (2017). Diversidad de maíz en la Sierra Sur de Oaxaca, México: conocimiento y manejo tradicional. *Polibotánica*, 39(20), 151-174. <https://polibotanica.mx/index.php/polibotanica/article/view/324>
- Serratos-Hernández, J.A. (2012). *El origen y la diversidad del maíz en el Continente Americano*. 2a edición.
- Snics (Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas). (2024). *Guía para la descripción de variedades nativas de maíz*. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, México.



Contenido de proteína y desempeño agronómico de maíz Tuxpeño pigmentado de la Chinantla, Oaxaca

Protein content and agronomic performance of pigmented Tuxpeño corn from Chinantla, Oaxaca

Eber Sadot Caballero-Ríos¹, Ulises Santiago-López², Judith Ruiz-Luna¹, Raquel Martínez-Martínez¹,

Johana Vásquez Procopio^{1§}

¹Tecnológico Nacional de México (TecNM). Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca. ²Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). CE Valles Centrales de Oaxaca. [§]Autor de correspondencia: (johana.vp@voaxaca.tecnm.mx).

Resumen

El objetivo fue caracterizar fenotípicamente la mazorca y grano, así como el contenido de proteína, en una población local de maíz Tuxpeño en tres colores de grano (blanco, morado y rojo) de la región Chinantla, Oaxaca. Se evaluaron 120 mazorcas (40 por color) provenientes de las comunidades de Mano Marqués, municipio de Ayotzintepec y San Agustín, municipio de Jacatepec, Oaxaca, cultivadas durante el ciclo primavera-verano 2025. Para la caracterización de la mazorca se consideraron la longitud, peso, diámetro, número total de granos y número de granos por hilera, mientras que para el grano: el largo, ancho y grosor, siguiendo los descriptores del Snics. El porcentaje de proteína se estimó por el contenido de nitrógeno total con el método de Kjeldahl ($N \times 6.25$) con cuatro repeticiones por color. Los datos se analizaron mediante Anova y prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) utilizando GraphPad Prism 11.0.0. El maíz de grano morado mostró estadísticamente los valores más bajos en longitud y peso de mazorca, número total de granos, granos por hilera y largo de grano, pero mayor ancho de grano y el contenido más alto de proteína. Por su parte, el maíz de grano blanco presentó los valores más altos en peso de mazorca y variables asociadas al rendimiento, pero el menor contenido de proteína. La población local de maíz Tuxpeño de la Chinantla presenta una clara diferenciación

fenotípica y nutricional asociada al color de grano. El maíz morado, a pesar de menores características agronómicas, destaca por su alto contenido de proteína, representando un recurso genético valioso para mejoramiento nutricional.

Palabras clave: agrobiodiversidad, calidad nutricional, maíces nativos.

Abstract

The aim of this study was to phenotypically characterize ears and kernels, as well as protein content, in a local population of Tuxpeño maize with three kernel colors (white, purple, and red) from the Chinantla region of Oaxaca, Mexico. A total of 120 ears (40 per kernel color) were evaluated from the communities of Mano Marqués, municipality of Ayotzintepec, and San Agustín, municipality of Jacatepec, Oaxaca, cultivated during the 2025 Spring–Summer growing season. Ear traits evaluated included ear length, weight, diameter, total number of kernels, and number of kernels per row, while kernel traits included length, width, and thickness, following Snics descriptors. Protein content was determined using the Kjeldahl method ($N \times 6.25$) with four replicates per kernel color. Data were analyzed by Anova and Tukey's test ($\alpha = 0.05$) using GraphPad Prism 11.0.0. Purple-kernel maize showed significantly lower values for ear length and weight, total kernel number, kernels per row,



and kernel length, but greater kernel width and the highest protein content. In contrast, white-kernel maize exhibited the highest ear weight and yield-related traits, but the lowest protein content. The local Tuxpeño maize population from the Chinantla region showed clear phenotypic and nutritional differentiation associated with kernel color. Despite its lower agronomic performance, purple maize stood out for its high protein content, representing a valuable genetic resource for nutritional improvement.

Index words: agrobiodiversity, nutritional quality, native maize.

Introducción

La raza Tuxpeño es una de las razas de maíz más importantes y ampliamente distribuidas en las regiones tropicales y subtropicales de México, caracterizándose por su adaptación a condiciones de trópico húmedo y subhúmedo, ciclo intermedio a tardío, plantas de porte alto y mazorcas de tamaño grande con grano predominantemente dentado (Santiago-López et al., 2020). Esta raza presenta notable variabilidad en múltiples características, incluyendo el color de grano, que puede variar desde blanco hasta tonalidades intensas de morado, rojo, amarillo y combinaciones de estos colores (Conabio, 2012).

Diversos estudios han documentado que el color de grano puede estar correlacionado con diferencias en características agronómicas, composición química y valor nutricional (Salinas-Moreno et al., 2013; Suárez et al., 2013). Sin embargo, la naturaleza y magnitud de estas asociaciones varían considerablemente entre poblaciones y contextos genéticos específicos, lo que subraya la importancia de caracterizar materiales locales de manera individual. La comprensión de estas relaciones es fundamental tanto desde una perspectiva científica como aplicada, ya que puede orientar estrategias de conservación, mejoramiento genético y valorización de los recursos genéticos nativos.

El objetivo del presente estudio fue caracterizar las diferencias fenotípicas de mazorca y grano, así como el porcentaje de proteína, asociadas al color de grano (blanco, morado y rojo) en una población local de maíz Tuxpeño conservada por agricultores de las comunidades de Mano Marqués y San Agustín en la región Chinantla, Oaxaca.

Materiales y métodos

El estudio se realizó en las comunidades de Mano Marqués, municipio de Ayotzintepec y San Agustín, municipio de Jacatepec, ambas pertenecientes a la región Chinantla, Oaxaca, México. El material vegetal consistió en mazorcas de maíz de la raza Tuxpeño en los colores de grano: blanco, morado y rojo ($n = 40$ por color) de una población local conservada y manejada tradicionalmente por los agricultores de las comunidades, cultivada durante el ciclo agrícola primavera-verano 2025 bajo condiciones similares de manejo agronómico tradicional.

De acuerdo con los criterios de la guía para la descripción de variedades nativas de maíz (*Zea mays* L.) del Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (Snics, 2024) se evaluaron las siguientes variables de la mazorca: longitud (cm), peso (gr), diámetro (cm), número total de granos y granos por hilera, mientras que para el grano: el largo (mm), ancho (mm) y grosor (mm). El porcentaje de proteína se estimó por el contenido de nitrógeno total con el método de Kjeldahl ($N \times 6.25$) con cuatro repeticiones por color de grano. Los datos se analizaron mediante ANOVA y prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) utilizando GraphPad Prism II.0.0.

Resultados y discusión

El análisis de varianza mostró diferencias significativas entre colores de grano para la mayoría de las variables fenotípicas evaluadas, lo que indica una clara diferenciación fenotípica



asociada al color de grano en esta población local de maíz Tuxpeño (**Figura I**). En general, el maíz de grano morado presentó consistentemente los valores más bajos en longitud de mazorca, peso de mazorca, número total de granos, número de granos por hilera y largo de grano. Sin embargo, presentó mayor ancho de grano en comparación con los otros colores. Por su parte, el maíz de grano blanco registró los valores más altos en peso

de mazorca y en variables asociadas al rendimiento, mientras que el maíz de grano rojo mostró valores intermedios entre ambos materiales. Este patrón de diferenciación sugiere que el color de grano no es simplemente un rasgo superficial o estético, sino que está asociado con un conjunto más amplio de características morfológicas y agronómicas que definen características fenotípicas distintivas para cada color (Nanyangwe et al., 2026).

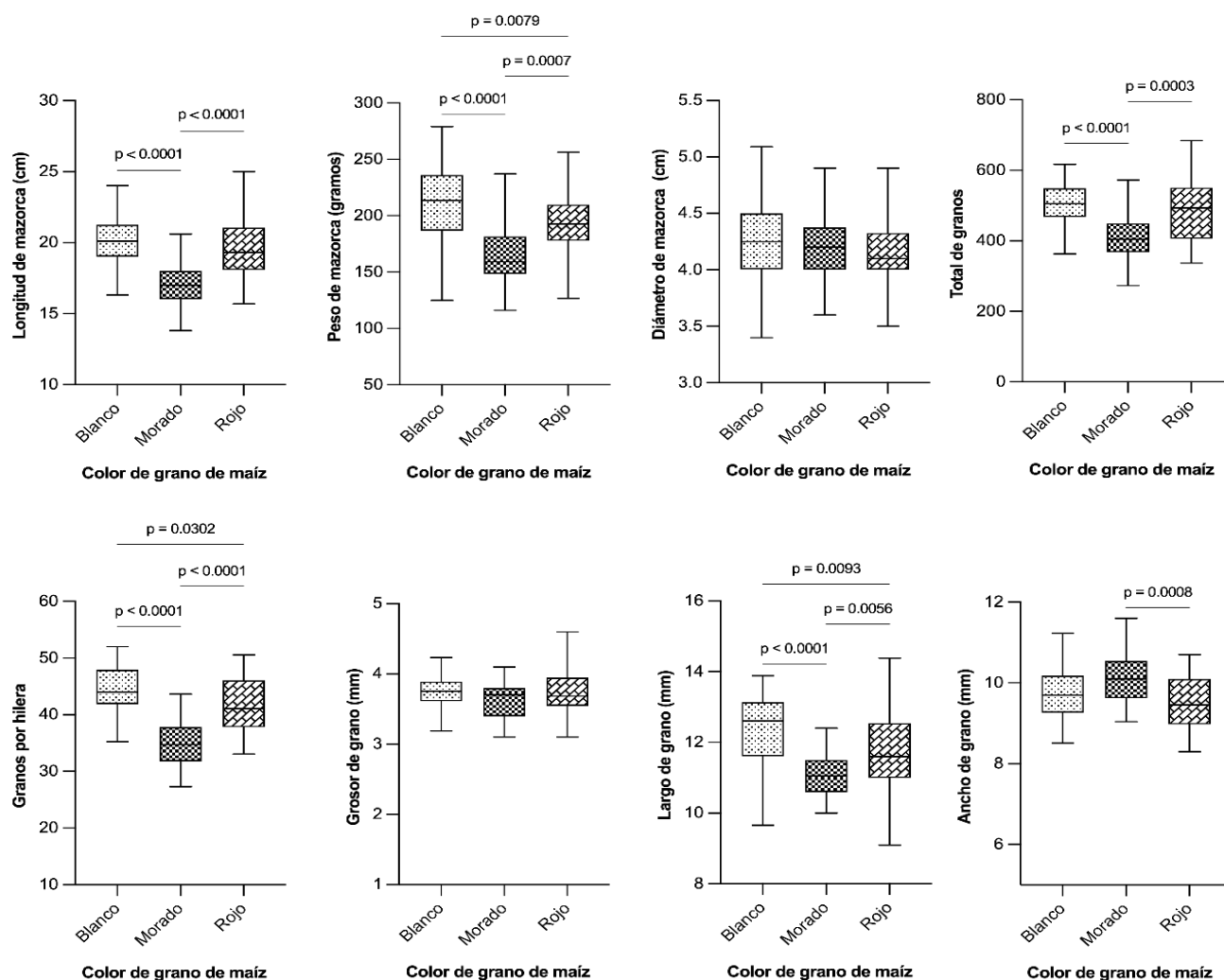


Figura I. Características fenotípicas de mazorca y grano en maíz Tuxpeño de diferente color de grano. Las cajas representan la mediana y el rango intercuartílico; los bigotes indican los valores mínimos y máximos. Las diferencias significativas entre colores de grano se determinaron mediante la prueba de Tukey ($\alpha < 0.05$).

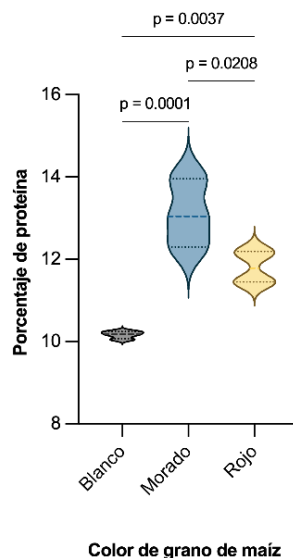


Figura 2. Porcentaje de proteína en maíz Tuxpeño de grano blanco, morado y rojo. Los gráficos de violín representan repeticiones analíticas obtenidas a partir de muestras compuestas por color de grano. Las comparaciones entre medias se realizaron mediante la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$).

El análisis del contenido de proteína reveló diferencias claras y consistentes asociadas al color de grano, estableciendo un patrón inverso al observado para las características agronómicas de rendimiento (**Figura 2**). El maíz de grano morado presentó el contenido de proteína más alto, seguido por el maíz de grano rojo con valores intermedios, mientras que el maíz de grano blanco mostró el contenido de proteína más bajo. Este patrón indica una asociación positiva entre la intensidad de pigmentación del grano y el contenido de proteína en esta población de maíz Tuxpeño. Esta asociación es de particular interés desde una perspectiva nutricional y funcional (Sánchez-Nuño et al., 2024), ya que sugiere que los granos pigmentados, además de su contenido de compuestos bioactivos (Tepixtle-Colohua et al., 2025) también ofrecen ventajas en términos de contenido proteico.

Conclusiones

La población local de maíz Tuxpeño de la Chinantla, Oaxaca, presenta una clara diferenciación fenotípica asociada al color de grano. El maíz de grano morado se caracteriza por

menores dimensiones de mazorca y menor número de granos, pero mayor ancho de grano y significativamente mayor contenido de proteína. El maíz de grano blanco presenta las mejores características agronómicas relacionadas con rendimiento, pero el menor contenido de proteína.

Agradecimientos

Los resultados aquí presentados forman parte del proyecto con clave PEE-2025-G-602, titulado “Calidad nutricional de razas de maíz (*Zea mays* L.) de importancia biocultural en la región de la Chinantla, Oaxaca – México”, financiado por la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI).

Referencias

Conabio. (2012). *Proyecto Global de Maíces Nativos: Recopilación, generación, actualización y análisis de información acerca de la diversidad de maíces y sus parientes silvestres en México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México. Comisión Nacional para el



- Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (20 de febrero de 2026). https://www.biodiversidad.gob.mx/media/1/genes/files/InformedeGestion_VI.pdf
- Nanyangwe, S., Ndeve, A. D., Fato, P., Munisse, P., Oladiran, K. P., Lhamine, C. F., & Kipkoech, M. C. (2026). Phenotypic Diversity in Maize Landraces: A Systematic Review of Global Patterns, Methodological Approaches, and Implications for Breeding. *Genes*, 17(4), 413. <https://doi.org/10.3390/genes17040413>
- Sánchez-Nuño, Y. A., Zermeño-Ruiz, M., Vázquez-Paulino, O. D., Nuño, K., & Villarruel-López, A. (2024). Bioactive Compounds from Pigmented Corn (*Zea mays* L.) and Their Effect on Health. *Biomolecules*, 14(3), 338. <https://doi.org/10.3390/biom14030338>
- Salinas-Moreno, Y., Cuevas, F., Moncada, C., Villarreal, J., López, B., & Sosa-Montes, E. (2013). Caracterización física y composición química de razas de maíz de grano azul/morado de las regiones tropicales y subtropicales de Oaxaca. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 36, 23-31. <https://doi.org/10.35196/rfm.2013.1.23>
- Santiago-López, N., Zavala, J. J., Espinoza-Banda, A., Santiago Lopez, U., Esquivel, G., & Molina-Galán, J. (2020). Adaptación de maíz Tuxpeño a Valles Altos de México mediante selección masal. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 43, 259. <https://doi.org/10.35196/rfm.2020.3.259>
- Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (Snics). (2024). *Guía para la descripción de variedades nativas de maíz (Zea mays L.)*. Secretaría de Agricultura y Desarrollo. (10 de enero de 2026). <https://www.gob.mx/snics/documentos/guia-para-la-descripcion-de-variedades-de-maiz-nativo>.
- Suárez, R., Morales C, L., & Gálvez, A. (2013). Importancia de los maíces nativos de México en la dieta nacional: Una revisión indispensable. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 36, 275-283. <https://doi.org/10.35196/rfm.2013.3-S3-A.275>
- Tepixtle-Colohua, V., Reyes-Trejo, B., & Saucedo, A. (2025). El Compuestos químicos funcionales en el maíz morado (*Zea mays*): una revisión bibliográfica. *Acta Botanica Mexicana*, 132, e2439. <https://doi.org/10.21829/abm132.2025.2439>



Diseño e implementación de un sistema de riego fotovoltaico para optimizar el crecimiento de semillas criollas de maíz en vivero

Design and implementation of a photovoltaic irrigation system to optimize the growth of native corn seeds in a nursery

Blanca del Rosario Martín-Canché^{1,2§}, José Luis Guillen-Taje², Maximiliano Vanoye-Eligio², Pedro Salvador-Morales¹, Norma Laura Rodríguez-Ávila¹

¹Tecnológico Nacional de México (TecNM). IT de Chiná, Campeche, México. Calle 11 s/n entre 22 y 28, Colonia Centro. 24520 Chiná, Campeche, México. ²TecNM. ITS de Escárcega, Campeche, México. Calle 85 s/n entre 10-B, Colonia Unidad Esfuerzo y Trabajo. 24350, Escárcega, Campeche, México. §Autor de correspondencia: (blanca.mc@escarcega.tecnm.mx).

Resumen

El maíz (*Zea mays* L.), cultivo extensivo originario de Mesoamérica, es fundamental para la seguridad alimentaria y tiene un impacto significativo en la economía regional. Su establecimiento en viveros se ve limitado por la germinación irregular y la alta mortalidad de plántulas. El objetivo fue diseñar e implementar un sistema de riego fotovoltaico automatizado para optimizar la emergencia y el crecimiento de *Zea mays* L. en vivero mediante sustratos orgánicos, para favorecer la eficiencia productiva y la sostenibilidad agrícola. El experimento se desarrolló en condiciones de vivero con 80 % de sombra, empleando un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. En la prueba piloto se evaluaron diferentes sustratos orgánicos: 20 % hongos micorrízicos arbusculares + 80 % Arena (HMAA), vermicomposta al 100 % (V), sustrato comercial (S) y un testigo (T) al 100 %. Las variables consideradas fueron grosor y longitud del tallo, desarrollo foliar y radicular, número de hojas, porcentaje de emergencia y viabilidad de las plántulas. La implementación del riego automatizado permitió mantener niveles óptimos de humedad en el suelo, reduciendo pérdidas por

estrés hídrico y favoreciendo un desarrollo uniforme de las plantas. El análisis de varianza mostró diferencias significativas entre tratamientos ($p \leq 0.01$) para: longitud del tallo, grosor del tallo, longitud de raíz, número de hojas y longitud de hoja. La comparación de medias mediante la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) indicó que la vermicomposta presentó el mejor desempeño en grosor del tallo, longitud de raíz y desarrollo foliar, mientras que la vermicomposta y el testigo conformaron el grupo estadísticamente superior para longitud del tallo y longitud de hoja. Asimismo, la viabilidad de las semillas fue del 92 %, observándose el mayor porcentaje de emergencia en el tratamiento con vermicomposta (94.5 %), seguido del testigo (91.0 %), HMAA (87.0 %) y sustrato comercial (76.5 %). En conjunto, la combinación de sustratos orgánicos y tecnología fotovoltaica constituye una estrategia eficiente y sostenible que mejora la eficiencia en el uso del agua, reduce desperdicios, facilita la operación en zonas rurales y favorece el crecimiento y vigor de las plántulas, representando una alternativa viable para fortalecer la producción en viveros comunitarios de Escárcega, Campeche.



Palabras clave: biofertilizantes, producción agrícola, semillas autóctonas, vermicomposta.

Abstract

Maize (*Zea mays* L.), an extensive crop originating in Mesoamerica, is fundamental to food security and has a significant impact on the regional economy. Its establishment in nurseries is limited by irregular germination and high seedling mortality. The present study aimed to design and implement an automated photovoltaic irrigation system to optimize the emergence and growth of *Zea mays* L. in a nursery using organic substrates, promoting productive efficiency and agricultural sustainability. The experiment was conducted in nursery conditions with 80 % shade, using a randomized complete block design with four repetitions. In the pilot test, different organic substrates were evaluated: 20 % arbuscular mycorrhizal fungi + 80 % Sand (*HMAA*), 100 % vermicompost (V), commercial substrate (S) and a 100 % control (T). The variables considered were stem thickness and length, leaf and root development, number of leaves, percentage of emergence and viability of the seedlings. The implementation of automated irrigation made it possible to maintain optimal levels of soil moisture, reducing losses due to water stress and promoting uniform plant development. Analysis of variance showed significant differences ($p \leq 0.01$) between treatments for stem length, stem thickness, root length, number of leaves and leaf length. The comparison of means using Tukey's test ($\alpha = 0.05$) indicated that vermicompost showed the best performance in stem thickness, root length and leaf development, while vermicompost and the control formed the statistically superior group for stem length and leaf length. Likewise, the viability of the seeds was 92 %, with the highest percentage of emergence observed in the treatment with vermicompost (94.5 %), followed by the control (91.0 %), *HMAA* (87.0 %) and commercial substrate (76.5

%). Taken together, the combination of organic substrates and photovoltaic technology constitutes an efficient and sustainable strategy that improves water use efficiency, reduces waste, facilitates operation in rural areas and promotes the growth and vigor of seedlings, representing a viable alternative to strengthen production in community nurseries in Escarcega, Campeche.

Index words: biofertilizers, agricultural production, native seeds, vermicompost.

Introducción

El riego automatizado constituye una estrategia tecnológica que permite mantener niveles óptimos de humedad en el suelo, favoreciendo el desarrollo uniforme de las plantas y reduciendo pérdidas por estrés hídrico. En cultivos de maíz (*Zea mays* L.), diversos estudios han demostrado que la implementación de sistemas de riego automatizado mejora significativamente parámetros de crecimiento, como longitud y grosor del tallo, desarrollo foliar, formación radicular y emergencia de plántulas (Díaz et al., 2024). Además, estos sistemas contribuyen a la eficiencia en el uso del agua, reduciendo el desperdicio en comparación con métodos tradicionales, y permiten una programación precisa de riegos de acuerdo con las necesidades fisiológicas de la planta. La automatización también reduce la dependencia de mano de obra y facilita la operación en zonas rurales o de difícil acceso, especialmente cuando se combina con energía fotovoltaica, ofreciendo una alternativa sostenible y de bajo costo energético (Mancilla et al., 2020). El impacto de estos sistemas no se limita únicamente al crecimiento vegetativo, sino que también repercute en la productividad y la calidad del grano, al asegurar condiciones hídricas homogéneas durante fases críticas como la germinación, la floración y el llenado de granos. Asimismo, el uso de riego automatizado puede integrarse con prácticas agronómicas sostenibles,



incluyendo fertilización orgánica y biofertilizantes, potenciando la salud del suelo y la eficiencia productiva del cultivo (Fortis-Hernández et al., 2009).

Las características del suelo representan un factor determinante para la agricultura (Palma-López et al., 2017), dado que el rendimiento de distintos cultivos de grano, como maíz, frijol y calabaza, depende en gran medida de la implementación de diversas técnicas de producción, tales como sistemas de siembra tecnificada, métodos tradicionales y la selección cuidadosa de semillas (Medina et al., 2018). El maíz (*Zea mays* L.), especie nativa de Mesoamérica perteneciente a la familia Poaceae, destaca por su diversidad genética y su origen en México (Barrera-Guzmán et al., 2020; May et al., 2004). Esta especie representa aproximadamente el 61 % de la producción mundial de grano amarillo y más del 90 % del maíz blanco, debido a su relevancia como alimento básico a nivel global (Mendoza, 2017).

Durante el ciclo agrícola 2019, México cultivó 13,961,479 ha con maíz, utilizando semillas mejoradas en 9,860,921 ha (70.6 %) y semillas criollas en 4,100,559 ha (29.4 %), generando un valor económico de \$353,613,479.15 miles de pesos (Siap, 2019). Para el ciclo 2023, la superficie sembrada alcanzó 12,983,777.63 ha, con un valor de \$485,195,978.32 miles de pesos, variación atribuida a factores ambientales y a la calidad del grano. En este contexto, los pequeños productores juegan un papel clave, seleccionando cuidadosamente semillas criollas por su adaptabilidad a distintas condiciones, empleando buenas prácticas tradicionales como la siembra de secano y la conservación de semillas para ciclos posteriores (Juárez & Pardo, 2020). En el sureste del país, la milpa, sistema en el que se combina el maíz con frijol (*Phaseolus vulgaris*) y calabaza (*Cucurbita* spp.), sigue siendo la práctica predominante para la producción de semillas y

autoconsumo (Gamboa-Cimé et al., 2024; Santillán et al., 2022).

En este contexto, los sistemas de riego automatizado han demostrado ser herramientas eficaces para mantener la humedad del suelo de manera uniforme, reduciendo el estrés hídrico y favoreciendo el desarrollo radicular y foliar de las plantas jóvenes. Los sistemas fotovoltaicos, en particular, ofrecen la ventaja de ser energéticamente sostenibles, permitiendo su operación en zonas rurales y comunidades con acceso limitado a la electricidad (Díaz et al., 2024).

El manejo tradicional continuo del suelo ha provocado cambios significativos en sus propiedades físicas, químicas y biológicas, afectando negativamente la disponibilidad de nutrientes y el rendimiento de los cultivos (Uzcanga et al., 2015). Aunado a ello, en México el maíz se cultiva en condiciones ambientales y tipos de suelo variados, lo que favorece su potencial productivo, adicionalmente, factores como el cambio climático y las precipitaciones limitan su rendimiento en algunas regiones (Mancilla et al., 2020). En Campeche, las condiciones edafológicas y ambientales son favorables para el cultivo de maíz, aunque la productividad reportada para municipios como Hopelchén, Champotón y Candelaria es relativamente baja, la cual es principalmente destinada al autoconsumo y a la producción de semillas criollas (Santillán et al., 2022).

Para atender esta necesidad, el Programa Sembrando Vida (2020) ha promovido viveros comunitarios que emplean fertilizantes orgánicos y biofertilizantes, incluidos biocompost, vermicomposta y hongos micorrízicos, los cuales mejoran la nutrición de las plantas, la estructura del suelo y contribuyen a una agricultura sostenible (Ávalos et al., 2018; Fortis-Hernández et al.,



2009; González-Mateos, 2018; Sañudo et al., 2013).

Dado que la combinación del riego fotovoltaico y sustratos orgánicos mejora significativamente el desarrollo de las plántulas, la presente investigación tuvo como objetivo diseñar e implementar un sistema de riego fotovoltaico automatizado para optimizar el crecimiento y la emergencia de *Zea mays* L. en vivero, mediante el uso de sustratos orgánicos en comparación con sustratos convencionales, promoviendo la eficiencia productiva y la sostenibilidad agrícola.

Materiales y métodos

Área de estudio

La presente investigación se realizó en el vivero del Tecnológico Nacional de México (TecNM) Campus Escárcega, Escárcega Campeche, durante los meses de octubre a diciembre del año 2024. Las muestras de suelo empleadas para el diseño experimental fueron tomadas del Centro de Investigación y Transferencia de Tecnología Forestal "El Tormento" (CITTFOR) de la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), las cuales por sus características fueron catalogadas como Leptosol Réndzico (LPrz) (Palma-López, et al., 2017). La puesta en marcha del experimento fue en el ITS de Escárcega en el área del Vivero institucional, el diseño experimental como el análisis de los datos se realizaron mediante el uso del paquete Excel en el IT de Chiná, Campeche.

Selección de sustrato y del germoplasma (maíz grano)

Se utilizaron cuatro tipos de sustrato: hongos micorrícicos arbusculares/arena (*HMAA*); empleándolo a una proporción de (20/80), siendo la arena esterilizada en autoclave durante 30 min, para eliminar agentes contaminantes a diferencia de las muestras de *HMAA* se utilizaron sin

esterilizar; sustrato (S) de marca Berger-ES (BM2), adquirido en una tienda local de Escárcega, Campeche; Vermicomposta (V), Testigo (T), muestra de suelo colectada en el CITTFOR, las cuales fueron humedecidas al 80 % confirmándolo con la prueba de puño, la cual ha sido empleada en distintas investigaciones (Valencia & Riascos, 2024). Además, se expusieron al método de solarización durante cinco días (Parra et al., 2015).

Se utilizaron semillas de maíz amarillo criollo. Los diferentes sustratos se dispusieron en un diseño de bloques completamente al azar, en condiciones de vivero con un 80 % de sombra como se aprecia en la **Figura I**; con los siguientes tratamientos: *HMAA*; 20 % hongos micorrícicos arbusculares + arena al 80 %, V; vermicomposta al 100 %, S; sustrato comercial, T; Testigo suelo al 100 %. Estos sustratos se colocaron en charolas de germinación con 200 cavidades de poliestireno, las cuales fueron humedecidas hasta alcanzar la capacidad de campo, 24 h antes de la siembra. Posteriormente, se sembró una semilla por orificio, aplicando los tratamientos correspondientes con un diseño en bloques completos aleatorizados (*DBCA*) para evaluar la emergencia de las plántulas y análisis de los indicadores de calidad de las plántulas (grosor y longitud del tallo, hojas y raíces).

Diseño del sistema fotovoltaico autónomo

Como parte del presente proyecto, el riego se realizó mediante un sistema de aspersión programado para regar cada 24 h durante 15 min, asegurando la humedad óptima recomendada para sistemas de vivero (Valencia & Riasco, 2024). El sistema estuvo conectado directamente a la toma de agua y la energía necesaria para su funcionamiento fue de 375 Watts (suministrada por 5 paneles de 75 Watts, el cual alimentaba una



bomba monofásica de 0.50 HP ($\frac{1}{2}$ HP) marca Siemens. La operación del riego fue alimentada por un sistema fotovoltaico autónomo (SFA), (Figura 2), implementado específicamente para

este proyecto, constituyendo una alternativa práctica y sustentable para la operación de sistemas productivos en comunidades rurales.

Figura I. Diseño de bloques completos al azar en la emergencia y crecimiento de plántulas de maíz (*Zea mays* L.). Fuente. Elaboración propia.

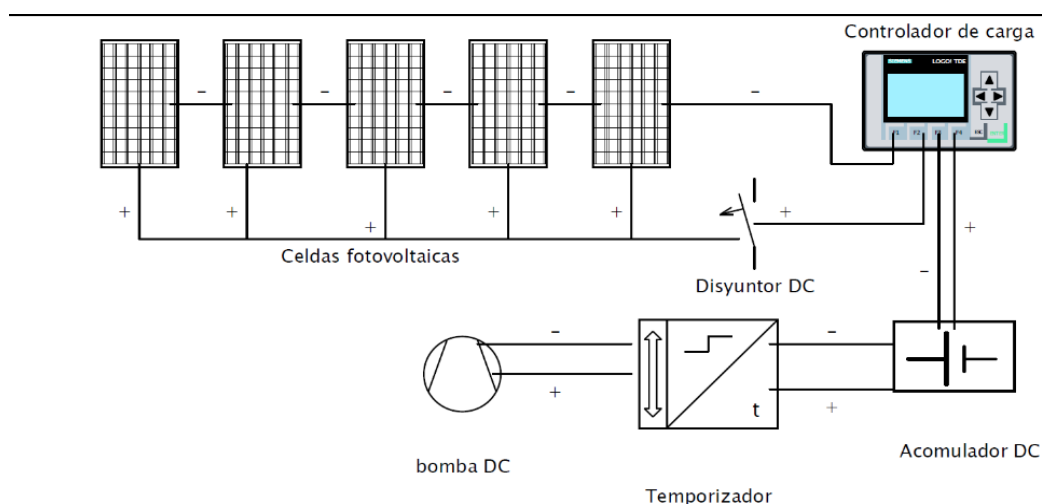
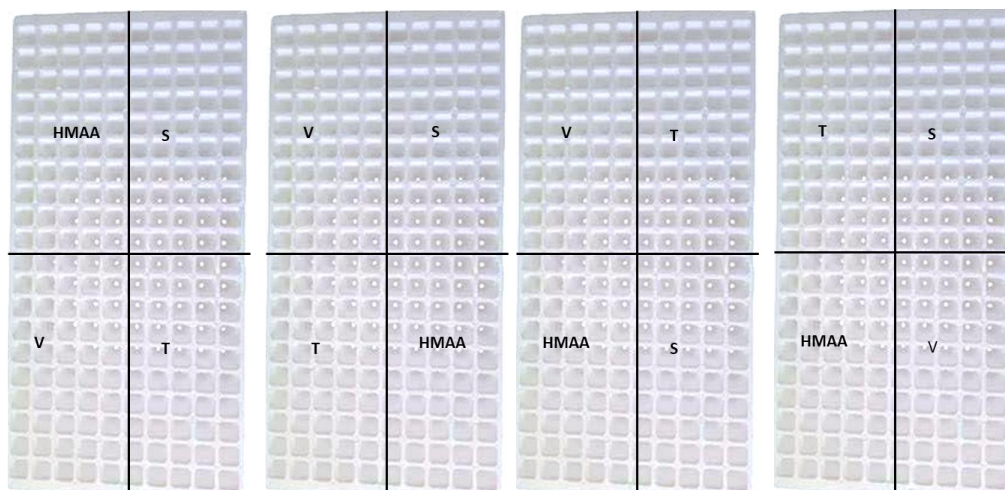


Figura 2. Diagrama unifilar del sistema fotovoltaico autónomo, conectado en paralelo. Fuente: Elaboración propia.



Parámetros evaluados

Las variables evaluadas en la emergencia y crecimiento de plántulas de maíz (*Zea mays* L.) bajo condiciones de vivero, fue con respecto al efecto de los distintos tratamientos empleados. Se evaluaron los indicadores de calidad de las plántulas (grosor y longitud del tallo, hojas y raíces), para ello, se empleó un calibrador vernier digital 6" acero inox, std y mm, Truper CALDI-6MP, 14388, (China). Además, se realizó un conteo del número de hojas de los distintos tratamientos.

Para calcular el porcentaje de viabilidad (*PV*) de la semilla amarilla de maíz criollo, se dispuso el método por flotación empleado por Juárez (2000), el cual consiste en remojar 250 semillas en un recipiente de vidrio durante 24 h. Es importante mencionar que no es el único método para evaluar la viabilidad de semillas (Santos-Hidalgo et al., 2023). Para los cálculos del *PV* se aplicó la ecuación I:

$$PV = (N-n) / n \times 100 \dots \text{Ec. I.}$$

Donde: *N* = semillas totales, *n* = semillas flotantes.

(*PE*)

Respecto al porcentaje de emergencia (*PE*), se hizo un conteo visual en campo para registrar la emergencia y viabilidad de las semillas. Donde se evaluaron el *PE* de plántulas desde la siembra hasta la observación del coleóptilo en las distintas charolas germinativas dispuestas en condiciones de vivero. Para la evaluación, se monitoreo diariamente hasta identificar la emergencia del

coleóptilo, empleando la ecuación 2 propuesta por Furutani et al. (1985). La evaluación se realizó durante los primeros seis días desde la siembra.

$$PE = (n/N) \times 100 \text{ (I)} \dots \text{Ec. 2}$$

Donde: *n* = número total de coleóptilos emergidos, *N* = número total de semillas.

Manejo y análisis de datos

La investigación se desarrolló con un *DBCA* con cuatro tratamientos, cuatro repeticiones aleatorizadas, con 50 plántulas por unidad experimental con un total de 200 plántulas colocadas en charolas germinativas. Se realizó el análisis de varianza (Anova), utilizando el paquete Excel® para la elaboración de bases de datos y los gráficos de las variables evaluadas.

Resultados y discusión

El análisis de varianza mostró diferencias significativas ($p \leq 0.01$) entre tratamientos para todas las variables estudiadas: longitud del tallo, grosor del tallo, longitud de raíz, número de hojas y longitud de hoja. La comparación de medias mediante la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) indicó que los tratamientos vermicomposta y Testigo conformaron el grupo estadísticamente superior en longitud del tallo y longitud de hoja. Asimismo, la vermicomposta presentó el mayor grosor del tallo y la mayor longitud de raíz, diferenciándose significativamente del sustrato comercial. En cuanto al número de hojas, los tratamientos vermicomposta, Testigo y *HMAA* integraron el grupo con los valores más altos, mientras que el sustrato comercial mostró el menor desempeño (Tabla I).



Tabla I. Comportamiento de plantas de maíz en diferentes sustratos.

Tratamiento	Longitud de tallo (cm)	Grosor del tallo (mm)	Longitud de raíz (cm)	Número de hojas	Longitud de hoja (cm)
HMAA	4.22 ± 0.54 ^b	1.55 ± 0.12 ^b	8.78 ± 0.81 ^{ab}	2.47 ± 0.21 ^a	15.61 ± 1.42 ^b
Vermicomposta (V)	4.90 ± 0.48 ^a	1.91 ± 0.15 ^a	9.39 ± 0.76 ^a	2.70 ± 0.19 ^a	19.90 ± 1.67 ^a
Sustrato (S)	3.13 ± 0.43 ^c	1.58 ± 0.11 ^b	7.72 ± 0.69 ^b	2.04 ± 0.18 ^b	12.06 ± 1.15 ^c
Testigo (T)	5.09 ± 0.51 ^a	1.53 ± 0.10 ^b	8.68 ± 0.73 ^{ab}	2.73 ± 0.22 ^a	19.78 ± 1.58 ^a
Valor de p (Anova)	< 0.0001	0.0032	0.0031	< 0.0001	< 0.0001

HMAA = hongos micorrízicos arbusculares + arena; V = vermicomposta; s = sustrato comercial; T = testigo. Medias con letras diferentes en una misma columna indican diferencias significativas de acuerdo con la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$).

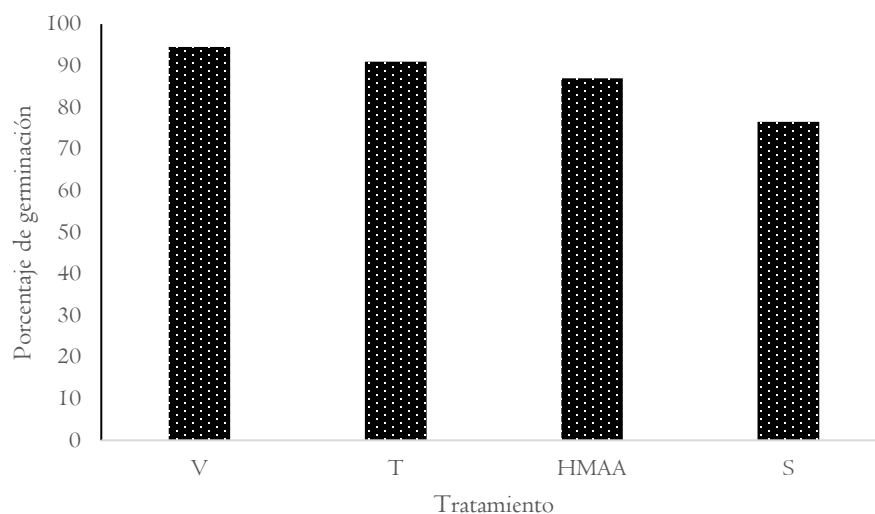


Figura 3. Porcentaje de emergencia de la semilla de maíz amarillo criollo en diferentes sustratos. Hongos Micorrízicos arbusculares (HMAA); vermicomposta (V); sustrato (S); Testigo (T).

Respecto a la calidad fisiológica de la semilla, el método de flotación permitió estimar una viabilidad del 92 %, resultado que se reflejó en los porcentajes de emergencia observados durante los primeros seis días después de la siembra. El tratamiento con vermicomposta alcanzó el mayor porcentaje de emergencia (94.5 %), seguido por el Testigo (91.0 %) y HMAA (87.0 %), mientras que el sustrato comercial registró el valor más bajo (76.5 %) (Figura 3). Estos resultados, sugieren una relación directa entre la calidad del sustrato y la capacidad de emergencia de las plántulas,

destacando el efecto positivo de la vermicomposta sobre el establecimiento inicial del cultivo.

En conjunto, los resultados demuestran que la combinación de un sistema de riego fotovoltaico automatizado y la aplicación de vermicomposta favorece significativamente el crecimiento y vigor de las plántulas de maíz bajo condiciones de vivero, constituyendo una alternativa sostenible para mejorar la producción de material vegetal en sistemas agrícolas de pequeña escala. Manteniendo niveles óptimos de humedad en el suelo, reduciendo pérdidas por estrés hídrico y



favoreciendo un desarrollo uniforme de las plántulas de maíz.

Los resultados presentados respecto a la emergencia de las semillas de maíz amarilla criolla, mostraron resultados significativos, de los cuales coinciden distintos autores que la variación en los métodos de conservación y tratamiento de distintos sustratos orgánicos de estas semillas resulta favorable en la velocidad de germinación y emergencia de las plántulas (Escobar-Álvarez et al., 2021; Natera et al., 2008; Nicasio-Arzeta et al., 2011). Estudios recientes indican que los sustratos orgánicos representan una opción eficaz para enriquecer el suelo. Según Cardoza-Viera et al. (2024), tanto la cascarilla de arroz como el humus de lombriz demostraron resultados significativos en el crecimiento inicial del maíz en condiciones controladas. contribuyendo a la mejora de las condiciones del suelo, favoreciendo al desarrollo de las plantas. Además, se han realizado pruebas con fermentaciones de abonos orgánicos, como el bocashi, lombricomposta, entre otros fertilizantes orgánicos, en competencia con productos comerciales bajo condiciones controladas.

Los resultados obtenidos mostraron un crecimiento inicial significativo en el área apical de las plántulas a corto plazo, lo cual coincide con los resultados reportados en estudios previos, las lombrices han demostrado un impacto positivo en la fertilización del suelo gracias a sus propiedades. Esto se debe a su alta capacidad de adaptación a diversos entornos, lo que las convierte en una herramienta clave para la producción agrícola orgánica. Además, se resaltan otros fertilizantes orgánicos, como la vermicomposta, que han demostrado obtener mejores resultados en el cultivo de maíz, alineándose con los intereses y objetivos de los productores (Fortis-Hernández et al., 2009). Como segundo resultado significativo del estudio, se identificó que el tratamiento *HMAA* contribuye positivamente a las variables evaluadas, gracias a su alta capacidad de asociación

con las raíces de las plántulas. Este efecto respalda la capacidad de estos microorganismos para capturar nutrientes y transportarlos, tal como se describe en las investigaciones de Pérez-Luna et al. (2012). No obstante, las semillas de maíz amarillo criollo tienen una alta capacidad de adaptación, lo que confirma su viabilidad de germinación, los cuales se comprueban en dicha investigación. Las semillas de maíz amarillo criollo mostraron alta viabilidad y adaptabilidad, confirmando su capacidad de germinación y éxito en condiciones controladas y de campo.

Conclusiones

La integración del riego fotovoltaico automatizado con sustratos orgánicos mejoró el crecimiento y la emergencia de *Zea mays* L. en vivero ya que permitió mantener condiciones óptimas de humedad, lo que representa una alternativa tecnológica y sostenible. El análisis de los tratamientos evaluados mostró que la vermicomposta favoreció el crecimiento de las plántulas, los mejores resultados fueron en grosor del tallo, número de hojas y porcentaje de emergencia. Estos resultados sugieren su potencial como componente de sustratos para la producción de plántulas y resaltan la importancia de continuar investigando su uso, así como su combinación con otros materiales, con el fin de desarrollar sistemas de producción más eficientes y sostenibles.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Tecnológico Nacional de México, a través del Instituto Tecnológico Superior de Escárcega, por el financiamiento del proyecto "Sistema Fotovoltáico Aislado para el Riego Automatizado en Viveros Comunitarios". Asimismo, agradecen el apoyo académico del Instituto Tecnológico Superior de Escárcega y del Instituto Tecnológico de Chiná, Campeche, así como las facilidades otorgadas por el Centro de Investigación y Transferencia de Tecnología



Forestal “El Tormento” (CONAFOR) y los Laboratorios de Biotecnología del TecNM, campus IT Chiná e ITS Escárcega, para el desarrollo de la investigación.

Referencias

- Ávalos de la Cruz, M. A., Figueroa Viramontes, U., García Hernández, J. L., Vázquez Vázquez, C., Gallegos Robles, M. A., y Orona Castillo, I. (2018). Bioinoculantes y abonos orgánicos en la producción de maíz forrajero. *Nova Scientia*, 10(20), 170–189. <https://doi.org/10.21640/ns.v10i20.1285>
- Barrera-Guzmán, L. A., Legaria-Solano, J. P., y Ortega-Paczka, R. (2020). Genetic diversity in populations of Mexican maize races. *Revista Fitotecnía Mexicana*, 43(1), 121–125. <https://doi.org/10.35196/rfm.2020.1.121>
- Cardoza-Viera, A., Arévalo-Valladolid, D., Javier-Alva, J., Peña-Castillo, R., Chanduví-García, R., Quiroz-Calderón, M., y Morales-Pizarro, D. A. (2024). Sustratos orgánicos alternos en la germinación y crecimiento inicial de plántulas de *Zea mays* L. en condiciones de vivero. *Terra Latinoamericana*, 42. <https://doi.org/10.28940/terra.v42i0.1867>
- Díaz, J. E. M., Moreno, A. P., Castro, M. A. M., y Garzón, Ó. A. S. (2024). Sistema de riego automatizado para un cultivo de pequeña superficie. *Revista Tecnológica-ESPOL*, 36(2), 32–45. <https://doi.org/10.37815/rte.v36n2.1227>
- Escobar-Álvarez, J. L., Ramírez-Reynoso, O., Saguilán, P. C., Gutiérrez-Dorado, R., Maldonado-Peralta, M. Á., y Valenzuela-Lagarda, J. L. (2021). Viabilidad y germinación en semillas de maíz criollo del estado de Guerrero. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 8(II). <https://doi.org/10.19136/era.a8nII.2963>
- Fortis-Hernández, M., Leos-Rodríguez, J. A., Preciado-Rangel, P., Orona-Castillo, I., García-Salazar, J. A., García-Hernández, J. L., y Orozco-Vidal, J. A. (2009). Aplicación de abonos orgánicos en la producción de maíz forrajero con riego por goteo. *Terra Latinoamericana*, 27(4), 329–336.
- Furutani, S. C., Zandstra, B. H., y Price, H. C. (1985). Low temperature germination of celery seeds for fluid drilling. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 110(2), 153–156.
- Gamboa-Cimé, C. A., Castillo-Caamal, J. B., Vilchis-Ramos, R., Santos-Flores, J. S., y García-Lira, A. (2024). Efecto de prácticas de agricultura de conservación en la producción de maíz en el sistema milpa en Yucatán, México. *Agronomía Costarricense*, 48(2), 83–94.
- González-Mateos, R. (2018). Rendimiento de maíz (*Zea mays* L.) y respuesta a fuentes y dosis de fertilizantes y biofertilizantes en Guerrero, México. *Agroproductividad*, 11(1). <https://mail.revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/146>
- Mancilla Villa, O. R., Hernández Vargas, O., Manuel Cortez, J. C., Chávez Chávez, J. A., Castillo Álvarez, E. A., Guevara Gutiérrez, R. D., y Sánchez Bernal, E. I. (2020). Rentabilidad en maíz (*Zea mays* L.) y chile (*Capsicum annuum* L.) con manejo convencional y alternativo en Autlán, Jalisco. *Idesia*, 38(3), 33–42. <https://doi.org/10.4067/S0718-34292020000300033>
- May, L. A. B., Servia, J. L. C., y Cereceres, J. O. (2004). Variabilidad morfológica de maíces criollos de la península de Yucatán, México. En M. R. Bellon y J. Berthaud (Eds.), *En Manejo de la diversidad de los cultivos en los agroecosistemas tradicionales* (pp. 58–72). Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.
- Medina Méndez, J., Alejo Santiago, G., Soto Rocha, J. M., y Hernández Pérez, M. (2018). Rendimiento de maíz grano con y sin fertilización en el estado de Campeche. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 9(SPE21), 4306–4316. <https://doi.org/10.29312/remexca.v0i21.1532>



- Mendoza, P. J. G. (2017). El cultivo del maíz en el mundo y en Perú. *Revista de Investigaciones de la Universidad Le Cordon Bleu*, 4(2), 73–79.
<https://doi.org/10.36955/RIULCB.2017v4n2.005>
- Natera, J. R. M., Pinto, J. F. M., y Mata, N. M. (2008). Relación entre la tasa de imbibición y el porcentaje de germinación en semillas de maíz (*Zea mays* L.), caraota (*Phaseolus vulgaris* L.) y quinchoncho (*Cajanus cajan* (L.) Mill.). *UDO Agrícola*, 8(1), 61–67.
- Nicasio-Arzeta, S., Sánchez-Coronado, M. E., Orozco-Segovia, A., y Gamboa-de Buen, A. (2011). Efecto del preacondicionamiento y el sustrato salino en la germinación y crecimiento de plántulas de maíz (*Zea mays*) raza Chalqueño. *Agrociencia*, 45(2), 195–205.
- Palma-López, D., Zavala-Cruz, J., Bautista-Zúñiga, F., Morales-Garduza, M., López-Castañeda, A., Shirma-Torres, E., y Tinal-Ortiz, S. (2017). Clasificación y cartografía de suelos del estado de Campeche, México. *Agroproductividad*, 10(12), 71–78.
- Parra, M. V., Sobrero, M. T., y Pece, M. G. (2015). Solarización: Una alternativa de control de malezas para viveristas. *Foresta Veracruzana*, 17(1), 9–16.
- Pérez-Luna, Y. D. C., Álvarez-Solís, J. D., Mendoza-Vega, J., Pat-Fernández, J. M., Gómez-Álvarez, R., y Cuevas, L. (2012). Diversidad de hongos micorrícicos arbusculares en maíz con cultivo de cobertura y biofertilizantes en Chiapas, México. *Gayana Botánica*, 69(1), 46–56.
<https://doi.org/10.4067/S0717-66432012000100006>
- Santillán Fernández, A., Vargas Díaz, A. A., Noguera Savelli, E. J., Carmona Arellano, M. A., Vera López, J. E., y Arreola Enríquez, J. (2022). Competitividad de la producción de maíz grano en el estado de Campeche, México. *Ciencia Ergo Sum*, 29(2).
<https://doi.org/10.30878/ces.v29n2a10>
- Santos-Hidalgo, K., Buñay, T. G., Arias, J. P. S., Valencia, J. A. A., y Macías, A. A. R. (2023). Almacenamiento de semillas de interés agrícola en banco de germoplasma y evaluación agronómica en campo. *Revista Multidisciplinaria de Desarrollo Agropecuario, Tecnológico, Empresarial y Humanista*, 5(2), 6–18.
- Sañudo, J. Á. G., Romero, M. V., Peña, P. S., Terraza, S. P., y Verdugo, S. H. (2013). Fertilización con vermicomposta en maíz criollo y su tasa de descomposición en el suelo. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 4(1), 42–47.



Germinación y micropropagación *in vitro* de *Piscidia piscipula* L

Germination and *in vitro* micropropagation of *Piscidia piscipula* L

Leydi del Rocío Canché-Moo^{1,2}, Chelsy Denice Jimenez³, Cano Sosa Julia^{2§}

¹SECIHTI. ²Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco. Subse de Sureste. ³Instituto Tecnológico Superior del Sur del Estado de Yucatán. [§]Autor de correspondencia: (jcano@ciatej.com).

Resumen

La inducción de la morfogénesis *in vitro* de *Piscidia piscipula* L, es una alternativa que podría coadyuvar en la implementación de programas de mejoramiento genético, conservación de especies silvestres o aportar conocimiento fisiológico y metabólico. Actualmente, son escasos los estudios realizados en esta especie en condiciones *in vitro*. Por lo que, en este trabajo se realizó la germinación *in vitro* de semillas de *P. piscipula*; en medio MS a la mitad de su fuerza iónica (MS al 50 %) y en medio MS completo (MS al 100 %). Las semillas germinaron en ambos tratamientos; el porcentaje de germinación fue del 15% en medio MS al 100 % a los 7 días de cultivo y de un 22 % en MS al 50 % al día 34 de cultivo. De igual manera, en la inducción de morfogénesis en explantes de hoja de *P. piscipula*, utilizando diferentes combinaciones de ANA, BAP y TDZ se pudo determinar que en los tratamientos con una combinación de 0.25 mg L⁻¹ ANA + 2 mg L⁻¹ BAP, 1.5 mg L⁻¹ BAP + 0.2 mg L⁻¹ TDZ y el tratamiento 0.6 mg L⁻¹ TDZ. se obtuvieron callos de color verde brillante.

Palabras clave: cultivo de tejidos, germinación, morfogénesis.

Abstract

The induction of *in vitro* morphogenesis in *Piscidia piscipula* L. is an alternative that could contribute to the implementation of genetic improvement programs, the conservation of wild species, or to advancing physiological and

metabolic knowledge. Currently, few studies have been conducted on this species under *in vitro* conditions. Therefore, in this study, *in vitro* germination of *P. piscipula* seeds was performed in MS medium at half its ionic strength (50 % MS) and in complete MS medium (100 % MS). The seeds germinated in both treatments; the germination percentage was 15% in 100% MS medium after 7 days of culture and 22 % in 50 % MS medium after 34 days of culture. Similarly, in the induction of *P. piscipula* leaf explants in MS medium using different combinations of NAA, BAP, and TDZ, it was determined that in the treatments with a combination of 0.25 mg L⁻¹ NAA + 2 mg L⁻¹ BAP, 1.5 mg L⁻¹ BAP + 0.2 mg L⁻¹ TDZ, and the 0.6 mg L⁻¹ TDZ treatment, calluses with a bright green color were obtained.

Index words: tissue culture, morphogenesis, germination.

Introducción

Piscidia piscipula L. es conocida como árbol de Ja'abín (en maya), su corteza es de color café grisáceo con manchas, sus flores, apreciadas por las abejas son de color blanco rosado y el árbol puede llegar a medir hasta 20 m de altura. Es empleada en cercas, como leña, en rituales y para tratar diversas enfermedades. Su contenido de piscidina y otros metabolitos secundarios como flavonoides, le confieren utilidad como insecticida natural, antitumor, analgésico, sedante y narcótico (Niembro, 1986; Zamora et al., 2009).



La morfogénesis *in vitro* es un proceso que permite obtener callos, brotes o embriones somáticos que conducen a la regeneración de plantas, lo que podría ayudar a mejorar y mantener la diversidad de la especie cultivada. Existen reportes como en *Myroxylon balsamum* que se obtuvo la regeneración *in vitro* a partir de la inducción de segmentos nodales con BAP (2 mg L⁻¹) y ANA (1 mg L⁻¹) y en *Psidium guajava* reportaron brotes a partir de segmentos nodales con IBA (ácido indol butírico 1 mg L⁻¹), (Ali et al., 2003; Indacochea et al., 2018). Sin embargo, hasta ahora, no hay reportes de morfogénesis en *P. piscipula*.

Dada la importancia de incrementar el conocimiento a nivel metabólico y fisiológico de esta especie; así como de contribuir a la conservación de las especies silvestres, se requiere generar un modelo de estudio, que permita disponer de material vegetal, libre de patógenos y cultivados en un entorno con condiciones controladas. Por lo tanto, los objetivos de este estudio fueron, germinar *in vitro* semillas de *P. piscipula* e inducir en hoja, la morfogénesis *in vitro* utilizando combinaciones de ANA (ácido naftalenacético), BAP (6-bencilaminopurina) y TDZ (Thidiazurón).

Materiales y métodos

La colecta *P. piscipula* se realizó en las coordenadas 21.133116, -89.781669 y 21.132708, -89.780669 localizado dentro del Parque Científico y Tecnológico de Yucatán. Se realizó la siembra de 60 semillas por cada tratamiento, en medio MS (Murashige and Skoog, 1962) al 100 % y medio MS al 50% de su fuerza iónica. Ambos adicionados con 30 g L⁻¹ de sacarosa y 2.4 g L⁻¹ de Phytigel. El medio se esterilizó en autoclave a una temperatura de 121°C y 15 psi, por 15 min. Para la descontaminación, las semillas se lavaron con etanol al 70 % (2 min), cloruro de benzalconio al

5 % (5 min) seguido de hipoclorito de sodio al 50 % (30 min) y se realizaron tres enjuagues con agua destilada estéril. Finalmente se colocaron tres semillas por frasco, y se incubaron en el cuarto de cultivo en condiciones de fotoperíodo (16/8 luz:oscuridad), 25 ±2°C.

Para la inducción de la morfogénesis *in vitro* de los explantes de hoja de *P. piscipula*, se inocularon 3 explantes de hoja en cada frasco con medio. Dando un total de 15 explantes por tratamiento, los cuales contenían 30 mL de medio de cultivo MS, a una concentración de 4.3 g L⁻¹, adicionado con sacarosa (30 g L⁻¹), phytigel (2.4 g L⁻¹) y diferentes concentraciones y combinaciones de: I-ácido naftalenoacético (ANA de 0.25, 0.5 y 1 mg L⁻¹) + 6-Benciladeamina (BAP de 0.5, 1 y 2 mg L⁻¹), y Thidiazurón (TDZ de 0.2, 0.4 y 0.6 mg L⁻¹) + BAP (0.5, 1 y 1.5 mg L⁻¹), finalmente se colocaron a en el cuarto de cultivo.

Resultados y discusión

El inicio de la germinación *in vitro* en el medio MS al 100 % pudo observarse al séptimo día de cultivo, con la emergencia de la radícula. después de la inoculación, solamente 9 semillas desarrollaron la radícula, lo que representa el 15 % de semillas germinadas, según lo reportado por Martínez-Canto (2023), obtuvo 20 % de semillas germinadas en medio MS, el bajo porcentaje de germinación sugiere que se deben aplicar otras estrategias de germinación como la escarificación de las semillas o el uso de reguladores de crecimiento que coadyuvan a la germinación, como el ácido giberélico. Para el día 15, ya era observable la elongación del hipocótilo, Para el día 27 de cultivo ya se observa una plántula desarrollada. Por otra parte, la germinación de las semillas en medio MS al 50 % demoró más tiempo, la radícula fue visible hasta el día 34 de cultivo. en el día 89 de cultivo, la plántula tiene una estructura desarrollada tanto de la raíz principal, como de los cotiledones y la yema apical.



Figura 1. Respuesta de los explantes de hoja de *Piscidia piscipula* a los reguladores de crecimiento. (A) Tratamiento 10 (0.25 mg L⁻¹ ANA + 2 mg L⁻¹ BAP) día 138, (B) Tratamiento 20 (1.5 mg L⁻¹ BAP + 0.2 mg L⁻¹ TDZ) día 131 y (C) Tratamiento 29 (0.6 mg L⁻¹ TDZ) día 131.

A pesar de que el proceso de germinación en medio MS al 50 % fue más prolongado, la cantidad de plántulas generadas fue mayor con un 22 %, a diferencia de las plántulas cultivadas en medio MS al 100 % donde se obtuvo un 15 % de germinación. Se ha observado que los tratamientos con MS al 50 %, favorecen la germinación porque al haber menor concentración de sales, se reduce el estrés osmótico y mejora la disponibilidad de nutrientes y agua (Cabañas-Rodríguez et al., 2025; Martínez-Villegas et al., 2015).

Los resultados de la inducción de la morfogénesis revelaron que la mayoría de los tratamientos presentaron oxidación de los tejidos. Solamente tres tratamientos tuvieron una respuesta estable. En el tratamiento 10 (0.25 mg L⁻¹ ANA + mg L⁻¹ BAP), se observó una mejor formación de callos a los 138 días de cultivo (**Figura 1A**), el tratamiento 20 (1.5 mg L⁻¹ BAP + 0.2 mg L⁻¹ TDZ), (**Figura 1B**), y el tratamiento 29 (0.6 mg L⁻¹ TDZ), presentaron la mejor formación de callo a los 131 días (**Figura 1C**). Los tratamientos mencionados lograron formar callos de tonalidad verde brillante en toda la superficie del explante.

Para la obtención de callos, si bien se requiere la interacción de auxinas y citocininas, también depende de la concentración de estos reguladores; así como de la especie y el tipo de explante. En este caso, por la morfología se sugiere que tienen potencial embriogénico y el color que presentan, evidencia la producción de clorofila (Hernández-Rojas et al., 2026; Rodríguez et al., 2014)

Conclusiones

En las semillas de *Piscidia piscipula*, con el medio MS al 100 % se obtuvo un porcentaje de germinación de 15 % y con el medio MS al 50 % se obtuvo un 22 %, cabe destacar que, aunque se pudieron obtener plántulas completas, aún falta mejorar e incrementar el porcentaje de la germinación *in vitro*. Los callos obtenidos con 0.25 mg L⁻¹ ANA + 2 mg L⁻¹ BAP; 1.5 mg L⁻¹ BAP + 0.2 mg L⁻¹ TDZ y 0.6 mg L⁻¹ TDZ, son considerados friables y podrían ser utilizados para inducir embriones, brotes, regenerar plantas e incluso para evaluar la producción de metabolitos secundarios.



Referencias

- Ali, R., Mulwa, M., Norton, A. y Skirvin, M. (2003). Micropropagation of guava (*Psidium guajava* L.) Pakistán. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 78(5), 739-741.
- Cabañas-Rodríguez, M., Andrade-Rodríguez, M., Villegas-Torres, O. G., Chávez-García, J. A., Alia-Tejagal, I. y Juárez-López, P. (2025). Medios de cultivo para la germinación de semillas y crecimiento de plántulas de *Laelia autumnalis*. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 16(6), e3811.
- Hernández-Rojas, A. R., Rodríguez-de la O, J. L., Rodríguez-Ortega, A., García-López, E., Romero-Santos, R. D., Sebastián-Nicolás, J. L., y Hernández H. M., (2026). *In vitro* propagation of *Morus alba* L. calli as an alternative feed for silkworm (*Bombyx mori*) larvae. *Polibotánica*, 61, 193-204.
- Indacochea, B., Parrales, J., Hernández, A., Castro, C., Vera, M., Zhindón, A. y Gabriel, J. (2018). Evaluación de medios de cultivo in vitro para especies forestales nativas en peligro de extinción en Ecuador. *Agronomía Costarricense*, 42(1), 63-89.
- Martínez-Canto O., Dzul E., Pech J., Alvarado A., Echeverría S., Alamilla J. y Caamal J. (2023). Micropropagación in vitro de jabín (*Piscidia piscipula*) mediante semillas y esquejes. *Revista Politécnica de Aguascalientes*, 2(2), 2954-5102
- Martínez-Villegas, Y. M., Andrade-Rodríguez, M., Colinas-León, M. T., Villegas-Torres, O. G., Castillo-Gutiérrez, A. y Alia-Tejagal, I. (2015). Efecto de las sales inorgánicas del medio de cultivo en el crecimiento de pascuíta (*Euphorbia leucocephala* L.) *Revista Fitotecnia Mexicana*, 38(4), 369-374.
- Murashige, T. and Skoog, F. (1962). A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. *Physiology Plantarum*, 15, 473-497.
- Niembro, A. (1986). Árboles y arbustos útiles de México. México. Limusa.
- Rodríguez B., Mario M, Latsague V., Mirtha I., Chacón F. M. A y Astorga B., P. K. (2014). Inducción in vitro de callogénesis y organogénesis indirecta a partir de explantes de cotiledón, hipocótilo y hoja en *Ugni molinae*. *Bosque*, 35(1), 111-118.
- Zamora, P., Flores J. y Ruenes, R. (2009). Flora útil y su manejo en el cono sur del estado de Yucatán, México. *Polibotánica*, 28, 227-250.



Evaluación de microorganismos entomopatógenos en la reducción de daño ocasionado por *Spodoptera frugiperda* en maíz

Evaluation of entomopathogenic microorganisms for reducing damage caused by *Spodoptera frugiperda* in maize

Hanzel Jesús Barroso-Aké^{1§}, Arturo Reyes-Ramírez¹, Esaú Ruiz-Sánchez¹, Rubén H. Andueza-Noh¹,
Cristian Góngora-Gamboa¹, Wilberth Chan-Cupul², Luis Enrique Poot-Mena¹

¹Tecnológico Nacional de México (TecNM). Instituto Tecnológico de Conkal (ITC). Avenida Tecnológico s/n, Conkal, Yucatán, México. CP 97345. ²Universidad de Colima. Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Autopista Colima-Manzanillo km 40, Col. La Estación. Tecmán, Colima, México. CP 28934. [§]Autor de correspondencia: (DD24800503@conkal.tecnm.mx).

Resumen

El objetivo fue evaluar microorganismos entomopatógenos en la reducción del daño ocasionado por *Spodoptera frugiperda* en maíz. Como hipótesis, se planteó que los microorganismos reducirían el porcentaje y grado de daño foliar en comparación con el testigo, con respuestas diferenciales entre agentes microbianos. Se establecieron dos experimentos independientes en el TecNM, campus Conkal, Yucatán, bajo un diseño de bloques completos al azar. Se evaluaron *Metarhizium anisopliae*, *Beauveria bassiana*, *Trichoderma harzianum*, *Bacillus thuringiensis*, spinetoram y un testigo. Se realizaron dos aplicaciones con intervalo de cinco días a partir de V4, y se registró la incidencia y severidad de daño foliar, en preevaluación y a los 5, 10 y 15 días después de la segunda aplicación. En ambos experimentos, spinetoram presentó mayor reducción del daño. Entre los microorganismos entomopatógenos, *B. thuringiensis* mostró la respuesta más consistente, mientras que *B. bassiana* y *M. anisopliae* presentaron efecto intermedio y *T. harzianum* se comportó de manera cercana al testigo. Los resultados indican que *B. thuringiensis*, *B. bassiana* y *M. anisopliae* pueden

contribuir a reducir el daño de *S. frugiperda* en maíz, aunque con menor eficacia que spinetoram. Asimismo, resaltan la importancia del control temprano, ya que varias parcelas presentaban daño avanzado al inicio del experimento.

Palabras clave: control biológico, gusano cogollero, hongos entomopatógenos.

Abstract

The objective of this study was to evaluate entomopathogenic microorganisms for reducing damage caused by *Spodoptera frugiperda* in maize. The hypothesis was that entomopathogenic microorganisms would reduce the incidence and severity of foliar damage compared with the untreated control, with differential responses among microbial agents. Two independent experiments were established at TecNM, Conkal campus, Yucatán, under a randomized complete block design. The treatments evaluated were *Metarhizium anisopliae*, *Beauveria bassiana*, *Trichoderma harzianum*, *Bacillus thuringiensis*, spinetoram, and an untreated control. Two applications were performed at a five-day interval, beginning at the V4 growth stage. Damage incidence and foliar damage severity were recorded



at pre-evaluation and at 5, 10, and 15 days after the second application. In both experiments, spinetoram showed the greatest reduction in damage. Among the entomopathogenic microorganisms, *B. thuringiensis* showed the most consistent response, whereas *B. bassiana* and *M. anisopliae* showed an intermediate effect and *T. harzianum* behaved similarly to the control. The results indicate that *B. thuringiensis*, *B. bassiana*, and *M. anisopliae* can contribute to reducing *S. frugiperda* damage in maize, although with lower efficacy than spinetoram. They also highlight the importance of early control, since several plots already showed advanced damage at the beginning of the experiment.

Index words: biological control, fall armyworm, entomopathogenic fungi.

Introducción

Spodoptera frugiperda J. E. Smith (Lepidoptera: Noctuidae) es una especie originaria de las regiones tropicales y subtropicales del continente americano (Sparks, 1979). En el cultivo de maíz, esta plaga es considerada de gran importancia por su capacidad defoliadora en etapas tempranas del desarrollo, lo que compromete el establecimiento del cultivo y su producción. Su manejo ha propiciado el uso intensivo de insecticidas químicos; esto ha contribuido al desarrollo de resistencia en algunas poblaciones y ha reducido la eficacia de esta estrategia de control, resaltando la necesidad de alternativas compatibles con el manejo integrado de plagas (FAO, 2022; Paredes-Sánchez et al., 2021). En este contexto, los microorganismos entomopatógenos constituyen una alternativa con potencial para incorporarse al manejo integrado de *S. frugiperda*, ya que hongos y bacterias tienen la capacidad de afectar y reducir el daño ocasionado por esta plaga (Lacey et al., 2015; Paredes-Sánchez et al., 2021). Entre los más estudiados destacan especies de los géneros *Metarhizium* y *Beauveria*, así como la bacteria

Bacillus thuringiensis, cuyo efecto ha sido documentado en condiciones de laboratorio y campo, aunque su eficacia puede variar según el aislado, la formulación, la dosis y las condiciones ambientales (Cruz-Avalos et al., 2019; Torres-Cab et al., 2022).

Adicionalmente, especies de *Trichoderma* han sido reportadas como microorganismos benéficos con posibles efectos directos e indirectos sobre insectos plaga, asociados con metabolitos secundarios, efectos antialimentarios e inducción de defensa vegetal (Alinç et al., 2021; Poveda, 2021). De manera complementaria, Atta et al. (2025) reportaron que especies de *Trichoderma*, incluido *T. harzianum*, pueden presentar actividad insecticida contra larvas de *Spodoptera littoralis*, asociada con compuestos como peptaiboles, gliotoxinas y quitinasas; sin embargo, su eficacia puede variar según la especie y las condiciones experimentales de evaluación. Por ello, en el presente estudio *T. harzianum* se consideró como tratamiento microbiano de comparación, y no como un entomopatógeno clásico equivalente a *Beauveria* o *Metarhizium*.

Con base en lo anterior, se planteó como hipótesis que los microorganismos evaluados reducirían el porcentaje y el grado de daño foliar en comparación con el testigo, y que la magnitud de la respuesta sería diferencial entre agentes microbianos debido a sus distintos mecanismos de acción. Por tanto, el objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de microorganismos entomopatógenos sobre la reducción del daño ocasionado por *S. frugiperda* en maíz, mediante el análisis de la incidencia y severidad del daño foliar bajo condiciones de campo.

Materiales y métodos

La investigación se realizó durante octubre de 2025 en el área experimental “La Curva” del Tecnológico Nacional de México, campus Conkal,



Yucatán, México. Se establecieron dos experimentos independientes en maíz híbrido Sorento (Syngenta®), bajo sistema de riego por goteo. Ambos ensayos se condujeron bajo condiciones similares de sitio y manejo agronómico; no obstante, se analizaron por separado para verificar la consistencia de la respuesta de los tratamientos en dos condiciones experimentales de campo.

Cada experimento se estableció bajo un diseño de bloques completos al azar, con seis tratamientos y cinco bloques o repeticiones, para un total de 30 parcelas experimentales por experimento. Los tratamientos evaluados se presentan en la **Tabla I**. Se realizaron dos aplicaciones con un intervalo de cinco días entre ellas, iniciando la primera aplicación en la etapa vegetativa V4 del cultivo.

La severidad del daño foliar ocasionado por *S. frugiperda* se evaluó en cinco plantas seleccionadas al azar por parcela experimental, mediante la escala visual de Davis de 0 a 9 (Davis et al., 1992); posteriormente, se calculó la media por parcela. La incidencia se estimó como el porcentaje de plantas dañadas por parcela. Se realizó una preevaluación antes de la aplicación de los tratamientos y tres evaluaciones posteriores a la segunda aplicación, a los 5, 10 y 15 días después de la segunda aplicación (DDA). Los datos de incidencia y severidad se analizaron mediante análisis de varianza (Anova). Cuando se detectaron diferencias significativas, las medias se compararon con la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$).

Tabla I. Tratamientos aplicados para el control de daño por *Spodoptera frugiperda* en maíz.

Tratamiento	Nombre comercial (ingrediente activo / microorganismo)	Dosis de aplicación	Concentración del producto	Fabricante
<i>Metarhizium anisopliae</i>	Burning-Worm (<i>M. anisopliae</i>)	458 g en 200 L de agua (2.29 g L ⁻¹)	Equivalente a 300 g de i.a. kg ⁻¹ ; contenido no menor de 1.2×10^7 UFC g ⁻¹ de peso seco	MycoEvolution
<i>Beauveria bassiana</i>	Fly-Attack (<i>B. bassiana</i>)	458 g en 200 L de agua (2.29 g L ⁻¹)	Equivalente a 300 g de i.a. kg ⁻¹ ; contenido no menor de 1.2×10^7 UFC g ⁻¹ de peso seco	MycoEvolution
<i>Trichoderma harzianum</i>	Rizo-Derma (<i>T. harzianum</i>)	458 g en 200 L de agua (2.29 g L ⁻¹)	Equivalente a 300 g de i.a. kg ⁻¹ ; contenido no menor de 1.2×10^7 UFC g ⁻¹ de peso seco	MycoEvolution
<i>Bacillus thuringiensis</i>	DiPel DF (<i>B. thuringiensis</i> var. <i>kurstaki</i>)	1.0 kg en 450 L de agua (2.22 g L ⁻¹)	32,000 UI mg ⁻¹ ; equivalente a 103 g kg ⁻¹	Valent de México
Spinetoram	Palgus® (spinetoram)	1 mL L ⁻¹	5.87% SC; equivalente a 60 g i.a. L ⁻¹	Corteva MX, S. A. de C. V.
Testigo absoluto	Agua	—	—	—

i.a. = ingrediente activo, UFC = unidades formadoras de colonias, UI = unidades internacionales, SC = suspensión concentrada. Fuente: elaboración propia.

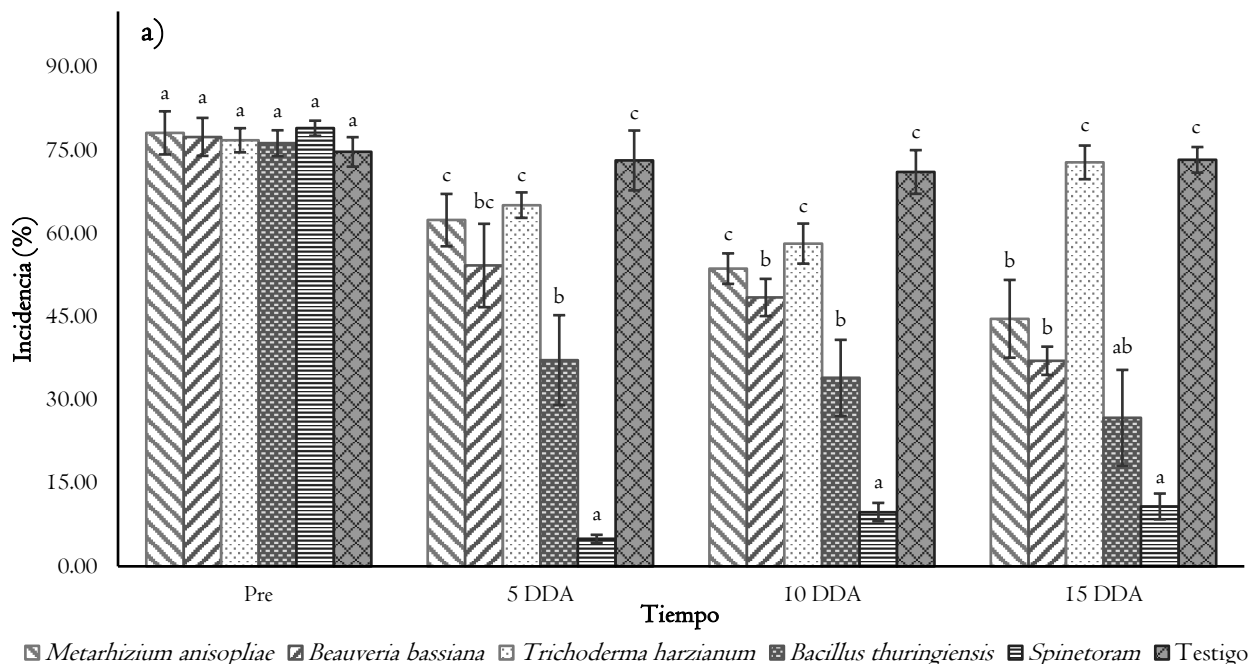


Resultados y discusión

En el experimento uno existieron diferencias entre tratamientos sobre el porcentaje de plantas dañadas y el grado de daño ocasionado por *Spodoptera frugiperda*. Antes de la aplicación, las parcelas experimentales iniciaron sin diferencias significativas en el porcentaje de plantas dañadas ($F = 0.28$; $gl = 5, 20$; $p = 0.916$). Posteriormente, a los 5, 10 y 15 días después de la segunda aplicación (DDA) se detectaron diferencias significativas entre tratamientos ($F = 44.10, 35.26$ y 23.02 ; $p \leq 0.001$) (**Figura 1a**). Entre los microorganismos entomopatógenos, *Bacillus thuringiensis* mostró la respuesta más consistente, con 37.2, 34.0 y 26.8 % de daño a 5, 10 y 15 DDA, respectivamente. Entre los hongos, *Beauveria bassiana* presentó la mejor respuesta relativa, con 54.2, 48.5 y 37.0 %, seguida de *Metarhizium anisopliae*, con 62.4, 53.6 y 44.6 %; *Trichoderma harzianum* se mantuvo más próximo

al testigo, particularmente en la evaluación final. Spinetoram presentó los menores valores de incidencia en todas las fechas posteriores, mientras que el testigo registró los más altos.

Para el grado de daño se observó una tendencia semejante. Antes de la aplicación no se detectaron diferencias significativas entre parcelas experimentales ($F = 1.10$; $gl = 5, 20$; $p = 0.390$). Sin embargo, a los 5, 10 y 15 DDA se observaron diferencias significativas ($F = 10.92, 14.82$ y 45.04 ; $p \leq 0.001$) (**Figura 1b**). Spinetoram presentó los menores valores de severidad en todas las fechas posteriores, con 1.00, 1.08 y 1.24 grados de daño a 5, 10 y 15 DDA, respectivamente. Entre los microorganismos entomopatógenos, *B. thuringiensis* mostró nuevamente la respuesta más estable, con 3.84, 3.28 y 4.84 grados de daño, mientras que *B. bassiana* y *M. anisopliae* presentaron valores intermedios. En contraste, *T. harzianum* y el testigo registraron los mayores niveles de daño.



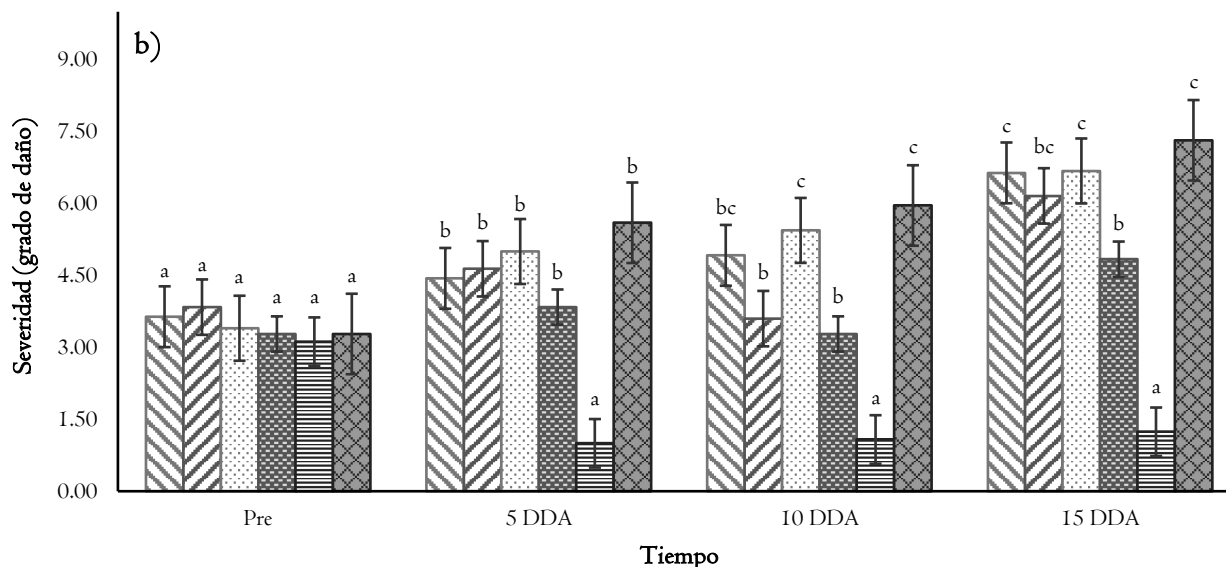


Figura 1. Efecto de los tratamientos sobre la incidencia del daño, expresada como porcentaje de plantas dañadas (a), y la severidad del daño foliar, evaluada mediante la escala visual de Davis de 0 a 9 (b), ocasionado por *Spodoptera frugiperda* en maíz durante el experimento I. Pre = evaluación previa a la aplicación de tratamientos, DDA = días después de la segunda aplicación. Los datos con letras distintas presentan diferencias estadísticas significativas (Tukey, 0.05). Las barras verticales presentan el error estándar. Fuente: elaboración propia.

En el experimento dos antes de la aplicación, las parcelas experimentales iniciaron sin diferencias significativas en el porcentaje de plantas dañadas ($F=0.80$; $gl=5, 20$; $p=0.562$). Posteriormente, a los 5, 10 y 15 DDA se detectaron diferencias significativas entre tratamientos ($F=36.25, 19.35$ y 26.99 ; $p \leq 0.001$) (**Figura 2a**). Entre los microorganismos entomopatógenos, *B. thuringiensis* mostró la respuesta más consistente, con 38.9, 42.9 y 32.5 % de incidencia a 5, 10 y 15 DDA, respectivamente. Entre los hongos, *B. bassiana* presentó la mejor respuesta relativa, con 55.9, 59.0 y 47.0 %, seguida de *M. anisopliae*, con 64.9, 64.7 y 57.4 %; *T. harzianum* se mantuvo más cercano al testigo, particularmente en la evaluación final. Spinetoram presentó los menores

valores de incidencia en todas las fechas posteriores.

Para el grado de daño se observó una tendencia semejante. Antes de la aplicación no se detectaron diferencias significativas entre parcelas experimentales ($F=0.93$; $gl=5, 20$; $p=0.481$). Sin embargo, a los 5, 10 y 15 DDA se observaron diferencias significativas ($F=22.54, 24.84$ y 21.25 ; $p \leq 0.001$) (**Figura 2b**). *B. thuringiensis* mostró nuevamente la respuesta más estable entre los microorganismos; *B. bassiana* y *M. anisopliae* presentaron valores intermedios, y *T. harzianum* junto con el testigo registraron los mayores niveles de daño. Spinetoram obtuvo los menores valores de severidad en todas las fechas posteriores.

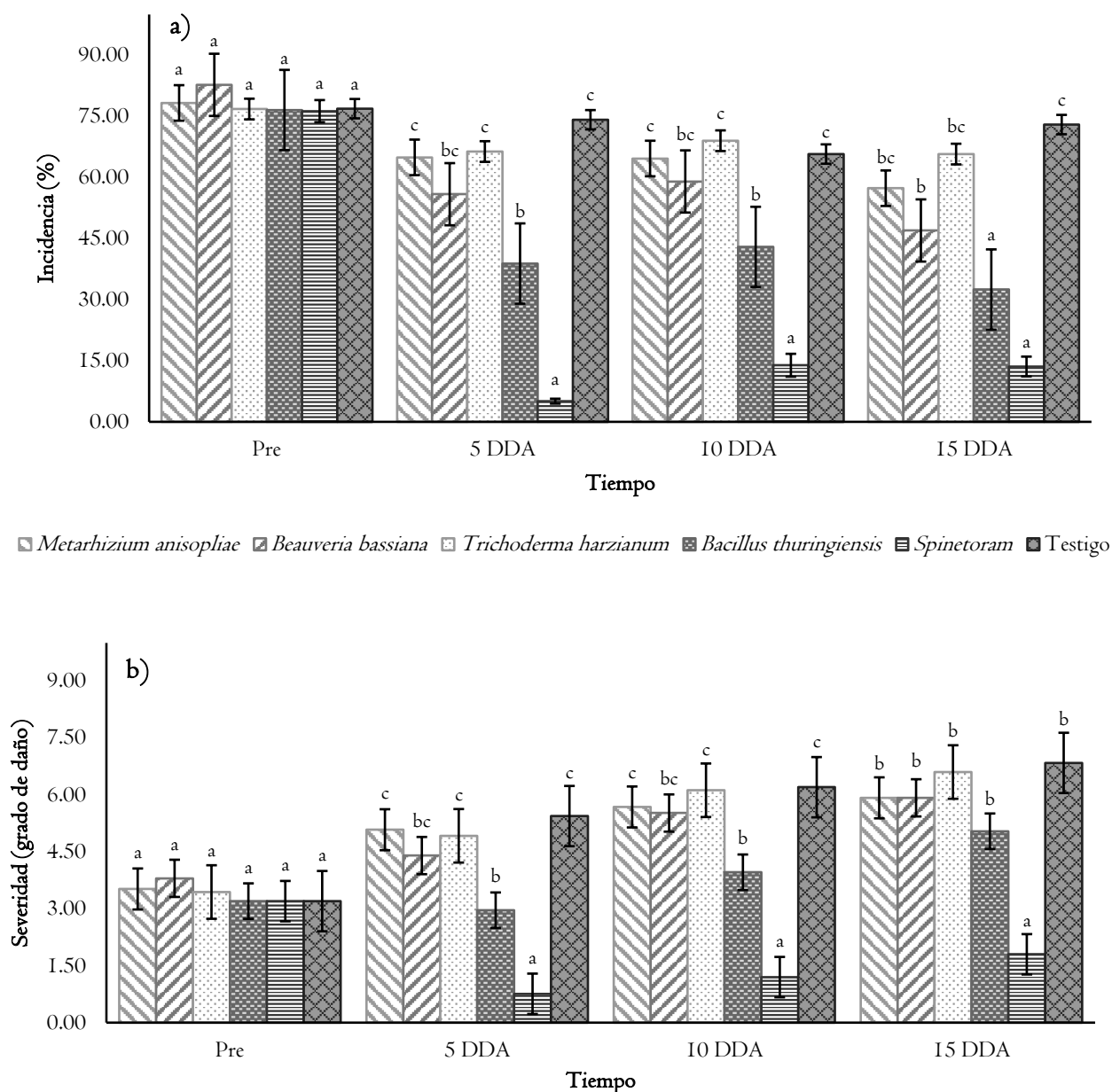


Figura 2. Efecto de los tratamientos sobre la incidencia del daño, expresada como porcentaje de plantas dañadas (a), y la severidad del daño foliar, evaluada mediante la escala visual de Davis de 0 a 9 (b), ocasionado por *Spodoptera frugiperda* en maíz durante el experimento 2. Pre = evaluación previa a la aplicación de tratamientos, DDA = días después de la segunda aplicación. Los datos con letras distintas presentan diferencias estadísticas significativas (Tukey, 0.05). Las barras verticales presentan el error estándar. Fuente: elaboración propia.

Si bien los tratamientos microbianos no alcanzaron la reducción del daño observado con spinetoram, se detectaron respuestas diferenciales entre tratamientos. *B. thuringiensis* mostró la

respuesta más consistente en la disminución del porcentaje de plantas dañadas y del grado de daño foliar, mientras que *B. bassiana* y *M. anisopliae* presentaron un efecto intermedio; en contraste, *T.*



harzianum se comportó de manera más cercana al testigo. Esta respuesta parcial sugiere que, bajo las condiciones de campo evaluadas, los microorganismos limitaron el avance del daño más que suprimirlo por completo. Este comportamiento coincide con lo reportado para cepas de *Metarhizium* y *Beauveria* contra *S. frugiperda*, cuya eficacia en campo depende del aislado, la formulación, el nivel de daño y las condiciones ambientales (Cruz-Avalos et al., 2019; Perumal et al., 2023; Torres-Cab et al., 2022). La respuesta más estable de *B. thuringiensis* concuerda con lo descrito para esta bacteria como agente microbiano entomopatógeno sobre larvas de lepidópteros, ya que sus toxinas actúan por ingestión sobre el intestino medio y pueden interrumpir la alimentación con mayor rapidez que los hongos entomopatógenos, los cuales requieren adhesión, germinación y penetración a través de la cutícula (García Ramírez et al., 2018; Gill et al., 1992; Mannino et al., 2019).

Aunque *T. harzianum* ha sido reportado con potencial en el manejo de insectos plaga, su respuesta limitada en este estudio puede relacionarse con que los efectos de *Trichoderma* dependen del aislado, la planta hospedera, la formulación, el momento de aplicación y las condiciones ambientales, así como de mecanismos directos e indirectos como metabolitos secundarios, enzimas líticas, repelencia, efectos antialimentarios o inducción de defensas vegetales (Atta et al., 2025; Poveda, 2021). Por tanto, su bajo desempeño no descarta su potencial como microorganismo benéfico, pero evidencia que, bajo las condiciones evaluadas, no fue comparable con agentes entomopatógenos más específicos contra *S. frugiperda*. En conjunto, los resultados indican que *B. thuringiensis*, *B. bassiana* y, en menor medida, *M. anisopliae* pueden contribuir a reducir el daño ocasionado por *S. frugiperda* en maíz; sin embargo, también resaltan la importancia de un control temprano, ya que en varias parcelas las

plantas ya presentaban un grado de daño importante al momento de la aplicación, condición que probablemente limitó la magnitud de la respuesta y pudo comprometer el rendimiento potencial del cultivo.

En maíz se ha documentado que niveles altos de daño foliar, equivalentes a grados 4 y 5, pueden traducirse en pérdidas de rendimiento, incluso si existe cierta recuperación de la planta. Esto explica por qué las intervenciones de control tardías resultan insuficientes ante poblaciones que ya han superado las defensas biotecnológicas de la planta (Abang et al., 2024). No obstante, se requieren estudios adicionales sobre dosis, formulación y momento de aplicación para mejorar su eficacia en campo.

Conclusiones

En maíz, spinetoram fue el tratamiento más eficaz para reducir el porcentaje y grado de daño ocasionado por *Spodoptera frugiperda*. Entre los microorganismos evaluados, la reducción del daño fue diferencial: *Bacillus thuringiensis* presentó la respuesta más consistente en ambos experimentos, *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* mostraron una reducción intermedia y *Trichoderma harzianum* presentó una respuesta limitada y cercana al testigo. Los resultados evidencian que los microorganismos *Bacillus thuringiensis*, *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* pueden contribuir a la reducción del daño foliar de *Spodoptera frugiperda* en maíz, aunque con menor eficacia que spinetoram, por lo que su integración en estrategias de manejo debe priorizar aplicaciones tempranas y evaluación oportuna del daño en campo.

Referencias

- Abang, A. F., Nanga Nanga, S., Agbodzavu, M. K., Kuate-Fotso, A., Suh, C., Masso, C., Bamba, Z. & Fiaboe, K. K. M. (2024). Maize plants can recover from fall armyworm damage under



- optimum crop production conditions in humid tropical agro-ecologies. *Journal of Economic Entomology*, 117(6), 2269-2280. <https://doi.org/10.1093/jee/toae235>
- Alinç, T., Cusumano, A., Peri, E., Torta, L. & Colazza, S. (2021). *Trichoderma harzianum* strain T22 modulates direct defense of tomato plants in response to *Nezara viridula* feeding activity. *Journal of Chemical Ecology*, 47, 455-462. <https://doi.org/10.1007/s10886-021-01260-3>
- Atta, N. A., Fahmi, A. I., Abdel-Lateif, K. S., Nagaty, H. H. & Abd EL-Ghany, E. M. (2025). Multilocus identification and genetic enhancement of *Trichoderma spp.* for entomopathogenic activity against *Spodoptera littoralis*. *Microbial Cell Factories*, 24, 202. <https://doi.org/10.1186/s12934-025-02834-6>
- Cruz-Avalos, A. M., Bivián-Hernández, M. de los Á., Ibarra, J. E. & del Rincón-Castro, M. C. (2019). High virulence of Mexican entomopathogenic fungi against fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae). *Journal of Economic Entomology*, 112(1), 99-107. <https://doi.org/10.1093/jee/toy343>
- Davis, F. M., Williams, W. P. & Buckley, B. R. (1992). *Extending the leaf-feeding resistance scale for visual rating of fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) injury to maize* (Technical Bulletin 186). Mississippi Agricultural and Forestry Experiment Station.
- Fao. (2022). Technical guidance on fall armyworm: Coordinated surveillance and an early warning system for the sustainable management of transboundary pests, with special reference to fall armyworm (*Spodoptera frugiperda* [J.E. Smith]) in South and Southeast Asia. FAO. <https://doi.org/10.4060/cc0227en>
- García Ramírez, A., Reyes Ramírez, A., Ruiz Sánchez, E. & Ibarra, J. E. (2018). Aislados nativos de *Bacillus thuringiensis* del sureste de México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 9(3), 539-551. <https://doi.org/10.29312/remexca.v9i3.1213>
- Gill, S. S., Cowles, E. A. & Pietranonio, P.V. (1992). The mode of action of *Bacillus thuringiensis* endotoxins. *Annual Review of Entomology*, 37, 615-636. <https://doi.org/10.1146/annurev.en.37.010192.003151>
- Lacey, L. A., Grzywacz, D., Shapiro-Ilan, D. I., Frutos, R., Brownbridge, M. & Goettel, M. S. (2015). Insect pathogens as biological control agents: Back to the future. *Journal of Invertebrate Pathology*, 132, 1-41. <https://doi.org/10.1016/j.jip.2015.07.009>
- Mannino, M. C., Huarte-Bonnet, C., Davyt-Colo, B. & Pedrini, N. (2019). Is the insect cuticle the only entry gate for fungal infection? Insights into alternative modes of action of entomopathogenic fungi. *Journal of Fungi*, 5(2), 33. <https://doi.org/10.3390/jof5020033>
- Paredes-Sánchez, F. A., Rivera, G., Bocanegra-García, V., Martínez-Padrón, H. Y., Berrones-Morales, M., Niño-García, N. & Herrera-Mayorga, V. (2021). Advances in control strategies against *Spodoptera frugiperda*: A review. *Molecules*, 26(18), 5587. <https://doi.org/10.3390/molecules26185587>
- Perumal, V., Kannan, S., Alford, L., Pittarate, S., Geedi, R., Elangovan, D., Marimuthu, R. & Krutmuang, P. (2023). First report on the enzymatic and immune response of *Metarhizium majus* bag-formulated conidia against *Spodoptera frugiperda*: An ecofriendly microbial insecticide. *Frontiers in Microbiology*, 14, 1104079. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.1104079>
- Poveda, J. (2021). *Trichoderma* as biocontrol agent against pests: New uses for a



- mycoparasite. *Biological Control*, 159, 104634.
<https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2021.104634>
- Sparks, A. N. (1979). A review of the biology of the fall armyworm. *The Florida Entomologist*, 62(2), 82-87.
<https://doi.org/10.2307/3494083>
- Torres-Cab, W. J., Ruiz-Sánchez, E., Reyes-Ramírez, A., Lugo-García, G. A., Tucuch-Haas, J. I. & Pierre, J. F. (2022). Field evaluation of microbial insecticides against fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (Smith), and corn earworm, *Helicoverpa zea* (Boddie) (Lepidoptera: Noctuidae), in maize. *Archives of Phytopathology and Plant Protection*, 55(14), 1713-1723.
<https://doi.org/10.1080/03235408.2022.2114780>



Efecto de la inoculación con bacterias halófilas sobre la concentración de elementos minerales en *Capsicum chinense*

Effect of inoculation with halophilic bacteria on the concentration of mineral elements in *Capsicum chinense*

Maria Concepción Magaña-Tzuc¹, Carlos Juan Alvarado-López^{2§}, Arely Anayansi Vargas-Díaz³, Arturo Reyes-Ramírez¹, José Quinatzin García Maldonado⁴, Emanuel Hernández-Núñez⁵, José María Tun-Suarez¹

¹Tecnológico Nacional de México (TecNM). Instituto Tecnológico de Conkal (ITC). ²IxM-SECIHTI-TecNM. ITC. ³IxM-SECIHTI- Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Departamento de Ecología Tropical. ⁴Instituto Politécnico Nacional. Centro de Investigación y de Estudios Avanzados. Mérida, Yucatán, México. ⁵Instituto Tecnológico Superior de Calkiní. Avenida AH-Canul Sin Número, 24900 Calkiní, Campeche. [§]Autor de correspondencia: (carlos.alvarado@itconkal.edu.mx).

Resumen

La salinidad es uno de los principales factores que limitan el crecimiento y la productividad de cultivos hortícolas como el chile habanero (*Capsicum chinense*), debido a su efecto negativo sobre la absorción y distribución de nutrientes. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la inoculación con bacterias halófilas del género *Bacillus* sobre la concentración de elementos minerales en hojas y raíces bajo condiciones de salinidad. El experimento se estableció bajo un diseño completamente al azar con seis tratamientos, incluyendo un control sin salinidad y un tratamiento salino sin inoculación. La concentración de macronutrientes (P, K, S y Ca) y micronutrientes (Mn^{2+} , Fe^{2+}/Fe^{3+} , Zn^{2+} y Cl^{-}) se determinó mediante microfluorescencia de rayos X (μ -XRF). Los resultados mostraron que la salinidad redujo el crecimiento y alteró la concentración de nutrientes, mientras que la inoculación bacteriana mejoró significativamente la acumulación de K^{+} , Ca^{2+} , Mn^{2+} y Zn^{2+} , así como variables de crecimiento. Los tratamientos T4, T5 y T6 destacaron por su efecto positivo en la nutrición mineral y el desarrollo vegetal. Estos resultados sugieren que las bacterias halófilas

favorecen la homeostasis iónica y la eficiencia en la absorción de nutrientes, lo que permite mitigar los efectos del estrés salino en *Capsicum chinense*.

Palabras clave: *Bacillus*, concentración mineral, salinidad.

Abstract

Salinity is one of the main factors limiting the growth and productivity of horticultural crops such as habanero peppers (*Capsicum chinense*), due to its negative effect on nutrient absorption and distribution. The objective of this study was to evaluate the effect of inoculation with halophilic bacteria of the genus *Bacillus* on the concentration of mineral elements in leaves and roots under saline conditions. The experiment was established using a completely randomized design with six treatments, including a control without salinity and a saline treatment without inoculation. The concentration of macronutrients (P, K, S, and Ca) and micronutrients (Mn, Fe, Zn, and Cl) was determined by X-ray microfluorescence (μ -XRF). The results showed that salinity reduced growth and altered nutrient concentrations, while bacterial inoculation significantly improved the accumulation of K, Ca, Mn, and Zn, as well as



other growth variables. Treatments T4, T5, and T6 stood out for their positive effect on mineral nutrition and plant development. These results suggest that halophilic bacteria promote ionic homeostasis and nutrient uptake efficiency, thus mitigating the effects of salt stress in *Capsicum chinense*.

Index words: *Bacillus*, mineral concentration, salinity.

Introducción

La salinidad es uno de los principales factores que limitan la productividad agrícola a nivel mundial, afectando aproximadamente 1125 millones de hectáreas, de las cuales una proporción significativa está asociada a actividades antropogénicas (AbuQamar et al., 2024). Un suelo salino se caracteriza por presentar una conductividad eléctrica superior a 4 dS m^{-1} en la zona radicular, lo que genera condiciones osmóticas adversas y desequilibrios iónicos que afectan el crecimiento de las plantas (Shrivastava y Kumar, 2015). El chile habanero (*Capsicum chinense*) es un cultivo de alta importancia económica y cultural en México, reconocido por su valor comercial y contenido de compuestos bioactivos (Zamljen et al., 2021). Sin embargo, su desarrollo es altamente susceptible al estrés salino, el cual altera la absorción y distribución de nutrientes esenciales como Ca^{2+} , Mg^{2+} , $\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}$ y Zn^{2+} , afectando procesos fisiológicos clave como la integridad de membranas, la fotosíntesis y la actividad antioxidante (Rodríguez et al., 2020; Tavallali et al., 2018).

En este contexto, el uso de bacterias halófilas promotoras del crecimiento vegetal representa una estrategia biotecnológica prometedora. Estos microorganismos, adaptados a ambientes salinos, pueden mejorar la tolerancia de las plantas mediante diversos mecanismos, incluyendo la regulación de la homeostasis iónica, la producción de fitohormonas y la mejora en la disponibilidad de nutrientes en la rizósfera (Etesami y Glick, 2020; Shilev, 2020). Estudios previos han

demostrado que bacterias del género *Bacillus* pueden reducir la absorción de Na^{+} y favorecer la captación de K^{+} , Ca^{2+} y otros nutrientes esenciales bajo condiciones de salinidad (Ayaz et al., 2022). No obstante, la respuesta en la concentración de elementos minerales en diferentes órganos de la planta, evaluada mediante técnicas de alta resolución como la microfluorescencia de rayos X ($\mu\text{-XRF}$), aún requiere mayor estudio en *C. chinense*. Por lo tanto, se plantea la hipótesis de que la inoculación con bacterias halófilas del género *Bacillus* mejora la homeostasis iónica y la absorción de nutrientes, permitiendo mitigar los efectos del estrés salino en plantas de chile habanero. En este sentido, el objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de la inoculación bacteriana sobre la concentración de elementos minerales en hojas y raíces de *C. chinense* bajo condiciones de salinidad.

Materiales y métodos

Las bacterias halófilas utilizadas pertenecen al cepario del Colegio de Postgraduados Campus Campeche y fueron previamente aisladas y caracterizadas por Guerra-Camacho et al. (2024). Las cepas se reactivaron en medio TSA y posteriormente se cultivaron en medio líquido TS a 150 rpm durante 24 h. La concentración celular se estimó mediante densidad óptica a 600 nm y conteo en cámara de Neubauer, ajustándose a $1 \times 10^8 \text{ UFC mL}^{-1}$. Se emplearon semillas criollas de chile habanero (*C. chinense*) provenientes de la unidad experimental Lol'ic. Las semillas fueron seleccionadas por flotación y desinfectadas con etanol al 70 % durante 2 min y NaClO al 2 % durante 1 min, seguido de tres lavados con agua destilada estéril. Para la inoculación, las semillas se sumergieron en la suspensión bacteriana durante 6 h, mientras que los controles permanecieron en agua estéril o solución salina (100 mM NaCl). La siembra se realizó en charolas de poliestireno de 200 cavidades utilizando sustrato Sunshine® esterilizado. El experimento se estableció bajo un diseño completamente al azar con seis tratamientos: T1 = sin bacterias halófilas (BH) y sin NaCl; T2 = sin BH + 100 mM NaCl; T3 =



Bacillus sp. CPO 4.282 + 100 mM NaCl; T4 = *Bacillus* sp. CPO 4.284 + 100 mM NaCl; T5 = *Bacillus* sp. CPO 4.294 + 100 mM NaCl; y T6 = *Bacillus stratosphericus* CPO 4.306 + 100 mM NaCl. La salinidad se aplicó gradualmente hasta alcanzar una concentración final de 100 mM NaCl.

La concentración de macronutrientes (P ($\text{H}_2\text{PO}_4^-/\text{HPO}_4^{2-}$), K^+ , S (SO_4^{2-}) y Ca^{2+}) y micronutrientes (Mn^{2+} , $\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}$, Zn^{2+} y Cl^-) se determinó en hojas y raíces mediante microfluorescencia de rayos X (μ -XRF; M4 Tornado 100). Asimismo, se evaluaron variables de crecimiento vegetal. La unidad experimental estuvo constituida por una planta, considerando cada individuo como una repetición dentro de cada tratamiento. Los datos obtenidos se analizaron mediante un análisis de varianza (Anova) y comparación de medias mediante la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$).

Resultados y discusión

El análisis de varianza mostró diferencias significativas ($p \leq 0.05$) entre tratamientos para las variables de crecimiento evaluadas (Tabla I). El tratamiento salino sin inoculación (T2) presentó los valores más bajos en número de hojas, área foliar y biomasa radical, evidenciando el efecto negativo de la salinidad sobre el crecimiento

vegetal. En contraste, los tratamientos inoculados con bacterias halófilas mostraron una mejora significativa en distintas variables de crecimiento. El tratamiento T4 destacó por presentar el mayor número de hojas y longitud radicular, mientras que T6 registró los valores más altos de área foliar, peso fresco y peso seco de raíz.

Estos resultados sugieren que las bacterias halófilas favorecen el crecimiento vegetal bajo estrés salino, posiblemente mediante mecanismos asociados a una mejor regulación osmótica y disponibilidad de nutrientes. Estudios previos reportan que bacterias del género *Bacillus* pueden promover el crecimiento vegetal bajo salinidad mediante producción de fitohormonas y mejora en la absorción mineral (Etesami y Glick, 2020; Shilev, 2020).

El análisis mediante μ -XRF mostró diferencias en la concentración y distribución de macroelementos entre tratamientos y órganos vegetales (Figura I). El fósforo (P) presentó mayor acumulación en raíces, particularmente en T4, T5 y T6, mientras que el azufre (S) mostró concentraciones elevadas en raíces en T3 y T5. El potasio (K) fue el elemento más abundante y se acumuló principalmente en hojas, destacando T4 con la mayor concentración foliar. Por su parte, el calcio (Ca) también presentó mayor acumulación en hojas, sobresaliendo T5.

Tabla I. Variables de crecimiento en diseño completamente al azar.

Tratamiento	Número de hojas	Longitud radicular (cm)	Área foliar (cm^2)	Peso fresco raíz (g)	Peso seco raíz (g)
T1	$7.88 \pm 0.12^{\text{ab}}$	$10.06 \pm 0.58^{\text{c}}$	$99.65 \pm 7.44^{\text{abc}}$	$0.96 \pm 0.12^{\text{ab}}$	$0.10 \pm 0.01^{\text{ab}}$
T2	$6.62 \pm 0.32^{\text{b}}$	$10.36 \pm 0.64^{\text{bc}}$	$86.24 \pm 14.03^{\text{bc}}$	$0.59 \pm 0.13^{\text{b}}$	$0.07 \pm 0.02^{\text{b}}$
T3	$7.12 \pm 0.48^{\text{ab}}$	$11.54 \pm 0.50^{\text{abc}}$	$73.34 \pm 11.49^{\text{c}}$	$0.95 \pm 0.16^{\text{ab}}$	$0.09 \pm 0.02^{\text{ab}}$
T4	$8.38 \pm 0.42^{\text{a}}$	$13.85 \pm 0.74^{\text{a}}$	$119.14 \pm 6.41^{\text{ab}}$	$1.21 \pm 0.14^{\text{ab}}$	$0.12 \pm 0.01^{\text{ab}}$
T5	$7.62 \pm 0.26^{\text{ab}}$	$13.00 \pm 0.62^{\text{ab}}$	$126.21 \pm 10.07^{\text{ab}}$	$1.16 \pm 0.14^{\text{ab}}$	$0.11 \pm 0.01^{\text{ab}}$
T6	$7.62 \pm 0.38^{\text{ab}}$	$12.45 \pm 0.81^{\text{abc}}$	$130.79 \pm 8.09^{\text{a}}$	$1.59 \pm 0.21^{\text{a}}$	$0.12 \pm 0.01^{\text{a}}$

T1: s/BH*, sin NaCl, T2: s/BH + 100 mM NaCl, T3: *Bacillus* sp. CPO 4.282 + 100 mM NaCl, T4: *Bacillus* sp. CPO 4.284 + 100 mM NaCl, T5: *Bacillus* sp. CPO 4.294 + 100 mM NaCl y T6: *Bacillus stratosphericus* CPO 4.306 + 100 mM NaCl. *Sin bacteria halófila. Letras diferentes entre columnas significan diferencias significativas entre tratamientos (Anova, $\alpha = 0.05$).

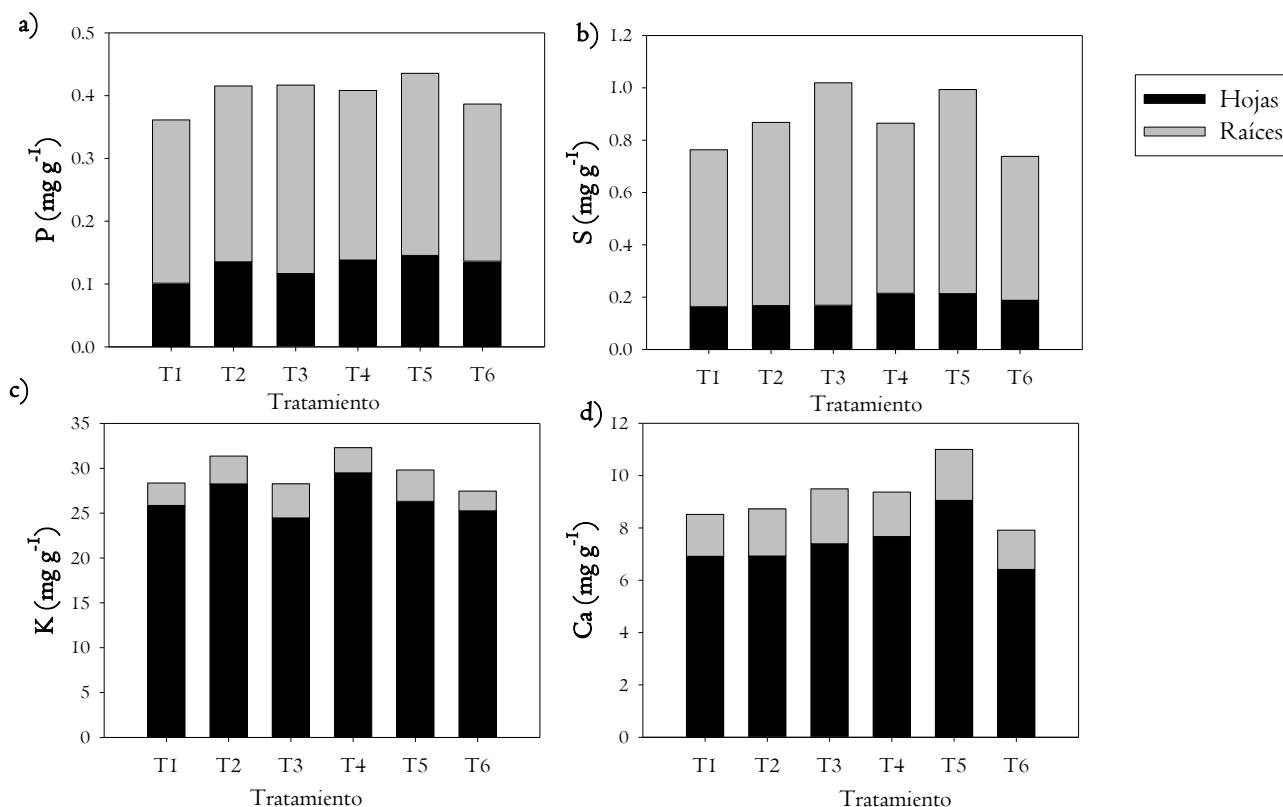


Figura 1. Concentración de *macroelementos* en hojas y raíces de *Capsicum chinense* bajo diferentes tratamientos. T1: s/BH, sin NaCl, T2: s/BH + 100 mM NaCl, T3: *Bacillus* sp. CPO 4.282 + 100 mM NaCl, T4: *Bacillus* sp. CPO 4.284 + 100 mM NaCl, T5: *Bacillus* sp. CPO 4.294 + 100 mM NaCl y T6: *Bacillus stratosphericus* CPO 4.306 + 100 mM NaCl.

Estos resultados sugieren que la inoculación bacteriana favoreció la homeostasis iónica y la absorción de nutrientes esenciales bajo condiciones salinas. Diversos estudios han reportado que bacterias halotolerantes del género *Bacillus* pueden reducir los efectos tóxicos del Na^+ y favorecer la captación de K^+ y Ca^{2+} , contribuyendo a mantener la estabilidad fisiológica de la planta (Ayaz et al., 2022; Min et al., 2019).

En los micronutrientes también se observaron diferencias significativas entre tratamientos y órganos (Figura 2). El Mn y Fe se acumularon principalmente en hojas, mientras que el Zn

presentó mayor concentración en raíces. El tratamiento T5 destacó por presentar mayores concentraciones de Mn y Zn, mientras que T6 mostró los valores más bajos en algunos elementos. El cloro (Cl) presentó mayor acumulación en hojas en todos los tratamientos, reflejando el efecto de la salinidad sobre la distribución iónica en la planta. Sin embargo, los tratamientos inoculados mostraron una mejor regulación mineral respecto al tratamiento salino sin inoculación. En conjunto, los resultados indican que las bacterias halófilas modifican la absorción y distribución de nutrientes minerales en *Capsicum chinense*, contribuyendo a mitigar los efectos del estrés salino mediante una mejor regulación nutricional e iónica.

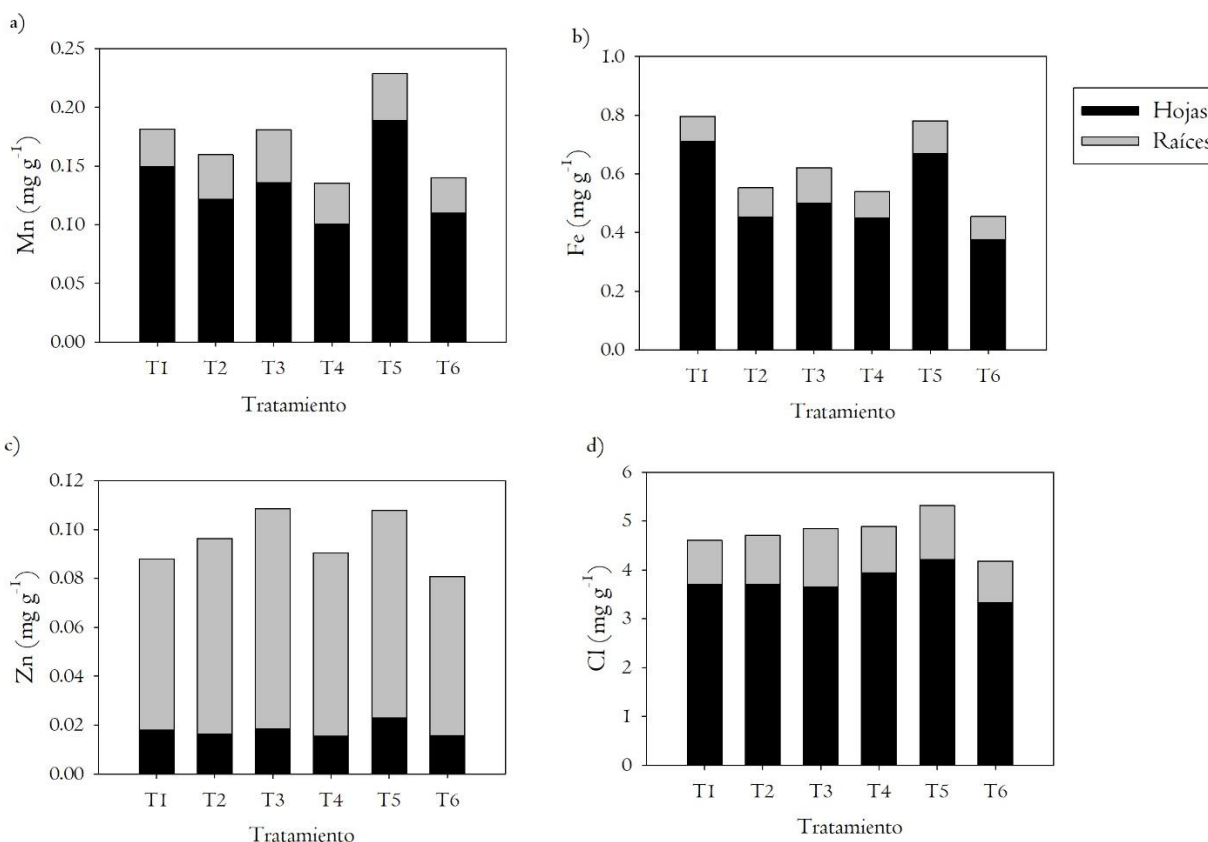


Figura 2. Concentración de microelementos en hojas y raíces de *Capsicum chinense* bajo diferentes tratamientos. T1: s/BH, sin NaCl, T2: s/BH + 100 mM NaCl, T3: *Bacillus* sp. CPO 4.282 + 100 mM NaCl, T4: *Bacillus* sp. CPO 4.284 + 100 mM NaCl, T5: *Bacillus* sp. CPO 4.294 + 100 mM NaCl y T6: *Bacillus stratosphericus* CPO 4.306 + 100 mM NaCl.

Conclusiones

La inoculación con bacterias halófilas del género *Bacillus* mejoró el crecimiento y la nutrición mineral de *Capsicum chinense* bajo condiciones de salinidad. Los tratamientos T4 y T6 favorecieron principalmente variables de crecimiento vegetal, mientras que T3 y T5 promovieron una mayor acumulación de elementos minerales en hojas y raíces. Los resultados sugieren que las bacterias halófilas contribuyen a mantener la homeostasis iónica y la eficiencia en la absorción de nutrientes bajo estrés salino, mitigando los efectos negativos de la salinidad sobre el desarrollo vegetal. En conjunto, estas bacterias representan una alternativa biotecnológica con potencial para mejorar la tolerancia a salinidad y reducir las

limitaciones nutricionales en sistemas de producción de chile habanero establecidos en suelos salinos.

Referencias

- AbuQamar, S. F., El-Saadony, M. T., Saad, A. M., Desoky, E. S. M., Elrys, A. S., Abd El-Mageed, T. A., Semida W.M., Abdelsattar A., Mosa F.A., Al-Kafaas S. S., Naser S., Ibrahim E. H., Alshamsi F., Mathew B. & El-Tarabily, K. A. (2024). Halotolerant plant growth-promoting rhizobacteria improve soil fertility and plant salinity tolerance for sustainable agriculture—A review, *Plant Stress*, 12, 100482, <https://doi.org/10.1016/j.stress.2024.100482>
- Ayaz, M., Ali, Q., Jiang, Q., Wang, R., Wang, Z., Guangyuan M., Ali-Khan S., Rashid-Khan A.,



- Manghwar H., Wu H., Gao X. & Gu, Q. (2022). Salt tolerant *Bacillus* strains improve plant growth traits and regulation of phytohormones in wheat under salinity stress. *Plants*, 11(20), 2769. <https://doi.org/10.3390/plants11202769>
- Etesami H, Glick BR, 2020. Halotolerant plant growth-promoting bacteria: Prospects for alleviating salinity stress in plants. *Environmental and Experimental Botany*, 178, 104124.. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2020.104124>
- Guerra-Camacho, M. Á., Magana-Tzuc, M. C., Vargas-Díaz, A. A., Silva-Rojas, H. V., & Gamboa-Angulo, M. (2024). Identificación y actividad antifúngica de bacterias halófilas aisladas de suelos salinos en Campeche, México. *Revista Argentina de Microbiología*, 56(3), 298-311. <https://doi.org/10.1016/j.ram.2024.02.004>
- Min, J. H., Park, C. R., Jang, Y. H., Ju, H. W., Lee, K. H., Lee, S., & Kim, C. S. (2019). A basic helix-loop-helix 104 (bHLH104) protein functions as a transcriptional repressor for glucose and abscisic acid signaling in Arabidopsis. *Plant Physiology and Biochemistry*, 136, 34-42. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2019.01.008>
- Rodríguez-Buenfil IM, Ramírez-Sucre MO y Ramírez-Rivera EJ (2020). *Metabólica y cultivo del chile habanero (Capsicum chinense Jacq) de la Península de Yucatán*. Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco A.C. CIATEJ, México.
- Shilev, S. (2020). Plant-Growth-Promoting Bacteria Mitigating Soil Salinity Stress in Plants. *Applied Sciences*, 10(20), 7326. <https://doi.org/10.3390/app10207326>
- Shrivastava, P., & Kumar, R. (2015). Soil salinity: A serious environmental issue and plant growth promoting bacteria as one of the tools for its alleviation. *Saudi journal of biological sciences*, 22(2), 123-131, <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2014.12.001>.
- Tavallali, V., Esmaili, S., & Karimi, S. (2018). Nitrogen and potassium requirements of tomato plants for the optimization of fruit quality and antioxidative capacity during storage. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 12(2), 755-762. <https://doi.org/10.1007/s11694-017-9689-9>
- Zamljen, T., Jakopič, J., Hudina, M., Veberič, R., & Slatnar, A. (2021). Influence of intra and inter species variation in chilies (*Capsicum* spp.) on metabolite composition of three fruit segments. *Scientific Reports*, 11(1), 4932. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-84458-5>



Hymenoptera Aculeata: géneros asociados al cultivo de maíz

Hymenoptera Aculeata: genera associated with maize cultivation

Ana Monserrat Guzmán Hernández[§], Diana Laura Méndez Flota, Marcelo Méndez Sánchez, Katia Dianey
Amaya Cauich, Randy Joel Rosado Alborno, Esaú Ruiz Sánchez, Horacio Salomón Ballina Gómez,
Joaquín Sergio López Vázquez

Tecnológico Nacional de México (TecNM). Instituto Tecnológico de Conkal. Avenida Tecnológico s/n, CP 97345, Conkal, Yucatán, México. [§]Autor de correspondencia: (MMI19800181@conkal.tecnm.mx).

Resumen

El presente estudio evaluó la diversidad y composición de Hymenoptera Aculeata asociados al cultivo de maíz en Conkal, Yucatán, México. Los muestreos se realizaron de julio a octubre de 2025 mediante una trampa Malaise, colectando un total de 284 individuos pertenecientes a nueve familias. El género más abundante fue *Pheidole*, perteneciente a la familia Formicidae, seguido del género *Pseudomyrmex* de la misma familia y del género *Polistes* de Vespidae. Los análisis de diversidad mediante números de Hill y curvas de rarefacción indicaron variaciones temporales, siendo agosto el mes con mayor riqueza y equidad, mientras que septiembre y octubre presentaron menor diversidad. Las curvas de Whittaker evidenciaron cambios en la estructura de la comunidad, con diferencias en dominancia y equitatividad entre meses. Los resultados resaltan la importancia de los himenópteros en agroecosistemas de maíz, debido a su contribución en servicios ecosistémicos como la polinización y el control biológico, además de señalar la necesidad de incrementar el esfuerzo de muestreo para una mejor representación de la diversidad.

Palabras clave: abejas, abundancia, Conkal, malaise.

Abstract

This study evaluated the diversity and composition of Hymenoptera Aculeata associated with maize cultivation in Conkal, Yucatán, Mexico. Sampling was conducted from July to October 2025 using a Malaise trap, collecting a total of 284 individuals belonging to nine families. The most abundant genus was *Pheidole*, belonging to the family Formicidae, followed by the genus *Pseudomyrmex*, also from the same family, and the genus *Polistes*, belonging to the family Vespidae. Diversity analyses using Hill numbers and rarefaction curves indicated temporal variations, with August exhibiting the highest richness and evenness, while September and October showed the lowest diversity. Whittaker curves revealed changes in community structure, with differences in dominance and evenness between months. The results highlight the importance of hymenoptera in maize agroecosystems, due to their contribution to ecosystem services such as pollination and biological control and also point out the need to increase sampling effort for a better representation of diversity.

Index words: bees, abundance, Conkal, malaise.



Introducción

El orden Hymenoptera es uno de los grupos más diversos y ecológicamente relevantes, incluyendo abejas, avispas y hormigas que cumplen funciones clave en sistemas naturales y agrícolas (Aguilar et al., 2013; Peters et al., 2017). Los himenópteros aportan servicios esenciales como la polinización, que mejora el rendimiento y calidad de los cultivos, y el control biológico, realizado por avispas parasitoides y hormigas que limitan plagas agrícolas y reducen el uso de agroquímicos (Klein et al. 2007; Losey & Vaughan, 2006). En conjunto, estas funciones fortalecen la sostenibilidad y estabilidad de los sistemas agrícolas (Ikhsan, 2024; Kleijn et al., 2019; Landis, 2017). Dentro de este orden, el clado Aculeata se caracteriza por la presencia de un aguijón, estructura especializada que puede funcionar para la defensa o para la captura de presas (Brady et al., 2009; Brock et al., 2021; Falcón et al., 2019).

En cultivos como el maíz, se ha documentado la presencia de diversos grupos asociados tanto al sistema productivo como a la vegetación circundante ya que actúa como un importante reservorio de himenópteros dentro de los agroecosistemas, al proporcionar recursos como alimento, refugio y sitios de reproducción para diversos grupos funcionales (Altieri y Nicholls, 2004; Tscharnkte et al., 2005). Por otra parte, Ayala-Tzab et al. (2025) evaluaron Hymenoptera durante la etapa de floración del maíz en el norte de Yucatán y registraron ocho géneros, entre los que destacaron *Apis*, *Parachartergus*, *Polybia* y *Conura*, demostrando la presencia de diferentes grupos funcionales asociados con esta etapa del cultivo. Las características del paisaje agrícola y la presencia de vegetación circundante pueden modificar la disponibilidad de recursos y, en consecuencia, influir sobre la riqueza y abundancia de los himenópteros presentes en el cultivo (Bianchi et al., 2006; Kremen & M'Gonigle, 2015). En este contexto, el presente estudio tiene como objetivo evaluar la diversidad y composición

de Hymenoptera Aculeata asociados al cultivo de maíz.

Materiales y métodos

El estudio se realizó en la unidad de producción de cultivo de maíz “La Curva” del Instituto Tecnológico de Conkal ubicada en el municipio de Conkal en el estado de Yucatán, México. Los muestreos se realizaron del mes de julio al mes de octubre del 2025, coincidiendo con la etapa de floración del cultivo de maíz. Se llevaron a cabo 3 muestreos en distintas etapas fenológicas del maíz (V3-5, V10-12 y R1-R2) con 3 repeticiones en un horario de 7:00 a 9:00 h. Se instaló una trampa malaise cercano al cultivo de maíz para maximizar la captura.

Los insectos colectados fueron preservados en alcohol al 70 % y etiquetados adecuadamente con la información correspondiente de cada muestreo y posteriormente trasladados al laboratorio de plagas del TecNM Conkal para identificación, la cual se realizó mediante el uso de estereoscopios, claves dicotómicas y literatura entomológica especializada como Hymenoptera of the World: An Identification Guide to Families de Goulet (1993) y Huber, así como la guía de campo Abejas de Antioquia de Allan H. y Rita Isabel (2008).

Los individuos colectados fueron agrupados de acuerdo con su familia taxonómica. La abundancia relativa se estimó como la proporción del número de individuos pertenecientes a cada familia con respecto al total de organismos registrados en el sitio correspondiente. Para evaluar la diversidad por meses se aplicaron los números de Hill con órdenes ^0D , ^1D y ^2D mediante la plataforma iNEXT Online (Chao et al., 2014). Se construyeron curvas de rango-abundancia (curvas de Whittaker) con el software Excel para evaluar la equitatividad de los géneros y la distribución de sus abundancias por los meses en los que se hicieron las colectas.



Resultados y discusión

Se colectaron un total de 284 individuos, a nivel de género, la mayor abundancia se registró en *Pheidole* (72 individuos) seguida de *Pseudomyrmex* (36 individuos) ambas

pertenecientes a la familia *Formicidae*. *Polistes* (36 individuos) y *Polybia* (35 individuos), de la familia *Vespidae*. El resto de los géneros mostró abundancias menores, con valores que oscilaron entre 24 y 1 individuo, distribuidos en diferentes familias de himenópteros (**Tabla I**).

Tabla I. Abundancia y abundancia relativa (AR) de las familias de Hymenopteros recolectados en el cultivo de maíz.

Familia	Género	Abundancia	Familia	Género	Abundancia
Apidae	<i>Apis</i>	10	Halictidae	<i>Augocloria</i>	1
	<i>Ceratina</i>	13	Megachilidae	<i>Chelostoma</i>	1
	<i>Melipona</i>	3	Mutulidae	Sp I	2
	<i>Plebeia</i>	4	Pompilidae	<i>Aplopus</i>	3
	<i>Trigona</i>	1		Sp I	54
	<i>Xylocopa</i>	1	Sphecidae	Sp I	4
Crabronidae	Sp I	5	Vespidae	<i>Calligaster</i>	2
	<i>Philanthus</i>	2		<i>Polistes</i>	43
Formicidae	<i>Dorymyrmex</i>	44		<i>Polistinae</i>	1
	<i>Monomorium</i>	3		<i>Polybia</i>	37
	<i>Pheidole</i>	72			
	<i>Pseudomyrmex</i>	36			

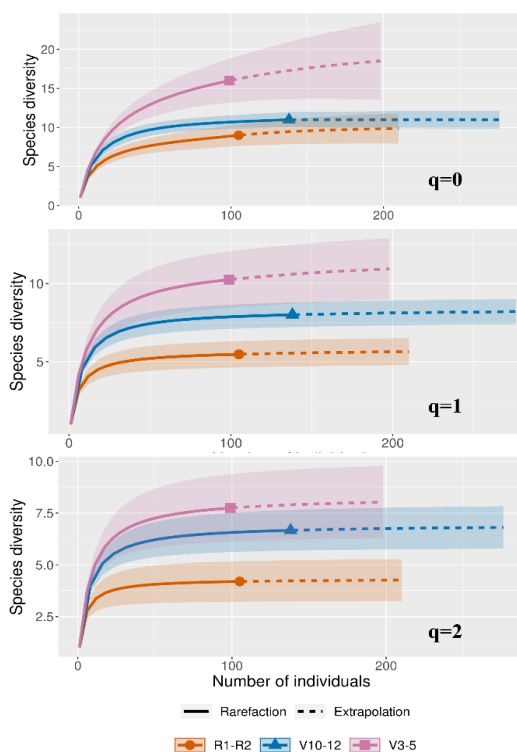


Figura 1. Curvas de rarefacción y extrapolación para los números de Hill (^0D , ^1D y ^2D). Fuente: elaboración propia. Fuente: elaboración propia.



En el caso de $q = 0$, que corresponde a la riqueza de especies (**Figura 1**), la etapa V3-5 presentó la mayor riqueza, seguida de V10-12 y finalmente RI-R2. Las curvas aumentan rápidamente al inicio y después tienden a estabilizarse, lo que indica que el esfuerzo de muestreo fue relativamente suficiente para detectar gran parte de las especies presentes. En el caso de $q = 1$, la diversidad, se observa que la etapa V3-5 tiene la mayor diversidad y RI-R2 la menor diversidad. Para la dominancia, $q = 2$, las diferencias entre las curvas disminuyen aún más. Esto indica que las especies dominantes son relativamente similares entre las muestras.

Las curvas de Whittaker muestran la distribución de la abundancia Log 10 de las especies presentes en las diferentes etapas fenológicas del cultivo de maíz (V3-5, V10-12 y RI-R2) (**Figura 2**). En la etapa V3-5, la especie más abundante fue *Pseudomyrmex*, seguida por *Polistes*, Sp I *Pompilidae* y *Polybia*. La curva presenta una disminución gradual en la abundancia, lo que sugiere una comunidad relativamente equilibrada, aunque con cierta

dominancia del género *Pseudomyrmex*. En la etapa V10-12, la especie dominante fue Sp I *Pompilidae*, seguida de *Dorymyrmex*, *Pheidole* y *Polybia*. La pendiente de la curva es moderada, indicando una distribución relativamente homogénea de las abundancias entre los géneros registrados. Esto sugiere una comunidad con buena equidad y menor dominancia. Por otro lado, en la etapa RI-R2, *Pheidole* fue el género más abundante, seguida por *Polistes*, *Polybia* y *Dorymyrmex*. La curva presenta una pendiente más marcada, especialmente hacia el final, indicando que algunos géneros dominan claramente la comunidad mientras que otros presentan abundancias considerablemente menores. Esto refleja una menor equidad en comparación con las otras etapas. Las curvas sugieren que la composición y dominancia de géneros cambian entre etapas fenológicas. La etapa V10-12 parece presentar la distribución más uniforme de abundancias, mientras que RI-R2 muestra una comunidad más dominada por pocos géneros. V3-5 presenta una condición intermedia, con cierta dominancia, pero manteniendo una distribución relativamente equilibrada de géneros.

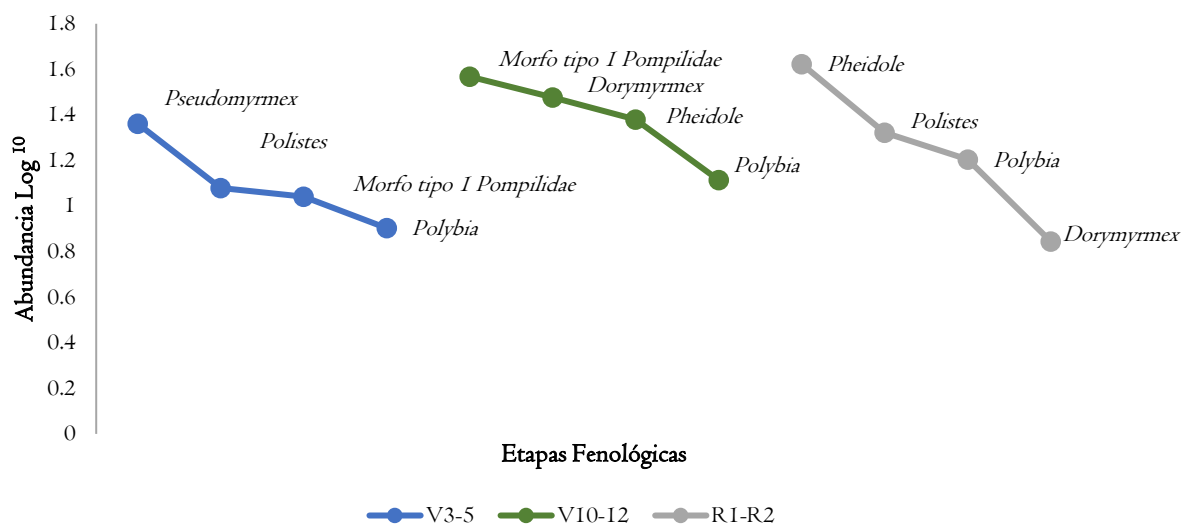


Figura 2. Curvas de Whittaker de estructura de comunidades de géneros de insectos en el cultivo de maíz por etapas fenológicas. Fuente: elaboración propia.



Conclusiones

El cultivo de maíz presentó una diversidad importante de Hymenoptera Aculeata, destacando géneros como *Pheidole*, *Pseudomyrmex*, *Polistes* y *Polybia*. La diversidad y composición de las comunidades variaron entre las etapas fenológicas del cultivo, siendo VI0-12 la etapa con una riqueza y equidad más equilibrada, mientras que RI-R2 mostró mayor dominancia de algunos géneros. Los análisis de diversidad y las curvas de Whittaker evidenciaron cambios en la estructura de las comunidades a lo largo del desarrollo del cultivo. Además, los resultados resaltan la importancia ecológica de estos insectos en el agroecosistema, debido a su participación en servicios como la polinización y el control biológico, así como la necesidad de ampliar el esfuerzo de muestreo para representar mejor la diversidad presente.

Referencias

- Aguiar, A. P., Deans, A. R., Engel, M. S., Forshage, M., Huber, J. T., Jennings, J. T., Johnson, N. F., Lelej, A. S., Longino, J. T., Lohrmann, V., Lohrmann, M., Ljubomirov, T., Ohl, M., Rasmussen, C., Taeger, A., & Yu, D. S. K. (2013). Order Hymenoptera. *Zootaxa*, 3703(1), 51–62. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.3703.1.12>
- Altieri, M. A., & Nicholls, C. I. (2004). *Biodiversity and pest management in agroecosystems* (2nd ed.). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781482277937>
- Ayala-Tzab, S. A., Ruiz-Sánchez, E., Latournerie-Moreno, L., Ballina-Gómez, H. S., & Lara-Pérez, L. A. (2025). Géneros de Hymenoptera asociados al cultivo de maíz (*Zea mays*) durante la etapa de floración. *Avances en Investigación Agropecuaria*, 29(Suplemento I), 63–64. <https://doi.org/10.53897/RevAIA.25.29.40>
- Bianchi, F. J. J. A., Booij, C. J. H., & Tscharrntke, T. (2006). Sustainable pest regulation in agricultural landscapes: A review on landscape composition, biodiversity and natural pest control. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 273(1595), 1715–1727. <https://doi.org/10.1098/rspb.2006.3530>
- Brady, S. G., Larkin, L., & Danforth, B. N. (2009). Bees, ants, and stinging wasps (Aculeata). En S. B. Hedges & S. Kumar (Eds.), *The timetree of life* (pp. 264–269). Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/oso/9780199535033.003.0032>
- Brock, R. E., Cini, A., & Sumner, S. (2021). Ecosystem services provided by aculeate wasps. *Biological Reviews*, 96(4), 1645–1675. <https://doi.org/10.1111/brv.12719>
- Falcón-Brindis, A., Jiménez-Jiménez, M. L., & Rodríguez-Estrella, R. (2019). Islands in the desert for cavity-nesting bees and wasps: Ecology, patterns of diversity, and conservation at oases of Baja California Peninsula. *Ecology and Evolution*, 10(1), 527–542. <https://doi.org/10.1002/ece3.5927>
- Ikhsan, Z. (2024). Diversity of Hymenoptera in Indonesian rice agroecosystems: A systematic review of species composition and ecological roles. *Andalasian International Journal of Entomology*, 2(2), 122–132. <https://doi.org/10.25077/aijent.2.2.122-132.2024>
- Kleijn, D., Bommarco, R., Fijen, T. P. M., Garibaldi, L. A., Potts, S. G., & van der Putten, W. H. (2019). Ecological intensification: Bridging the gap between science and practice. *Trends in Ecology & Evolution*, 34(2), 154–166. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2018.11.002>
- Kremen, C., & M'Gonigle, L. K. (2015). Small-scale restoration in intensive agricultural landscapes supports more specialized and less mobile pollinator species. *Journal of Applied Ecology*, 52(3), 602–610. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12418>
- Landis, D. A. (2017). Designing agricultural landscapes for biodiversity-based ecosystem services. *Basic and Applied Ecology*, 18, 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.baaec.2016.07.005>



- Losey, J. E., & Vaughan, M. (2006). The economic value of ecological services provided by insects. *BioScience*, 56(4), 311–323. [https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2006\)56\[311:TEVOES\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2006)56[311:TEVOES]2.0.CO;2)
- Peters, R. S., Krogmann, L., Mayer, C., Donath, A., Gunkel, S., Meusemann, K., Kozlov, A., Podsiadlowski, L., Petersen, M., Lanfear, R., Diez, P. A., Heraty, J., Kjer, K. M., Klopstein, S., Meier, R., Polidori, C., Schmitt, T., Liu, S., Zhou, X., ... (2017). Evolutionary history of the Hymenoptera. *Current Biology*, 27(7), 1013–1018. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2017.01.027>
- Tscharntke, T., Klein, A.-M., Kruess, A., Steffan-Dewenter, I., & Thies, C. (2005). Landscape perspectives on agricultural intensification and biodiversity—Ecosystem service management. *Ecology Letters*, 8(8), 857–874. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2005.00782.x>



Algas marinas y nitrato de amonio-urea líquida en parámetros agronómicos en el cultivo de chile serrano
Seaweed and ammonium nitrate-liquid urea in agronomic parameters in the cultivation of serrano chili peppers

Carlos Moises Paredes-Rodriguez¹, Luis Patricio Guevara-Acevedo^{2§}, Oscar Arath Grageda-Cabrera³,
Daniel Rodríguez-Mercado², Juan Carlos Buenavista-Centeno¹, Coral Martinez-Nolasco⁴

^{1,2}Estudiante, investigador. Tecnológico Nacional de México (TecNM). Campus Roque. ³Instituto Nacional de Investigación Forestales Agrícolas y Pecuarias. ⁴TecNM. Campus Celaya. [§]Autor de correspondencia: (luis.ga@roque.tecnm.mx).

Resumen

En esta investigación se evaluó el efecto del fertilizante nitrogenado UAN-32, extracto de algas marinas y la combinación de ambos en plantas de chile serrano variedad Bravío, bajo condiciones de macro túnel en el Instituto Tecnológico de Roque. Se establecieron cinco tratamientos: testigo absoluto, testigo comercial, extracto de algas marinas, UAN-32 y la combinación de algas marinas con UAN-32. Las variables evaluadas fueron altura de planta, número de hojas y diámetro de tallo, utilizando un diseño completamente al azar y análisis estadístico Anova con prueba de Tukey. Los resultados mostraron diferencias significativas en el número de hojas y principalmente en el diámetro de tallo, mientras que la altura de planta no presentó diferencias estadísticas. El tratamiento con extracto de algas marinas obtuvo el mayor diámetro de tallo, indicando que los bioestimulantes y la fertilización nitrogenada favorecen el vigor y desarrollo estructural de la planta. En conclusión, la aplicación foliar de extracto de algas marinas y de UAN-32 representa una alternativa eficiente para mejorar el crecimiento vegetativo del chile serrano, especialmente en variables relacionadas con el follaje y el fortalecimiento del tallo.

Palabras clave: altura de planta, diámetro de tallo, extracto.

Abstract

This research evaluated the effect of the nitrogen fertilizer UAN-32, seaweed extract, and a combination of both on serrano chili pepper plants of the Bravío variety, under macro-tunnel conditions at the Roque Technological Institute. Five treatments were established: an absolute control, a commercial control, seaweed extract, UAN-32, and a combination of seaweed and UAN-32. The variables evaluated were plant height, number of leaves, and stem diameter, using a completely randomized design and ANOVA statistical analysis with Tukey's test. The results showed significant differences in the number of leaves and, primarily, in stem diameter, while plant height did not show statistically significant differences. The seaweed extract treatment resulted in the largest stem diameter, indicating that biostimulants and nitrogen fertilization promote plant vigor and structural development. In conclusion, the foliar application of seaweed extract and UAN-32 represents an efficient alternative to improve the vegetative growth of serrano peppers, especially in variables related to foliage and stem strengthening.

Index words: plant height, stem diameter, extract.



Introducción

El chile serrano (*Capsicum annuum* L.) es una de las hortalizas más sembradas en México por su gran importancia en la gastronomía y su aportación a la economía. México se ha caracterizado como lugar de origen, domesticación y diversificación del género *Capsicum*, gracias a la gran diversidad climática que le permite al cultivo adaptabilidad generando así una riqueza genética única (Aguilar-Meléndez et al., 2018). En el país, el chile serrano es uno de los favoritos porque se consume principalmente fresco, siendo el consumo per cápita más alto del mundo con 7.1 kg por año. Entre 2018 y 2023, la producción en México aumentó un 12 %, alcanzando 3.6 millones de toneladas (Jiménez-León et al., 2024).

La importancia del chile serrano no solo influye en la producción, sino también en su aporte nutrimental con antioxidantes, vitaminas y minerales, lo que lo hace un alimento benéfico en la dieta humana (Núñez-Ambriz et al., 2025). En los últimos años, este cultivo ha mostrado un crecimiento, por lo que es necesario mejorar las prácticas agronómicas (Cruz-Crespo et al., 2014). Uno de los problemas más relevantes en la producción de chile serrano es el mal manejo de la nutrición, ya que el cultivo requiere altos niveles nutrimentales para llegar a un buen rendimiento. Asimismo, la absorción de los nutrientes varía según la etapa fenológica del cultivo, por lo que la deficiencia de nutrientes impacta directamente en el crecimiento, floración y rendimiento (Salazar-Jara & Juárez-López, 2013). El uso desmedido de fertilizantes químicos ha afectado directamente en la fertilidad de los suelos lo que disminuye la absorción de nutrientes (Díaz-José et al., 2023).

Por lo tanto, es necesario implementar estrategias que optimicen la nutrición del cultivo. Dentro de estas, sobresale la aplicación de fertilizantes nitrogenados como el UAN-32 la cual presenta una elevada disponibilidad de N el cual es un nutriente fundamental para funciones como la

formación de proteínas y desarrollo de biomasa. De tal manera, los bioestimulantes elaborados con algas marinas han sido buenas herramientas en los sistemas agrícolas actuales por su efecto en la asimilación nutrimental, desarrollo vegetativo y en mejorar la respuesta ante estrés abiótico. Según investigaciones actuales este extracto posee metabolitos bioactivos que estimulan la zona radicular acelerando el aprovechamiento de nutrientes, lo cual tiene buen impacto en el rendimiento del cultivo (Salazar-Salazar et al., 2022). De tal manera el objetivo de esta investigación fue, evaluar el efecto del producto UAN-32, extracto de algas marinas, y una combinación entre el UAN-32 y el extracto de algas marinas a diferentes concentraciones en chile serrano (*Capsicum annuum* L.) variedad Bravío.

Materiales y métodos

El presente experimento fue establecido en el Instituto Nacional de México Campus Roque; en condiciones de macro túnel. para ello se utilizó chile serrano (*Capsicum annuum* L.) de la variedad Bravío, en un diseño experimental completamente al azar con tres tratamientos más un testigo comercial y un testigo absoluto los tratamientos fueron: extracto de algas marinas a dosis de 5 mL L⁻¹, producto UAN-32 a dosis de 1 mL L⁻¹ y su combinación, un testigo comercial FULPAC a dosis de 5 g L⁻¹ y se aplicó adherente al 1% de la marca Surfacid y el testigo absoluto con agua más adherente. Con 5 plantas por unidad experimental.

Primeramente, se contabilizaron 100 plántulas de la variedad Bravío® (Barajas Seed Mexicana), después se seleccionaron bolsas de vivero perforadas de 17×30 cm, previamente rellenas con sustrato preparado a capacidad de campo. El trasplante se realizó colocando 25 plántulas por bloque para cada unidad experimental. Posteriormente se les aplicó una solución de micros y macroelementos vía riego, la cual fue específica para etapa vegetativa, se mezcló 1 litro de micros con 1 L de macroelementos en 13 L de agua y de esto se le aplicó 1 litro a cada planta cada ocho días. Después de tres días se comenzaron a



aplicar los tratamientos mencionados vía foliar en intervalos de cada ocho días durante un mes. Posteriormente a los 15 días después de la primera aplicación se comenzó a medir diferentes parámetros en las plantas como lo fue altura el cual consistió en medir la planta desde el cuello de la raíz hasta la zona apical con un flexómetro de la marca PRETUL, el diámetro de tallo se midió en la base del tallo con un calibrador vernier de la marca TRUPER y por último el número de hojas. Para medir estos parámetros se utilizaron 3 plantas por tratamiento.

Con los resultados de las variables evaluadas se sometieron a un análisis de varianza (Anova) mediante un diseño experimental completamente al azar, cuando se presentaron diferencias significativas se realizó una prueba Tukey, todo esto en el programa estadístico SAS Systems for Windows 9.2.

Resultados y discusión

La aplicación de UAN-32 en el cultivo de chile serrano no mostro significancia en las variables como el número de hojas ($Pr > F = 0.04564$), lo que indica que la aplicación no presento efecto en el desarrollo del follaje, resultados diferentes fueron reportados por Elizondo-Cabalceta y Monge-Pérez (2016) en chile dulce, donde variables vegetativas mostraron variabilidad estadística entre genotipos cultivados bajo invernadero. En cuanto a la altura de planta no mostró diferencias significativas ($Pr > F = 0.8071$), sugiriendo que los tratamientos no afecto

el crecimiento longitudinal del cultivo, comportamiento comparable al observado en estudios de correlación morfológica en pimiento bajo condiciones protegidas por Monge-Pérez et al. (2022).

El diámetro de tallo presentó alta significancia ($Pr > F < 0.0001$), lo que muestra una respuesta del cultivo a los tratamientos. Este comportamiento coincide con Elizondo-Cabalceta y Monge-Pérez (2016), donde en investigaciones previas el diámetro de tallo fue una de las variables más sensibles al manejo nutricional en chile dulce. Los tratamientos aplicados tuvieron un impacto significativo en el diámetro del tallo de las plantas (Tabla I). La prueba de comparación de medias de Tukey ($p \leq 0.05$) reveló diferencias estadísticas entre los tratamientos. La aplicación de extracto de algas marinas a dosis de 5 mL L^{-1} mostró el mayor diámetro de tallo, alcanzando los 6.863 mm, seguido de la aplicación de UAN-32 a dosis de 1 mL L^{-1} y la combinación con algas que presentó valores estadísticamente iguales con 6.018 y 5.847 mm respectivamente; mientras que el testigo absoluto presentó el menor valor con 5.025 mm, lo que indica que con la aplicación de algas marinas se aumenta en 36.5 % el diámetro de tallo en comparación con plantas sin aplicación, estos valores son superiores a los reportados por Chica y Ostaiza (2025) quienes reportaron que el testigo absoluto supero en más del 7.2 % el aumento de diámetro de tallo en pimiento morrón en comparación con plantas con aplicación de algas marinas.

Tabla I. Tratamientos con algas marinas y urea líquida en el diámetro de tallo.

Número de tratamiento	Tratamiento	Dosis (g L^{-1})	Diámetro de tallo (mm)
1	TA		5.025 ^c
2	TC	5	5.617 ^{cb}
3	Algas marinas	5	6.863 ^a
4	UAN-32	1	6.018 ^b
5	Algas+UAN-32	5 + 1	5.847 ^b

TA = tratamiento absoluto, TC = tratamiento comercial (FULPAC). Letras distintas significan diferencias estadísticas significativas (Tukey, 0.05).



Conclusión

Los resultados de esta investigación muestran que la aplicación foliar de extracto de algas marinas a dosis de 5 mL L⁻¹ y de UAN-32 con dosis de 1 mL L⁻¹ representa una alternativa eficiente para mejorar el crecimiento vegetativo del chile serrano, especialmente en variables relacionadas con el follaje y el fortalecimiento del tallo.

Referencias

- Aguilar-Meléndez, A., Vásquez-Dávila, M. A., Katz, E., & Hernández Colorado, M. R. (2018). *Los chiles que le dan sabor al mundo: Contribuciones multidisciplinarias*. Universidad Veracruzana; IRD Éditions. <https://doi.org/10.25009/uv.2185.1087>
- Chica González, H. R., & Ostaiza Clavijo, G. E. (2025). Efecto de la aplicación edáfica y foliar de extractos de algas marinas en el cultivo de pimiento (*Capsicum annuum* L.). *Polo del Conocimiento*, 10(12), 1631–1658. <https://doi.org/10.23857/pc.v10i12.10901>
- Cruz-Crespo, E., Can-Chulim, Á., Bugarín-Montoya, R., Pineda-Pineda, J., Flores-Canales, R., Juárez-López, P., & Alejo-Santiago, G. (2014). Concentración nutricional foliar y crecimiento de chile serrano en función de la solución nutritiva y el sustrato. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 37(3), 289–295. <https://doi.org/10.35196/rfm.2014.3.289>
- Díaz-José, J., Andrés-Meza, P., González-Cuevas, B. M., Leyva-Ovalle, O. R., & Cebada-Merino, M. (2023). Fertilización química y orgánica y su efecto sobre el rendimiento de chile serrano (*Capsicum annuum* L.). *Revista Bio Ciencias*, 10, e1472. <https://doi.org/10.15741/revbio.10.e1472>
- Elizondo-Cabalceta, E., & Monge-Pérez, J. E. (2016). Caracterización morfológica de 12 genotipos de chile dulce (*Capsicum annuum* L.) cultivados en invernadero en Costa Rica. *Tecnología en Marcha*, 29(3), 60–72. <https://doi.org/10.18845/tm.v29i3.2888>
- Jiménez-León, J., Rascón-Chu, A., Carvallo, T., & Sánchez-Villegas, J. A. (2024). Cambios en la calidad del chile serrano (*Capsicum annuum*) bajo fertilización orgánica o convencional. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 25(2), 136–149. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81381932004>
- Monge-Pérez, J. E., Elizondo-Cabalceta, E., & Loria-Coto, M. (2022). Correlación y análisis de coeficiente de sendero en chile dulce (*Capsicum annuum* L.) cultivado bajo invernadero. *Tecnología en Marcha*, 35(1), 128–138. <https://doi.org/10.18845/tm.v35i1.5335>
- Núñez-Ambríz, R., Bueno-Jáquez, J. E., Chamú-Baranda, J. A., Solís-Martínez, M., & Antúnez-Ocampo, O. M. (2025). Soluciones nutritivas y aplicación foliar de silicio en la producción hidropónica de chile serrano. *Biotecnia*, 27, e2563. <https://doi.org/10.18633/biotecnia.v27.2563>
- Salazar-Jara, F. I., & Juárez-López, P. (2013). Requerimiento macronutricional en plantas de chile (*Capsicum annuum* L.). *Revista Bio Ciencias*, 2(2). <https://doi.org/10.15741/revbio.02.02.04>
- Salazar-Salazar, W., Monge-Pérez, J. E., & Loria-Coto, M. (2022). Aplicación foliar de extracto de algas y fertilizantes en pimiento (*Capsicum annuum*). *UNED Research Journal*, 14(2), 149–161. <https://doi.org/10.22458/urj.v14i2.4299>



Fertilización con microelementos en el rendimiento y calidad del fruto de pepino (*Cucumis sativus* L.)

Fertilization with microelements in the yield and quality of cucumber fruit (*Cucumis sativus* L.)

Cecilia del Carmen Campos-López¹, Luis Patricio Guevara -Acevedo^{2§}, Abril de María Montesinos- Bernal²,

Juan Carlos Buenavista -Centeno², Ricardo Yáñez-López², Fernando German Flores -Guillen²

^{1,2}Estudiante, investigador. Tecnológico Nacional de México—Campus Roque. §Autor de correspondencia: (luis.ga@roque.tecnm.mx).

Resumen

El cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.) es una de las hortalizas de mayor importancia en México, donde la nutrición mineral desempeña un papel fundamental en el crecimiento y rendimiento del cultivo. El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de cuatro dosis de fertilización química con diferentes concentraciones de micronutrientes en el cultivo de pepino bajo condiciones de invernadero. Se utilizó un diseño completamente al azar con cuatro tratamientos: dosis comercial recomendada 100% DC (dosis comercial), 150 % más de microelementos a la dosis comercial (150 % MEDC), 200 % más de microelementos a la dosis comercial (200 %MEDC) y 400 % más de microelementos a la dosis comercial (400 %MEDC). Se emplearon 60 plantas de la variedad Fuzeta®. Las variables evaluadas fueron número de hojas, flores, frutos, porcentaje de cuajado y tamaño de fruto. Los datos obtenidos se analizaron mediante Anova y la prueba de Tukey utilizando el programa SAS. Los resultados mostraron que los tratamientos con 200 % MEDC y 400 % MEDC presentaron el mejor desempeño agronómico. El tratamiento con 200 % MEDC destacó por obtener mayores valores en número de hojas, flores y frutos, mientras que el tratamiento con 400 % MEDC alcanzó el mayor tamaño de fruto. En contraste, la dosis comercial recomendada y el tratamiento 150 % MEDC presentaron menor rendimiento. Se concluye que el incremento en la concentración de

micronutrientes favorece significativamente el crecimiento, rendimiento y calidad del fruto en plantas de pepino cultivadas en invernadero.

Palabras clave: *Cucumis sativus* L., fertilización química, micronutrientes.

Abstract

Cucumber (*Cucumis sativus* L.) is one of the most important vegetables in Mexico, where mineral nutrition plays a fundamental role in crop growth and yield. The objective of this research was to evaluate the effect of four chemical fertilization doses with different micronutrient concentrations on cucumber cultivation under greenhouse conditions. A completely randomized design with four treatments was used: 100 % of the recommended commercial dose (100 %DC), 150 % more micronutrients than the commercial dose (150 %MEDC), 200 % more micronutrients than the commercial dose (200 %MEDC), and 400 % more micronutrients than the commercial dose (400 %MEDC). Sixty plants of the Fuzeta® variety were used. The variables evaluated were the number of leaves, flowers, and fruits, fruit set percentage, and fruit size. The data obtained were analyzed using Anova and Tukey's test with the SAS software. The results showed that the 200 % MEDC and 400 % MEDC treatments exhibited the best agronomic performance. The 200 % MEDC treatment stood out for producing higher numbers of leaves, flowers, and fruits, while the 400 % MEDC treatment resulted in the largest



fruit size. In contrast, the recommended commercial dose and the 150 % MEDC treatment showed lower yields. It is concluded that increasing the concentration of micronutrients significantly improves the growth, yield, and fruit quality of greenhouse-grown cucumber plants.

Index word: *Cucumis sativus* L., chemical fertilization, micronutrients.

Introducción

El cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.) es una de las hortalizas más importantes en México, gracias a su alta demanda y productividad. La nutrición química juega un papel crucial en el crecimiento y rendimiento de este cultivo ya que tanto los macros como los micronutrientes son fundamentales en procesos fisiológicos como la fotosíntesis, el desarrollo vegetativo y la formación de frutos. (Alejo-Santiago et al., 2021) destacaron que una nutrición adecuada puede aumentar tanto la productividad como la calidad del pepino. Además, (Parra-Terraza et al., 2022) señalaron que mantener un equilibrio entre nitrógeno y magnesio puede optimizar el rendimiento y la eficiencia nutricional del cultivo. Por otro lado, (Guillén-Enríquez et al., 2022) resaltaron que la aplicación de hierro no solo mejora el rendimiento, sino que también incrementa los compuestos bioactivos en el pepino; la concentración de la solución nutritiva tiene un impacto directo en el crecimiento y la calidad del fruto. El objetivo de esta investigación es evaluar el efecto de cuatro dosis de fertilización química en el crecimiento y rendimiento del cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.).

Materiales y métodos

El presente proyecto se llevó a cabo el Instituto Tecnológico de Roque, dentro de un invernadero que proporcionó condiciones parcialmente controladas para el desarrollo del cultivo. Se llevó a cabo un diseño experimental completamente al azar que incluyó cuatro tratamientos de fertilización con microelementos: dosis comercial

recomendada 100 %DC, 150 % MEDC, 200 % MEDC y 400 % MEDC. En todos los tratamientos, se mantuvo la misma base de macronutrientes, variando únicamente las concentraciones de micronutrientes aplicados. Se utilizaron 60 plántulas de pepino (*C. sativus* L.) de la variedad Fuzeta®, plantadas en bolsas con sustrato. Todas las plantas recibieron un manejo uniforme que incluyó riego, tutorado, poda sanitaria y control preventivo de plagas y enfermedades, con el objetivo de asegurar condiciones óptimas para su crecimiento. A lo largo del desarrollo del cultivo, se realizaron aplicaciones de fertilización según cada tratamiento establecido.

Las variables que se evaluaron fueron el número de hojas, flores y frutos, el tamaño del fruto y el porcentaje de cuajado. El tamaño del fruto se midió en centímetros y el porcentaje de cuajado se calculó utilizando la fórmula:

$$\text{promedio de cuajado (\%)} = \frac{\text{numero de frutos}}{\text{numero de flores}} \times 100$$

Finalmente, se llevó a cabo un análisis de varianza (Anova) y una comparación de medias de Tukey con los datos obtenidos, utilizando el software SAS.

Resultados y discusión

Los tratamientos que mostraron el mejor rendimiento fueron el 200 %C y 400 %MEDC. En términos generales, 200 %MEDC impulsó tanto el crecimiento vegetativo como el reproductor, mientras que el 400 %MEDC se destacó en aspectos relacionados con el desarrollo y la calidad del fruto (**Tabla I**). Estos hallazgos son consistentes con lo que reportaron Mendoza-Pérez et al. (2024), quienes indicaron que una nutrición equilibrada potencia el crecimiento y la producción en el cultivo de pepino (*C. sativus* L.) en invernadero.

El 200 %MEDC mostró los valores más altos en cuanto al número de hojas (21.3), flores (7.5) y frutos, lo que sugiere una mejor absorción y uso



de nutrientes, favoreciendo así la fotosíntesis, el desarrollo de las hojas y la formación de flores. Por otro lado, el 400 %MEDC logró el mayor tamaño de fruto (12.6), lo que se asocia con una mayor acumulación de biomasa y la disponibilidad de nutrientes como nitrógeno y potasio, que son esenciales para el llenado y la calidad del fruto. Estos resultados destacan que un manejo adecuado de soluciones nutritivas mejora tanto el tamaño como la calidad del fruto, así como lo que reportó Cruz-Coronado (2021), quien encontró una relación positiva entre la longitud, el peso y el rendimiento del fruto en pepinos cultivados en invernadero.

En contraste, los 100 %DC Y 150%MEDC mostraron valores bajos e intermedios en la mayoría de las variables que se evaluaron. El 100 %DC tuvo las medias más bajas, lo que indica que las dosis nutricionales aplicadas no fueron suficientes para satisfacer las necesidades fisiológicas del cultivo, lo que limitó tanto el desarrollo vegetativo como el reproductivo de las plantas, afectando así su rendimiento. Por otro lado, el 150 %MEDC mostró una respuesta moderada, con una mejora en comparación con el 100 %DC, sin embargo, no logró alcanzar los resultados obtenidos en los 200 %MEDC y 400 %MEDC.

Varios estudios han demostrado que un desequilibrio en la nutrición puede tener un impacto negativo en el crecimiento y la producción del pepino (*C. sativus* L.) según (Ayala et al., 2019), el desarrollo y el rendimiento de este cultivo depende de una adecuada disponibilidad de nutrientes y de un manejo eficiente en condiciones protegidas. Además, Cázares-Flores et al. (2022) encontraron que elementos como el silicio y el cloro puede impulsar el crecimiento, el rendimiento y la calidad del fruto al ayudar a reducir el estrés fisiológico en las plantas.

En resumen, los hallazgos de esta investigación sugieren que los tratamientos 200 %MEDC y 400 %MEDC fueron los más efectivos para mejorar tanto el crecimiento como el rendimiento del cultivo. El 200 %MEDC se destacó en las variables relacionadas con el desarrollo vegetativo y reproductivo, mientras que el 400 %MEDC mejoró la calidad del fruto, subrayando la importancia de un manejo nutricional adecuado en entornos de invernadero.

Tabla I. Cuadrado de medias y comparación de promedios para las variables de crecimiento y rendimiento en el cultivo de pepino.

Número de tratamiento	Tratamiento	Número de hojas	Número de flores	Número de frutos	Número de cuajado	Tamaño del fruto
1	DC	14.3 ^c	4.16 ^b	3.4 ^b	69.3 ^a	7.2 ^b
2	150 % MEDC	17.0 ^b	5.13 ^b	3.9 ^b	64.1 ^a	10.3 ^a
3	200 % MEDC	21.3 ^a	7.50 ^a	5.5 ^a	116.0 ^a	12.1 ^a
4	400 % MEDC	21.1 ^b	7.3 ^a	4.3 ^b	56.4 ^a	12.6 ^a

DC = dosis comercial, MEDC = microelementos a la dosis comercial. Letras diferentes dentro de una columna indican diferencias significativas (Tukey, 0.05).



Conclusión

En la producción de pepino bajo condiciones de invernadero se recomienda aumentar de 200 a 300 % la concentración de microelementos en comparación con la dosis normal, debido a que al aumentarlos se favorece un mayor crecimiento y rendimiento del cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.).

Referencias

- Alejo-Santiago, G., Becerra-Venegas, S. G., Bugarín-Montoya, R., Aburto-González, C. A. & Quiñones-Aguilar, E. E. (2021). Requerimiento nutrimental y nutrición potásica en pepino Persa con poda a un solo tallo. *Terra Latinoamericana*, 39, e769. <https://doi.org/10.28940/terra.v39i0.906>
- Ayala Tafoya, F., López Orona, C. A., Yáñez Juárez, M. G., Díaz Valdez, T., Velázquez Alcaraz, T. J. & Parra Delgado, J. M. (2019). Densidad de plantas y poda de tallos en la producción de pepino en invernadero. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 10(1), 133–144. <https://doi.org/10.29312/remexca.v10i1.1211>
- Cázares-Flores, L. L., Partida-Ruvalcaba, L. & Velázquez-Alcaraz, T. J. (2022). Silicio y cloro en el crecimiento, rendimiento y calidad postcosecha de pepino y tomate. *Terra Latinoamericana*, 40, e994. <https://doi.org/10.28940/terra.v40i0.994>
- Cruz-Coronado, J. A., Monge-Pérez, J. E., & Loría-Coto, M. (2021). Pepino (*Cucumis sativus* L.) cultivado en ambiente protegido: Correlaciones entre variables. *Revista Tecnología en Marcha*, 34(4), 75–91. <https://doi.org/10.18845/tm.v34i4.5334>
- Guillén-Enríquez, R. R., Zúñiga-Estrada, L., Ojeda-Barrios, D. L., Rivas-García, T., Trejo-Valencia, R. & Preciado-Rangel, P. (2022). Efecto de la nanobiofortificación con hierro en el rendimiento y compuestos bioactivos en pepino. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 13(28), 173–184. <https://doi.org/10.29312/remexca.v13i28.3272>
- Mendoza-Pérez, C., Cázares-González, B., Rubiños-Panta, J. E., Ramírez-Romualdo, J. V. & Ruelas-Islas, J. del R. (2025). Producción de pepino con fertilización orgánica e inorgánica en invernadero. *Revista de la Universidad del Zulia*, 16(45), 7–22. <https://doi.org/10.5281/zenodo.14599495>
- Parra-Terraza, S., Angulo-Castro, A., López-Rodas, C. F., & Retes-Manjarrez, J. E. (2022). Relaciones magnesio y nitrógeno en soluciones nutritivas y el rendimiento de pepino en sistema hidropónico cerrado. *Terra Latinoamericana*, 40, e1048. <https://doi.org/10.28940/terra.v40i0.1048>



Aplicación foliar de biomoléculas en parámetros de producción del cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris*)

Foliar application of biomolecules in bean crop (*Phaseolus vulgaris*) production parameters

José Alfredo Godínez Labrada¹, Luis Patricio Guevara Acevedo^{1§}, Paulino Vega Rodríguez¹, María Eugenia Gallardo Rodríguez¹, Sarahyt S. González Figueroa²

¹Tecnológico Nacional de México—campus Roque. ²INIFAP. Campo Experimental Bajío, [§]Autor de correspondencia: (luis.ga@roque.tecnm.mx).

Resumen

El experimento se realizó en las parcelas del Instituto Tecnológico Nacional de México campus Roque, en las cuales se llevó a cabo un diseño experimental con bloques completos al azar con diseño factorial de (A × B) donde A son las variedades y B los tratamientos aplicados, con cuatro bloques, dos variedades y cuatro tratamientos con aplicaciones de algas fosilizadas (NG Plus 5 mL L⁻¹), citoquininas (Agromilplus® 6.7 mL L⁻¹) y ácido salicílico (Meyer 6.7 g L⁻¹). Se cosechó el frijol a las 16 semanas posteriores a la siembra se recopilaron datos como el peso seco, peso fresco y el peso de 100 semillas para someter los resultados al análisis de varianza, cuando este presentó diferencias se realizó una prueba de medias Tukey, con el programa estadístico SAS Systems for windows 9.4. En lo que respecta al uso de las biomoléculas utilizadas en el cultivo, se reflejaron favorablemente en la planta en específico las algas fosilizadas las cuales tuvieron un valor relevante en todas las variables evaluadas.

Palabras clave: biomoléculas, peso, rendimiento, tratamientos, variedades.

Abstract

The experiment was carried out in the plots of the, National Technological institute of Mexico Roque Campus in which an experimental design was carried out with randomized complete blocks with a factorial design of (A × B), where A are the

varieties and B the treatments applied, with four blocks, two varieties and four treatments, applications of fossilized algae (NG Plus 5mL L⁻¹), cytokinins (Agromilplus® 6.7 mL L⁻¹) and salicylic acid (Meyer 6.7 g L⁻¹). The beans were harvested 16 weeks after planting; data such as dry weight, fresh weight and weight of 100 seeds were collected to send the results to the analysis of variance; when differences were present, a Tukey mean test was performed with the SAS Systems statistical program for Windows 9.4. Regarding the use of the biomolecules used in the culture, the fossilized algae reflected favorably on the plant, which had a relevant value in all the variables evaluated.

Index word: Varieties, treatments, weight, yield, biomolecules

Introducción

El frijol (*Phaseolus vulgaris*) uno de los cultivos más importantes a nivel mundial, por su alto valor nutricional, forma parte de la alimentación diaria de muchas personas, sobre todo en países como México. A pesar de su importancia, el rendimiento del cultivo no siempre es el esperado, afectado por distintos factores abióticos, el manejo del cultivo y la capacidad de la planta para desarrollarse (Beebe et al., 2013). Se observa que al aplicar este bioestimulante puede mejorar de manera eficiente el crecimiento de la planta y la producción al momento de haber cosechado, ya que ayudan a aprovechar de mejor manera los nutrientes,



desarrollándose de forma más equilibrada (Ali et al., 2019; Shukla et al., 2019). De igual manera, el ácido salicílico es una de la sustancia que interviene en diversos procesos en el interior de la planta, principalmente en respuesta al estrés. Cuando se realizan aplicaciones de manera externa, lo que mejora la actividad fotosintética y el crecimiento, favoreciendo la formación de flores, vainas y granos con mayor peso (Khan et al., 2009).

Por otra parte, las citoquininas son hormonas vegetales que se relacionan con la división celular y el desarrollo de nuevos órganos. Tienen una función muy importante en varias de las etapas vegetativas de la planta, forma: hojas, flores y frutos, el uso de esta biomolécula contribuye a incrementar el número de vainas y el peso en el grano (Werner & Schmülling, 2009). Sin embargo, su efecto puede ser variado dependiendo de factores como la variedad del frijol y las condiciones en las que se tiene el cultivo (Raphael & Colla, 2020). Es importante evaluar el efecto de biomoléculas como lo son las algas, el ácido salicílico y las citoquininas, con el fin de encontrar alternativas que permitan mejorar su producción de manera más eficiente y sustentable.

Materiales y métodos

El experimento se realizó en el Tecnológico Nacional de México, campus Roque, ubicado a 20° 34' 54.24" LN y 100° 48' 35.34" LO, a una altitud de 1767m. El clima es semicálido subhúmedo con lluvias en verano, clasificado por Köppen y modificado por García (2004), para ello se utilizó rastreada, arado y surqueado para posteriormente hacer la siembra de las semillas de frijol variedad peruano y flor de mayo, la semilla fue inoculada con algas fosilizadas, para comenzar a sembrar y se aplicó una fertilización de fondo con DAP (fosfato diamónico) 7770 g y KSO₄ 710 g, después de la siembra se aplicó el primer riego rodado.

A los 3 días después de siembra se aplicaron los tratamientos en un diseño de bloques al azar con factorial de (A × B) donde A las variedades y B los

tratamientos aplicados, con cuatro bloques, dos variedades y cuatro tratamientos, los cuales fueron citoquininas, algas, ácido salicílico y el testigo con una fertilización de fondo. Aplicaciones de algas fosilizadas (NG Plus 5 mL L⁻¹), citoquininas (Agromilplus 6.7 mL L⁻¹) y ácido salicílico (Meyer 6.7 g L⁻¹) Posteriormente se realizó la cosecha del frijol a las 16 semanas de su siembra y se recopilaron datos sobre el rendimiento de las dos variedades, tales como; el peso completo de la planta incluyendo la parte herbácea y vainas, se metieron dentro de bolsas de papel para ponerlas a secar dentro de la estufa de secado durante tres días a una temperatura de 72°C, se retiraron las bolsas, se pesó nuevamente la planta dividiéndola en la parte vegetativa y vainas, se recolectaron 100 g de frijol de cada tratamiento y se pesaron para someter los resultados al análisis de varianza, cuando este presento diferencias se realizó una prueba de medias Tukey, todo con el programa estadístico SAS Systems for Windows 9.4.

Resultados y discusión

Los tratamientos presentaron alta significancia en el peso fresco, peso seco y el peso de 100 semillas, que la utilización de las biomoléculas como lo fueron las citoquininas, algas y ácido salicílico, tuvieron un efecto positivo en el rendimiento postcosecha, en cuanto a la cosecha los datos muestran niveles no significativos dentro del rango del peso de 100 semillas (**Tabla I**). Estos resultados concuerdan con lo mencionado por Calvo (2014). Varios estudios han señalado que los bioestimulantes mejoran el crecimiento, al estimular la actividad metabólica, la absorción de nutrientes y la eficiencia fotosintética.

El tratamiento de algas tuvo mayor eficiencia en cuanto a los demás tratamientos, posteriormente las citoquininas con los mejores resultados en las variables analizadas, en comparación al ácido salicílico y al testigo (**Tabla 2**); se muestra que a nivel agronómico aporta muchos beneficios al utilizar principalmente el extracto de algas y citoquininas, ayudan a la mejor absorción de los nutrientes, un mayor crecimiento



y resistencia a la falta de agua, en investigaciones similares se ha demostrado que los extractos de algas marinas actúan como bioestimulantes capaces de mejorar la germinación, el crecimiento inicial y el vigor de las plantas, debido a sus compuestos bioactivos y reguladores de crecimiento.

promueven en la formación de brotes, retrasan la senescencia foliar y mejoran el rendimiento general de los cultivos. En comparación con los resultados obtenidos tuvieron gran semejanza en cuanto al peso del frijol.

Además, el uso de citoquininas aplicadas desempeña un papel fundamental en la división celular y en la formación de nuevos tejidos, lo que puede incrementar el desarrollo, observándolo en los tratamientos donde fueron utilizadas. Diversos análisis han señalado que estas fitohormonas

Tabla 1. Cuadrado medio de las variables agronómicas por la aplicación foliar de biomoléculas en el cultivo de frijol.

Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrado medio		
		Peso fresco	Peso seco	Peso 100 semillas
Tratamiento (T)	3	3235.81 ^{**}	1802.02 ^{**}	50.569 ^{**}
Variedad (V)	1	13824 ^{**}	5400 ^{**}	9.375 ^{ns}
Bloque (B)	3	155.62 ^{ns}	142.91 ^{ns}	12.125 ^{ns}
V×T	3	944.61 [*]	537.97 [*]	6.736 ^{ns}
EE	85	282.115	151.32	5.05
Total	95			
R ²		0.53	0.5	0.3
CV (%)		14.4	12.9	6.7

EE = error estándar. Prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) en SAS. ^{**}Altamente significativo ($p \leq 0.01$), ^{*}significativo ($p \leq 0.05$).

Tabla 2. Comparación de medias del efecto de los tratamientos en variables agronómicas, en rendimiento de plantas de frijol.

NT	Tratamiento	Marca comercial	Dosis	Peso fresco (g)	Peso seco (g)	Peso 100 semillas (g)
1	Citoquininas	Agromilplus	6.7 (mL L ⁻¹)	118.958 ^{ab}	98.875 ^{ab}	33.04 ^b
2	Algas	NG Plus	5 (mL L ⁻¹)	130.292 ^a	104.958 ^a	35.33 ^a
3	Acido salicílico	Meyer	6.7 (g L ⁻¹)	111.875 ^{bc}	91.917 ^{bc}	32.375 ^b
4	TC	DAP Y MAP	7770 (g)	102.792 ^c	84.917 ^c	31.16 ^b

NT = número de tratamiento, TC = Letras distintas en columnas muestran diferencias estadísticas significativas (Tukey, 0.05).



Conclusión

El uso de biomoléculas mejora la producción y representa una alternativa sostenible para los agricultores, ya que mejora el rendimiento del cultivo y la producción, al igual que reduce costos en fertilizantes, con el uso de las algas fosilizadas a 5 mL L⁻¹ en las cuales se reflejaron los mejores resultados lo que provoca que disminuya la aplicación de fertilizante a lo acostumbrado.

Referencias

- Ali, O., Ramsubhag, A., & Jayaraman, J. (2019). Biostimulant properties of seaweed extracts in plants: Implications towards sustainable crop production. *Plants*, *10*(3), 531. <https://doi.org/10.3390/plants10030531>
- Beebe, S. E., Rao, I. M., Blair, M. W. & Acosta-Gallegos, J. A. (2013). Phenotyping common beans for adaptation to drought. *Frontiers in Physiology*, *4*, 35. <https://doi.org/10.3389/fphys.2013.00035>
- Calvo, P., Nelson, L. & Kloepper, J. W. (2014). Agricultural uses of plant biostimulants. *Plant and Soil*, *383*, 3–41. <https://doi.org/10.1007/s11104-014-2131-8>
- García, E. (2004). *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen*. (5.^a ed.). Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México. <http://www.publicaciones.igg.unam.mx/index.php/ig/catalog/book/83>
- Khan, W., Rayirath, U. P., Subramanian, S., Jithesh, M. N., Rayorath, P., Hodges, D. M., Critchley, A. T., Craigie, J. S. & Prithiviraj, B. (2009). Seaweed extracts as biostimulants of plant growth and development. *Journal of Plant Growth Regulation*, *28*(4), 386–399. <https://doi.org/10.1007/s00344-009-9103-x>
- Raphael, Y. & Colla, G. (2020). Toward a sustainable agriculture through plant biostimulants: From experimental data to practical applications. *Agronomy*, *10*(10), 1461. <https://doi.org/10.3390/agronomy10101461>
- Shukla, P. S., Mantin, E. G., Adil, M., Bajpai, S., Critchley, A. T. & Prithiviraj, B. (2019). Ascophyllum nodosum-based biostimulants: Sustainable applications in agriculture for the stimulation of plant growth, stress tolerance, and disease management. *Frontiers in Plant Science*, *10*, 655. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00655>
- Werner, T., & Schmölling, T. (2009). Cytokinin action in plant development. *Current Opinion in Plant Biology*, *12*(5), 527–538. <https://doi.org/10.1016/j.pbi.2009.07.002>



Efecto de la aplicación de foliar de algas marinas y UAN 32 sobre parámetros agronómicos en tomate
(*Solanum lycopersicum* L.) variedad Fierro

Effect of foliar application of seaweed extract and UAN 32 on agronomic parameters in tomato (*Solanum lycopersicum* L.) variety Fierro

Miguel Angel Sánchez-Olvera¹, Luis Patricio Guevara-Acevedo^{2§}, Coral Martínez-Nolasco³, Oscar Arath
Grajeda-Cabrera⁴, Sarahyt Santamaria Gonzáles-Figueroa⁴, Rodrigo Ramirez-Rodríguez²

^{1,2}Estudiante, investigador. Tecnológico Nacional de México (TecNM). Campus Roque. ³TecNM. Campus Celaya. ⁴Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. [§]Autor de correspondencia: (luis.ga@roque.tecnm.mx).

Resumen

El tomate (*Solanum lycopersicum* L.) es uno de los cultivos hortícolas de mayor importancia económica en México debido a su alta demanda y a los sistemas de producción intensivos. El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de la aplicación foliar de algas marinas y UAN 32 sobre variables agronómicas en tomate variedad Fierro. El experimento se realizó en el Instituto Tecnológico Nacional campus Roque, bajo un diseño completamente al azar con cuatro tratamientos: testigo, algas marinas (5 mL L⁻¹), UAN 32 (1 mL L⁻¹) y su combinación. Las aplicaciones se realizaron cada ocho días vía foliar. Se evaluaron altura de planta, diámetro de tallo, número de hojas y unidades SPAD de clorofila. Los resultados mostraron diferencias significativas entre tratamientos, destacando UAN 32 con los mayores valores en todas las variables evaluadas. Se concluye que la aplicación foliar de UAN 32 a dosis de 1 mL L⁻¹ favorece el crecimiento vegetativo del cultivo de tomate, incrementando más del 9 % los parámetros agronómicos evaluados.

Palabras clave: agricultura protegida, bioestimulante, clorofila SPAD.

Abstract

Tomato (*Solanum lycopersicum* L.) is one of the most economically important vegetable crops in Mexico due to its high demand and intensive production systems. The objective of this study was to evaluate the effect of foliar application of seaweed extract and UAN 32 on agronomic parameters of tomato plants cv. Fierro. The experiment was conducted at the Instituto Tecnológico Nacional campus Roque under a completely randomized block design with four treatments: control, seaweed extract (5 mL L⁻¹), UAN 32 (1 mL L⁻¹), and seaweed extract + UAN 32. Foliar applications were carried out every eight days. Plant height, stem diameter, number of leaves, and chlorophyll SPAD units were evaluated. The results showed significant differences between treatments, with UAN 32 standing out as having the highest values for all variables evaluated. Results indicate that foliar application of UAN 32 at 1 mL L⁻¹ improved vegetative growth and agronomic performance of tomato plants. As a conclusion, the foliar application of UAN 32 at a dose of 1 mL L⁻¹ promotes the vegetative growth of tomato crops, increasing the evaluated agronomic parameters by more than 9 %.



Index words: protected agriculture, biostimulant, SPAD chlorophyll.

Introducción

El tomate (*Solanum lycopersicum* L.) es un producto de mucho impacto en la agricultura por su popularidad de ser cultivado a nivel mundial, destaca por su alta demanda en los mercados nacional e internacional, así como por su elevado rendimiento y calidad bajo sistemas intensivos de producción. En México, es la hortaliza más importante en términos de superficie, valor económico y volumen manejado en invernaderos y sistemas hidropónicos (Costa & Heuvelink, 2018; Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera [Siap] , 2020). En 2018, se exportaron 1.68 millones de toneladas de tomate, lo que representó el 48.7 % de la producción nacional (estimada en poco más de 3 millones de toneladas), de las cuales el 99.7 % se destinó al mercado de Estados Unidos (Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura (Fira, 2019)).

Los fertilizantes que se utilizan, sobre todo cuando se preparan soluciones nutritivas concentradas, normalmente son altamente solubles y costosos, lo cual ha incrementado notablemente en los últimos años (Sánchez-del Castillo et al., 2024). Por lo que se han optado por alternativas en los fertilizantes como es el caso del UAN 32 que es un producto líquido soluble el cual contiene 32 % de nitrógeno total constituido por tres formas diferentes de nitrógeno para una mayor asimilación en las diferentes etapas fenológicas de la planta; por lo tanto, el objetivo del presente experimento fue evaluar el efecto de la aplicación de foliar de algas marinas y UAN 32 sobre parámetros agronómicos en tomate (*Solanum lycopersicum* L.) variedad Fierro® HM.CLAUSE.

Materiales y métodos

El experimento se realizó en el Instituto Tecnológico Nacional campus Roque utilizando plántulas de tomate variedad Fierro® HM. CLAUSE México, establecidas en un sistema de

producción tipo macro túnel y trasplantadas a los 60 días en bolsas negras de 17×30 cm con sustrato Peat Moss. Se empleó un diseño experimental de bloques completamente al azar con tres bloques, integrados por tres tratamientos y un testigo: los tratamientos aplicados fueron algas marinas a 5 mL L⁻¹, UAN 32 a 1 mL L⁻¹ y su combinación. Los tratamientos se aplicaron vía foliar cada ocho días.

El manejo agronómico consistió en una fertilización base vía drench de acuerdo con los requerimientos Steiner, mediante soluciones madre de macro y micronutrientes diluidas en 20 L de agua. aplicando 1 L por planta en cada riego cada ocho días. La primera toma de datos se realizó a los 19 días después del trasplante, evaluando tres plantas por tratamiento y tres mediciones de clorofila por planta en posición basal. Las variables analizadas fueron diámetro de tallo con vernier TRUPER®, altura de planta con flexómetro PRETUL®, número de hojas mediante conteo manual y contenido de clorofila con medidor SPAD Minolta, tomando lecturas en la parte baja, media y superior de cada planta. Se realizaron cuatro evaluaciones durante un mes, una cada ocho días. Los resultados obtenidos se analizaron mediante Anova y cuando se detectaron diferencias significativas, se aplicó la prueba de medias de Tukey ($\alpha = 0.05$) utilizando el programa estadístico SAS Systems.

Resultados y discusiones

El análisis estadístico mostró diferencias altamente significativas en las variables altura de planta, el número de hojas y en las unidades spad de clorofila en la parte superior de la planta, por otro lado, significativas en las variables diámetro de tallos, unidades spad de clorofila parte baja y media (**Tabla I**). Estos resultados son similares con los reportados por Rangel-Lucio et al. (2022), donde muestra efectos altamente significativos en la variable altura de planta y Unidades SPAD de clorofila respecto a sus tratamientos aplicando solución nutritiva Steiner (50, 75, 100, 125 y 150 %).



Tabla I. Resumen del análisis de varianza de variables agronómicas sobre la aplicación foliar de nitrógeno en tomate.

FV	GL	Variable					
		Altura de planta (cm)	Diam de tallo (mm)	Número de hojas	Unidades SPAD de clorofila (B)	Unidades SPAD de clorofila (M)	Unidades SPAD de clorofila (S)
Tratamiento (T)	3	283.47**	1.33*	4.70**	55.29*	23.05*	273.14**
Muestra (M)	3	3470.71**	12.94**	30.83**	161.21**	292.32**	578.22**
Bloque (B)	1	537.37**	5.62**	10.12**	64.97*	0.37 ^{ns}	167.60**
T×M	9	116.20*	1.08*	2.22**	16.36 ^{ns}	11.00 ^{ns}	15.36 ^{ns}
EE	31	51.23	0.50	0.54	15.39	9.60	16.21
Total	47	-	-	-	-	-	-

FV = fuente de variación, GL = grados de libertad, EE = error estándar. **Altamente significativo ($p \leq 0.01$), *significativo ($p \leq 0.05$), ^{ns}No significativo ($p > 0.05$).

El tratamiento UAN 32 a dosis 1 mL L⁻¹ presentó los mayores valores en todas las variables evaluadas las cuales fueron altura de planta, diámetro de tallo, número de hojas y unidades SPAD de clorofila, siendo el testigo quien presentó los menores valores en todas las variables evaluadas (**Tabla 2**). En la altura de planta con los tratamientos UAN 32 y AM presentaron los mayores valores con 74.91 cm y 72.85 cm, siendo superiores al testigo, el cual presentó un valor menor de 63.75 cm; esto genera un incremento del 14.89 %, valores que son inferiores a los reportados por Rangel-Lucio et al. (2022) con un valor mayor de 29 cm y el menor de 20.6 cm con un tratamiento de solución nutritiva al 150 % y 100 % respectivamente a 120 días de edad de planta y observaron un incremento del 28.96 %.

Para la variable diámetro de tallo el mayor valor obtenido fue de 8.01 mm en el tratamiento UAN 32 y el menor (testigo) con 7.24 mm teniendo un ligero incremento de 9.61 %; esto difiere con los datos reportados por Sánchez-del Castillo et al. (2024), quienes mencionan un mayor diámetro con un valor de 12.6 mm y el menor 12.4 mm pero con un menor incremento de 1.58 % en diferentes

densidades de población por m² en producción de hidroponía (**Tabla 2**).

En la variable número de hojas, los tratamientos UAN 32, AM y AM + UAN 32 registraron los valores más altos con 10.27, 10 y 9.72 hojas, respectivamente, mientras que el testigo obtuvo 8.83 hojas. Esto indica que la aplicación de UAN 32, solo o combinado con algas marinas, incrementó hasta en 14.02 % el número de hojas, superando los resultados reportados por Medina et al. (2024), quienes obtuvieron 7.45 hojas con ácido salicílico + algas marinas y 6.73 hojas en el testigo comercial, con un incremento de 9.66 % en cebolla. En las unidades SPAD de clorofila, el tratamiento UAN 32 presentó el mayor valor con 51.45 unidades, mientras que el testigo registró 46.48 unidades, representando un incremento de 9.65 %. Estos resultados difieren de los reportados por Medina et al. (2024), quienes encontraron valores de 64.63 con ácido salicílico y 58.97 en el testigo comercial, con un incremento de 8.75 % en las unidades SPAD de clorofila.



Tabla 2. Efecto de la aplicación foliar de algas marinas (AM) y UAN 32 en parámetros agronómicos en planta de tomate.

NT	Tratamiento	Dosis (mL L ⁻¹)	Altura de planta (cm)	Diámetro tallo (mm)	Número de hojas	Unidades SPAD de clorofila
3	UAN 32	I	74.91 ^a	8.01 ^a	10.27 ^a	51.45 ^a
2	AM	5	72.85 ^a	7.79 ^a	10.00 ^a	48.67 ^{ab}
4	AM + UAN 32	5 + I	71.15 ^{ab}	7.41 ^a	9.72 ^a	47.48 ^{ab}
I	Testigo		63.75 ^b	7.24 ^a	8.83 ^b	46.48 ^b

NT = número de tratamiento. Letras diferentes dentro de una columna indican diferencias significativas (Tukey, 0.05).

Conclusión

En el crecimiento vegetativo del cultivo de tomate y acorde a los resultados obtenidos se recomienda la aplicación de UAN 32 a dosis de I mL L⁻¹ ya que con esto se aumentarán en mas del 9 % en los parámetros agronómicos de crecimiento.

Referencias

- Costa, J. M., & Heuvelink, E. (2018). The global tomato industry. In E. Heuvelink (Ed.), *Tomatoes* (pp. I-26). CABI. <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/10.1079/9781780641935.0001>
- Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura (Fira). (2019). *Panorama Agroalimentario Tomate Rojo 2019*. <https://es.scribd.com/document/502336019/PanoramaAgroalimentario-Tomate-rojo-2019>
- Medina S., M., Guevara A., L. P., Gallardo R., M. E., Yáñez L., R., Rodríguez S., E. F., & Copul Moreno, L. (2024). Biomoléculas en el crecimiento vegetativo de cebolla (*Allium cepa* L.). *Revista Tecnológica CEA* Núm. Esp. 26(II), 268-275. <https://www.revistatecnologicacea.mx/revistas/revista26.pdf>
- Rangel-Lucio, J. A., Cervantes-Ortiz, F., García-Rodríguez, J. G., Cisneros-López, H. C., López-Ramírez, B. C., & Pérez-López, L. (2022). Crecimiento y producción de tomate en respuesta a dos sustratos y niveles de solución nutritiva. En *Investigaciones biológicas, agrícolas y ambientales de México* (Cap. 6). Editora Pantanal. https://doi.org/10.46420/9786581460594_cap6
- Sánchez-del Castillo, F., Moreno-Pérez, E. C., Pineda-Pineda, J., & Aragón-Ramírez, L. A. (2024). Nutrient dynamics and yield of tomato with different fertilizer sources and nutrient solution concentrations. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 31, e2023.009. <https://doi.org/10.5154/r.rchsh.2023.10.009>
- Siap. (2020). *Avance de siembras y cosechas*. https://nube.agricultura.gob.mx/avance_agricola/



Efecto de la fertilización micro-elemental en producción y fotosíntesis en Tomate (*Solanum lycopersicum* L.)

Effect of micro-elemental fertilization on production and photosynthesis in Tomato (*Solanum lycopersicum* L.)

Juan Carlos Buenavista Centeno¹, Luis Patricio Guevara Acevedo^{2§}, Carlos Moises Paredes Rodríguez¹,
Ricardo Yáñez López², Rodrigo Ramírez Rodríguez² Abril de María Montesinos Bernal¹

^{1,2}Estudiante, investigador. Tecnológico Nacional de México (TecNM). Instituto Tecnológico de Roque.

[§]Autor de correspondencia: (luis.ga@roque.tecnm.mx).

Resumen

La producción de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) depende en gran medida de una adecuada nutrición mineral, especialmente de los micronutrientes como hierro, zinc, cobre, boro y manganeso, los cuales participan en procesos fisiológicos esenciales como la fotosíntesis, la respiración y la formación de flores y frutos. Durante la etapa reproductiva, estos elementos favorecen la viabilidad del polen, el cuajado y desarrollo de frutos, además de mejorar la calidad y el contenido nutracéutico del tomate. Por el contrario, la deficiencia de micronutrientes puede ocasionar clorosis, aborto floral y disminución del rendimiento. El objetivo fue estudiar el efecto de la fertilización micro-elemental en producción y fotosíntesis en Tomate (*Solanum lycopersicum* L.) El experimento se realizó en un invernadero del Instituto Tecnológico Nacional de México campus Roque, donde se evaluaron cuatro niveles de fertilización con micronutrientes aplicados semanalmente mediante riego: 100 % (testigo), 150 %, 200 % y 400 % de la dosis recomendada. Se analizaron variables de producción como número de flores, frutos y porcentaje de prendimiento, además de variables fisiológicas relacionadas con la fotosíntesis. Los resultados mostraron diferencias altamente significativas

entre tratamientos. El tratamiento con 200 % de micronutrientes presentó los mejores resultados productivos, alcanzando el mayor número de frutos y el mayor porcentaje de prendimiento, lo que indica que la demanda de micronutrientes en tomate puede ser superior a la recomendada convencionalmente. Sin embargo, concentraciones excesivas (400%) afectaron negativamente procesos fisiológicos como la transpiración y la conductancia estomática, reduciendo la eficiencia fotosintética. En conclusión, una adecuada suplementación de micronutrientes mejora significativamente la producción y calidad del cultivo de tomate, aunque dosis demasiado altas pueden generar efectos adversos en el metabolismo de la planta.

Palabras clave: fotosíntesis, micronutrientes, producción.

Abstract

The tomato production (*Solanum lycopersicum* L.) depends largely on adequate mineral nutrition, especially micronutrients such as iron, zinc, copper, boron, and manganese, which participate in essential physiological processes like photosynthesis, respiration, and flower and fruit formation. During the reproductive stage, these elements promote pollen viability, fruit set and



development, as well as improving the quality and nutraceutical content of the tomato. Conversely, micronutrient deficiencies can cause chlorosis, flower abortion, and reduced yield. The objective was to study the effect of micronutrient fertilization on yield and photosynthesis in tomatoes (*Solanum lycopersicum* L.) The experiment was conducted in a greenhouse at the National Technological Institute of Mexico, Roque campus, where four levels of micronutrient fertilization were evaluated, applied weekly via irrigation: 100 % (control), 150 %, 200 %, and 400 % of the recommended dose. Production variables such as the number of flowers, fruits, and fruit set percentage were analyzed, in addition to physiological variables related to photosynthesis. The results showed highly significant differences between treatments. The treatment with 200 % micronutrients presented the best production results, achieving the highest number of fruits and the highest fruit set percentage, indicating that the micronutrient demand in tomatoes may be higher than conventionally recommended. However, excessive concentrations (400 %) will negatively affect physiological processes such as transpiration and stomatal conductance, reducing photosynthetic efficiency. In conclusion, adequate micronutrient supplementation significantly improves the production and quality of tomato crops, although excessively high doses can generate adverse effects on plant metabolism.

Index words: photosynthesis, micronutrients, production.

Introducción

El tomate (*Solanum lycopersicum*) es uno de los cultivos hortícolas de mayor importancia a nivel mundial debido a su alto valor económico, nutricional y su amplia adaptación a diferentes sistemas de producción. Su relevancia radica no solo en su consumo fresco, sino también en su uso industrial, lo que ha impulsado el desarrollo de estrategias para mejorar su productividad y calidad. En este sentido, la nutrición mineral juega un papel fundamental en el crecimiento, desarrollo

y rendimiento del cultivo (Food and Agriculture Organization [FAO], 2022; Santis et al., 2019; Sousa et al., 2018).

Los microelementos o micronutrientes son elementos esenciales requeridos en bajas concentraciones, pero indispensables para el adecuado funcionamiento fisiológico de las plantas. Entre los más importantes en el cultivo de tomate destacan el hierro (Fe), zinc (Zn), cobre (Cu), boro (B) y manganeso (Mn), los cuales actúan como cofactores enzimáticos en procesos clave como la fotosíntesis, la respiración y la síntesis de metabolitos (Broadley, 2012; Santis et al., 2019).

Durante la etapa de floración, los micronutrientes desempeñan un papel determinante en la formación y desarrollo de las estructuras reproductivas. Elementos como el boro y el zinc son fundamentales para la viabilidad del polen, la elongación del tubo polínico y la fecundación, lo que influye directamente en el cuajado de frutos y en el número de frutos por planta (Alloway, 2008; Taiz et al., 2015; Yara, 2023). La deficiencia de estos elementos puede provocar aborto floral, reducción en la fertilidad y disminución significativa en la producción (Alloway, 2008).

En la etapa de fructificación, los microelementos continúan desempeñando funciones esenciales relacionadas con el desarrollo, tamaño, calidad y composición del fruto. Una adecuada disponibilidad de micronutrientes favorece la acumulación de sólidos solubles, mejora el contenido de compuestos antioxidantes como el ácido ascórbico y promueve una mayor uniformidad y precocidad en la maduración (Santis et al., 2019; Sousa et al., 2018). Asimismo, se ha demostrado que el suministro adecuado de elementos como zinc y hierro puede mejorar la calidad nutracéutica del tomate, incrementando su valor comercial (Cakmak, 2008).

Por otro lado, la deficiencia de micronutrientes constituye una de las principales limitantes en la



producción agrícola, ya que afecta procesos fisiológicos esenciales como la fotosíntesis, la respiración y la síntesis de hormonas vegetales. En el cultivo de tomate, estas deficiencias pueden manifestarse en forma de clorosis, reducción del crecimiento, aborto de flores, mal cuajado de frutos y disminución tanto del rendimiento como de la calidad (Engels et al., 2012; Santis et al., 2019; Taiz et al., 2015). En este contexto, el estudio del efecto de la fertilización micro-elemental en producción y fotosíntesis en Tomate (*Solanum lycopersicum* L.) resulta fundamental para optimizar la producción y asegurar la calidad del fruto en sistemas agrícolas modernos.

Materiales y métodos

El experimento se realizó en un invernadero dentro del Instituto Tecnológico Nacional de México campus Roque coordenadas 20.578882, -100.826966 (GG, 2024); para ello se trasplantaron 60 plantas de tomate en bolsas con sustrato y se tutoraron en el invernadero, se hizo un tratamiento por bloques completamente al azar con tres tratamientos y un testigo

Las aplicaciones constaron en micronutrientes en cuatro concentraciones, los tratamientos 2, 3 y 4 corresponden a dosis 150 %, 200 % y 400 % respecto al testigo (dosis recomendada, 100 %) correspondientes a la dosis recomendada en base a la extracción de nutrientes [N (3.0), P_2O_5 (1.2),

K_2O (5.4), MgO (1.2), CaO (3.9), SO_3 (1.5), Fe (0.06), B (0.03), Zn (0.02), Cu (0.005), Mo (0.001), Mn (0.03), Si (0)] en una producción estimada de 23 t ha⁻¹ y fueron aplicados semanalmente mediante el riego.

Posteriormente se midió una vez por semana el número de flores y frutos, determinando el porcentaje de prendimiento; la captura de fotosíntesis se realizó al inicio y termino del cultivo con uso del equipo de operación manual Targas-I 1.04 2018 PP Systems. Se realizó registro de datos en Excel y se hizo análisis de varianza y cuando este presentó diferencias, se realizó una prueba de medias (Tukey, $\alpha = 0.05$) mediante el programa estadístico SAS® 9.4 For Windows x64 Based Systems.

Resultados y discusión

Se obtuvieron valores altamente significativos en los tratamientos de todas las variables: número de flores (Pr > F, 0.0096), número de frutos (Pr > F, 0.001) y prendimiento (Pr > F, 0.001); sin embargo, los bloques no se diferenciaron ($p > 0.05$). En conjunto con la **Tabla I** se demuestra que el Tratamiento 3 (200 %) presentó los mejores resultados en producción para todas las variables, seguido por el Tratamiento 2, por consiguiente, la absorción de micronutrientes para una mejor producción es mayor a la declarada por Escobar (2022).

Tabla I. Comparación de medias de las variables de producción por efecto de la fertilización micro-elemental en plantas de tomate.

Variable	Tratamiento (%)			
	I) 100	2) 150	3) 200	4) 400
Número de flores	2.0333 ^b	2.8833 ^a	2.4833 ^{ab}	1.9 ^b
Número de frutos	0.5167 ^c	1.8167 ^b	5.5250 ^a	2 ^b
Prendimiento (%)	15.887 ^c	35.067 ^{bc}	68.125 ^a	47.887 ^b
Transpiración (mmol m ⁻² s ⁻¹)	0.83667 ^a	0.57537 ^{ab}	0.53593 ^b	0.035019 ^b
Conductancia estomática (mmol H ₂ O m ⁻² s ⁻¹)	21.963 ^a	12.148 ^b	11.259 ^b	6.815 ^b
Fotosíntesis neta (μmol CO ₂ m ⁻² s ⁻¹)	1.045 ^b	4.020 ^{ab}	7.438 ^a	1.419 ^{ab}

Letras diferentes en hileras indican diferencias estadísticas significativas (Tukey, 0.05).



Los mejores resultados se obtuvieron para el tratamiento I en transpiración y conductancia estomática (**Tabla I**); esto demuestra que concentraciones más altas de micronutrientes afectan el proceso de fotosíntesis al igual que lo menciona Bhat (2024).

Conclusión

El uso adecuado de micronutrientes en el cultivo de Tomate mejora significativamente la producción y el desarrollo de frutos cuando se aplica en dosis equilibradas. Sin embargo, concentraciones excesivas pueden afectar procesos fisiológicos importantes, por lo que es fundamental establecer programas de fertilización precisos que permitan maximizar el rendimiento y la calidad del cultivo sin generar estrés en la planta.

Referencias

- Alloway, B.J. (2008) Zinc in Soils and Crop Nutrition. 2nd Edition, IZA and IFA, Brussels, Belgium and Paris, France. En: <https://www.fertilizer.org/resource/zinc-in-soils-and-crop-nutrition/>
- Bhat, M. A., Mishra, A. K., Shah, S. N., Bhat, M. A., Jan, S., Rahman, S., Baek, K. H., & Jan, A. T. (2024). Soil and Mineral Nutrients in Plant Health: A Prospective Study of Iron and Phosphorus in the Growth and Development of Plants. *Current Issues in Molecular Biology*, 46(6), 5194–5222. <https://doi.org/10.3390/cimb46060312>
- Broadley, M. P. B., Zed, R. I. C. & Zhao, F. (2012). Function of Nutrients: Micronutrients, Editor(s): Petra Marschner, *Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants* (Third Edition, Chapter 7), Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384905-2.00007-8>.
- Cakmak, I. (2008). Enrichment of cereal grains with zinc: Agronomic or genetic biofortification?. *Plant Soil*, 302, 1–17 <https://doi.org/10.1007/s11104-007-9466-3>
- Engels, C., Kirkby, E. and White, P. (2012). Mineral Nutrition, Yield and Source-Sink Relationships, Editor(s): Petra Marschner, *Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants* (Third Edition, Chapter 5), Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384905-2.00005-4>.
- Escobar, R. E. (2022). *Necesidades nutricionales del cultivo de tomate (Solanum lycopersicum) en sus diferentes etapas fenológicas*. Universidad Autónoma Metropolitana. Unidad Xochimilco, <https://repositorio.xoc.uam.mx/jspui/handle/123456789/26686>
- FAO. (2022). *FAOSTAT statistical database*.
- Santis, S. M., Martha, Cabrera, De la F. M., Benavides, M. A., Sandoval, R. A., Ortega, O. H. & Robledo, O. A. (2019). Rendimiento agronómico del jitomate suplementado con microelementos Fe, Cu y Zn. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 10(6), 1379-1391. <https://doi.org/10.29312/remexca.v10i6.1822>
- Sousa, C. M., Sobreira R. O., Da Silva, L. F., Oliveira, C. M. B., J. M. S., Menezes, M. M. S., Bruno Novaes, S. B. & Rodrigues, J. D. (2018). Productive and qualitative performance of tomato plants as a function of the application of plant growth regulators and mineral nutrients. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 12(2), 416-424. <https://doi.org/10.17584/rcch.2018v12i2.7575>
- Taiz, L., Zeiger, E., Møller, I. M., & Murphy, A. (2015). *Plant physiology and development* (6th ed.). Sinauer Associates. <https://books.google.com.mx/books?id=02TBoQEACAAJ>
- Yara. (2023). *Nutrición vegetal en tomate: resumen nutricional del cultivo*. Yara International. <https://www.yara.com.mx/nutricion-vegetal/tomate/resumen-nutricional-del-tomate/>



Fuentes de selenio para mejorar el rendimiento y la biofortificación del frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.)

Selenium sources for improving the yield and biofortification of the common bean (*Phaseolus vulgaris* L.)

Soledad García-Morales^{1§}, Alejandro Salvador Macias-Sandoval², José Martín I. Ramírez-Muñiz³, José Juvencio Castañeda-Nava⁴, Overlin Brandon Hernández Fernández⁴

¹Biología Vegetal, SECIHTI-Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco. ²Departamento de Procesos Tecnológicos e Industriales, Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Occidente. ³USAM y ⁴Biología Vegetal, Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco. [§]Autor de correspondencia: (smorales@ciatej.mx).

Resumen

El objetivo fue evaluar el efecto de dos fuentes de selenio (Se): selenito de sodio (Na_2SeO_3) y nanopartículas de selenio (SeNP) y de dos concentraciones (20 y 50 μM) sobre el rendimiento y el contenido de Se en frijol común. Se analizaron variables agronómicas como la biomasa aérea, el número y el peso de vainas, el peso de semillas y la concentración de Se en diferentes órganos. Los resultados indicaron que las SeNP promovieron una mayor acumulación de biomasa que el selenito. Las concentraciones bajas (20 μM) de selenito y SeNP-AGLE favorecieron el número de vainas y el rendimiento, mientras que 50 μM de SeNP-COF influyó positivamente en todas las variables evaluadas. El contenido total de selenio fue mayor en hojas y tallos, aunque el selenito favoreció su acumulación en las semillas. Se concluye que la respuesta del cultivo depende de la fuente y la concentración, destacando el potencial de las SeNP-COF para la biofortificación y la producción de este grano básico en la dieta mexicana.

Palabras clave: biofortificación, nanopartículas de selenio, rendimiento, selenito.

Abstract

The objective was to evaluate the effect of two sources of selenium (Se): sodium selenite (Na_2SeO_3) and selenium nanoparticles (SeNP), and two concentrations (20 and 50 μM) on the yield and Se concentration in common beans. Agronomic variables, including shoot biomass, pod number and weight, seed weight, and Se accumulation in different organs, were analyzed. The results indicated that SeNPs promoted greater biomass accumulation compared to selenite. Low concentrations of selenite (20 μM) and SeNP-AGLE increased pod number and yield, whereas 50 μM SeNP-COF had a positive effect on all evaluated variables. Total Se content was higher in leaves and stems, although selenite favored its accumulation in seeds. It is concluded that the crop's response depends on the source and concentration, highlighting the potential of SeNP-COF for biofortification and the production of this basic grain in the Mexican diet.

Index words: biofortification, selenium nanoparticles, yield, selenite.



Introducción

El selenio (Se) es un micronutriente esencial para humanos y animales debido a su participación en sistemas antioxidantes, la regulación inmune y el metabolismo celular; sin embargo, existen regiones con suelos deficientes en Se (Garza-García et al., 2022). La biofortificación agronómica constituye una estrategia sostenible para aumentar el contenido de Se en cultivos destinados al consumo humano (Hernández-Fernández et al., 2025). Esta estrategia se basaba en la aplicación de formas inorgánicas como selenato (SeO_4^{2-}) y selenito (SeO_3^{2-}), aunque su eficiencia puede verse limitada por su baja disponibilidad, interacciones con el suelo y potencial fitotoxicidad a dosis altas (García-Morales et al., 2023).

Las nanopartículas de selenio (SeNP) surgen como una alternativa prometedora debido a su alta relación superficie-volumen, mayor estabilidad, liberación gradual y menor toxicidad en comparación con las fuentes convencionales (Garza-García et al., 2022). Diversos estudios reportan que las SeNP actúan como bioestimulantes al modular procesos fisiológicos y bioquímicos, incrementando la actividad antioxidante, acumulación de biomasa y tolerancia al estrés (Hernández-Soltero et al., 2026; López-Gervacio et al., 2026). Sus efectos dependen del tamaño de partícula, forma de aplicación, concentración y especie vegetal, resaltando la necesidad de establecer dosis óptimas y comparar su desempeño frente a fuentes tradicionales de Se (Hernández-Fernández et al., 2025).

El frijol común, *Phaseolus vulgaris*, es una de las leguminosas de mayor importancia mundial por su aporte de proteína, fibra, minerales y compuestos bioactivos (Alcázar-Valle et al., 2021). En América Latina, constituye un componente central de la seguridad alimentaria (Espinoza-Sosa et al., 2025). El frijol tiene potencial para la biofortificación, ya que puede acumular micronutrientes en semillas y contribuir a mejorar la calidad nutricional de la dieta humana. Por ello, el objetivo fue evaluar el efecto diferencial

de las fuentes y las dosis de Se en el rendimiento y la concentración de Se total en frijol, como una estrategia de manejo con potencial para la producción y la biofortificación.

Materiales y métodos

El frijol de testa negra, de crecimiento determinado, se colectó en el estado de Guerrero, denominado GR-04 según la nomenclatura descrita por Alcázar-Valle et al. (2021). Las semillas se sembraron en macetas de 5 litros con sustrato comercial (peat moss y vermiculita, 1:1); se mantuvieron tres plantas por maceta. El experimento se estableció en un invernadero con 10 macetas por tratamiento. Las plantas se fertilizaron una vez a la semana con la solución nutritiva de Hoagland (pH 5.5), iniciando con el 25 % durante la fase vegetativa, 50% a la aparición de botones florales y 100 % al inicio de las primeras vainas.

Se evaluó una fuente inorgánica, el selenito de sodio (Na_2SeO_3), y dos sistemas de nanopartículas (NP). Las SeNP-COF se sintetizaron con extractos de flores de *Calendula officinalis*, siguiendo la metodología de López-Gervacio et al. (2026) y en las SeNP-AGLE se usaron extractos de hojas de *Amphipterygium glaucu*, según lo reportado por Hernández-Díaz et al. (2026). Se aplicaron 20 y 50 μM de cada fuente mediante aspersión foliar hasta el punto de rocío. El testigo consistió en agua destilada. Los tratamientos se iniciaron dos semanas después de la emergencia, con intervalos de 15 días hasta el llenado de grano.

La cosecha se realizó 112 días después de la siembra; se determinaron el peso seco de la parte aérea de las plantas, el número y el peso seco de vainas por planta, el peso total de semillas por planta y el peso de 100 semillas. El contenido total de Se se determinó siguiendo la metodología de Ma et al. (2023), en un ICP-MS (Agilent 8900, Agilent Technologies, USA). Se realizó Anova de una vía y la separación de medias con el método de diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher en



el programa estadístico Statgraphics Centurion (Versión 19.6.04).

Resultados y discusión

En el peso de la biomasa seca de la parte aérea, se encontró que ambas concentraciones de selenito y de SeNP-COF fueron superiores al testigo, mientras que solo el tratamiento con 20 μM SeNP-AGLE superó al testigo. La mayor acumulación de biomasa seca se obtuvo con las SeNPs, en comparación con el selenito (Figura 1a). El número máximo de vainas se registró con selenito y 50 μM de SeNP-COF (Figura 1b). En

el peso seco de las vainas (Figura 1c) y en el peso de 100 semillas (Figura 1d), las concentraciones más altas de selenito y SeNP-AGLE fueron similares al testigo y las dosis bajas presentaron valores superiores. Con las SeNP-COF, las variables evaluadas tienden a aumentar a medida que incrementa su concentración. Mientras que, en soya, el mayor crecimiento y rendimiento se registraron con la concentración más baja (5 mg L^{-1}) tanto de selenito como de SeNPs, con tendencia a disminuir a medida que aumentaba la concentración hasta 20 mg L^{-1} (Ssemalawa et al., 2025).

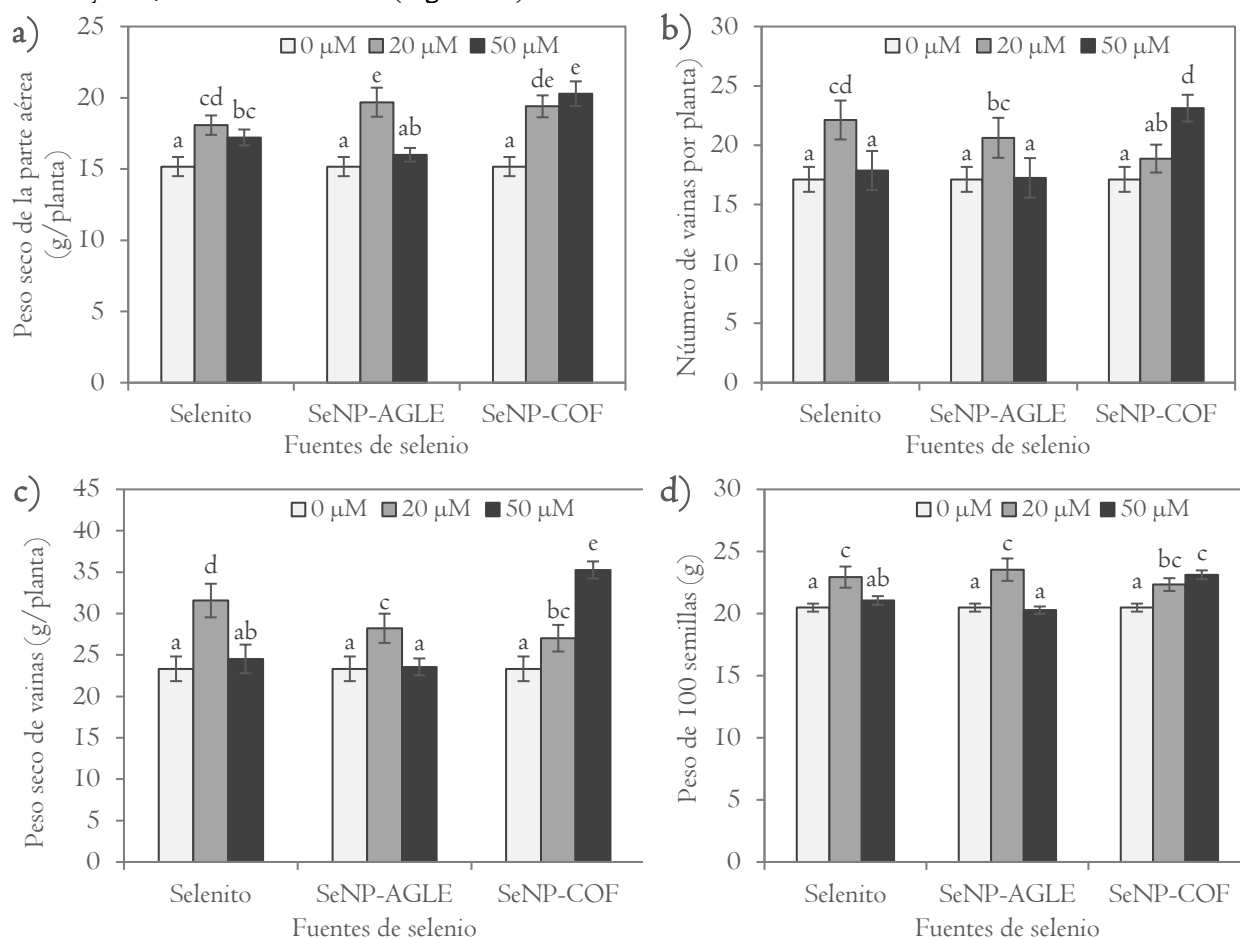


Figura 1. Efecto del selenito y las nanopartículas de selenio (SeNP) en la biomasa seca de la parte aérea de plantas de frijol (a), número de vainas (b), peso de las vainas (c) y peso de 100 semillas (d). Las letras diferentes indican diferencias significativas con 95% de confianza, según la prueba LSD de Fisher.



Con ninguna de las fuentes de se observaron efectos fitotóxicos, lo cual coincide con lo reportado en plántulas de lechuga, donde se comparó el selenito con las SeNP (1.5, 3 y 4 mg mL⁻¹), sin encontrar efectos nocivos en el crecimiento de las plantas (Rodríguez-Ortiz et al., 2026). No obstante, en plantas de colza (El-Badri et al., 2022) y de *Dracocephalum kotschyi* (Khanizadeh et al., 2025), los efectos fitotóxicos del selenito fueron significativamente evidentes que las mismas concentraciones de SeNP, al reducir drásticamente el crecimiento.

Los reportes sugieren que las SeNPs son menos citotóxicas que las formas orgánicas (selenoaminoácidos y selenoproteínas) y las inorgánicas (selenito o selenato) por su tamaño, indicando que la toxicidad disminuye al aumentar el tamaño de las SeNP (Bisht et al., 2022). Esto puede explicar el efecto de ambas SeNP, ya que las SeNP-AGLE tienen un diámetro de 11 a 21 nm (Hernández-Díaz et al., 2026) y las SeNP-COF

un tamaño promedio de 87 nm (López-Gervacio et al., 2026). Lo que se reflejó en el peso de las semillas de frijol, ya que el mayor rendimiento se obtuvo con 50 µM de SeNP-COF (Figura 2a).

La mayor concentración de Se se encontró en las hojas y los tallos, seguida de las semillas y las vainas. El selenito favoreció una mayor concentración en vainas y semillas; mientras que las SeNP-AGLE resultaron en mayor concentración de Se en hojas y tallos, y las SeNP-COF indujeron el menor contenido en los tres órganos analizados (Figura 2b). Estos resultados difieren parcialmente de lo reportado en soya, ya que la aplicación del selenito aumentó la concentración de Se en hojas, raíces y semillas en comparación con SeNP, lo cual puede deberse al tamaño de las SeNP (43.9-68 nm) (Ssemalawa et al., 2025). Por lo que, las SeNP-AGLE podrían ser fácilmente absorbidas y acumuladas en hojas y tallos; mientras que, el selenito favorece la translocación del Se al inducir mayor concentración de Se en las semillas.

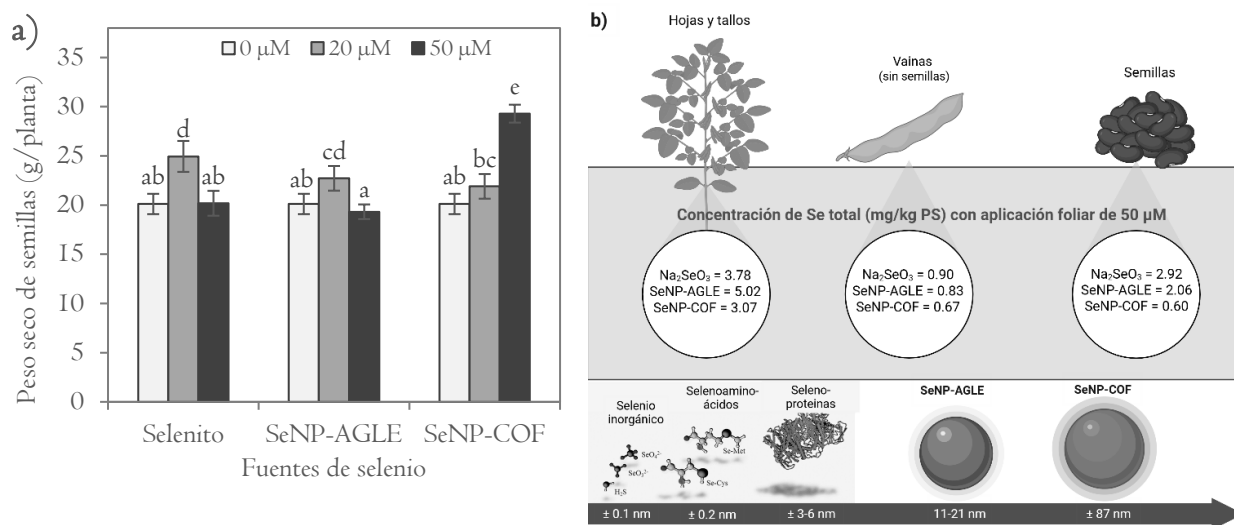


Figura 2. Influencia del selenito y nanopartículas de selenio (SeNP) en el peso de semillas de frijol (a) y la concentración de Se total (b). Las letras diferentes indican diferencias significativas con 95% de confianza, según la prueba LSD de Fisher.



Conclusiones

La aplicación foliar de selenio mostró efectos dependientes de la fuente y la concentración; la mejor respuesta productiva se obtuvo con 50 μM de SeNP-COF, que maximizó el peso de semillas y variables asociadas al rendimiento, atribuible a su mayor tamaño (~ 87 nm), reduciendo la fitotoxicidad, favoreciendo efectos bioestimulantes y posicionándose como una opción eficiente para la biofortificación.

Referencias

- Alcázar-Valle, M., García-Morales, S., Mojica, L., Morales-Hernández, N., Sánchez-Osorio, E., Flores-López, L., Enríquez-Vara, J. N. and Lugo-Cervantes, E. (2021). Nutritional, antinutritional compounds and nutraceutical significance of native bean species (*Phaseolus* spp.) of Mexican cultivars. *Agriculture*, 11(11), 1031. <https://doi.org/10.3390/agriculture11111031>
- Bisht, N., Phalswal, P. and Khanna, P.K. (2022). Selenium nanoparticles: a review on synthesis and biomedical applications. *Materials Advances*, 3, 1415-1431. <https://doi.org/10.1039/d1ma00639h>
- El-Badri, A. M., Hashem, A. M., Batool, M., Sherif, A., Nishawy, E., Ayaad, M., Hassan, H. M., Elrewainy, I. M., Wang, J., Kuai, J., Wang, B., Zheng, S. and Zhou, G. (2022). Comparative efficacy of bio-selenium nanoparticles and sodium selenite on morpho-physiochemical attributes under normal and salt stress conditions, besides selenium detoxification pathways in *Brassica napus* L. *Journal of Nanobiotechnology*, 20(1), 163. <https://doi.org/10.1186/s12951-022-01370-4>
- Espinoza-Sosa, R. E., Contreras, L. A. M., Alcázar-Valle, M., Enríquez-Vara, J. N., Contreras, J., Sánchez, D. S. y García-Morales, S. (2025). La milpa, análisis y revalorización de un sistema ancestral para la producción agrícola de alimentos. *Enfoques Transdisciplinarios: Ciencia y Sociedad*, 3(2), 93-108. <https://doi.org/10.5281/zenodo.15851440>
- Garza-García, J. J.O., Hernández-Díaz, J. A., Zamudio-Ojeda, A., León-Morales, J. M., Guerrero-Guzmán, A., Sánchez-Chiprés, D. R., López-Velázquez, J. C. and García-Morales, S. (2022). The role of selenium nanoparticles in agriculture and food technology. *Biological Trace Element Research*, 200(5), 2528-2548. <https://doi.org/10.1007/s12011-021-02847-3>
- Hernández-Díaz, J. A., Arias-García, A. A., Gutiérrez-Becerra, A., Comas-García, M., Vázquez-Lepe, M. O., Hernández-Cristóbal, O., García-Morales, S., Martínez-Velázquez, M. and García-Carvajal, Z. Y. (2026). Development and characterization of a guar gum bionanocomposite loaded with biogenic selenium nanoparticles and its cytotoxic evaluation. *Gels*, 12(5), 376. <https://doi.org/10.3390/gels12050376>
- Hernández-Fernández, O. B., Hernández-Soltero, M. F. & García-Morales, S. (2025). Selenium nanoparticles improve agricultural crop sustainability under abiotic stress and boost plant food biofortification. In S. Thakur (Ed.), *Application of Nanotechnology for Sustainable Agriculture and Food Security, Volume 1: The Role of Nanofertilizers and Nanopesticides* (pp. 137–167). American Chemical Society. <https://doi.org/10.1021/bk-2025-1509.ch007>
- Hernández-Soltero, M. F., Hernández-Fernández, O. B. & García-Morales, S. (2026). Selenium nanoparticles as biostimulants in plant growth regulation: Uptake, transport, and action. In J.-T. Chen & K.A. Abd-Elsalam (Eds.), *Nano-Delivering Plant Biostimulants and Anti-Pathogenic Agents* (pp. 391–417). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-443-43814-1.00010-3>
- Khanizadeh, P., Mumivand, H. and Morshedloo, M. R. (2025). Superior effect of selenium nanoparticles over sodium selenite on growth, yield, antioxidant activity, and essential oil production in *Dracocephalum kotschy* Boiss.



- BMC Plant Biology*, 25(1), 1472.
<https://doi.org/10.1186/s12870-025-07500-y>
- López-Gervacio, A. d. J., Barrera-Martínez, I., Qui-Zapata, J. A., Montero-Cortés, M. I., Ávila-Quezada, G. D. and García-Morales, S. (2026). Dose- and application-dependent effects of biogenic selenium nanoparticles on germination, growth, and antioxidant response of *Capsicum annuum* L. *Agriculture*, 16(6), 707.
<https://doi.org/10.3390/agriculture16060707>
- Ma, Y., Yin, J., Wang, J., Liu, X., He, J., Zhang, R., Rao, S., Cong, X., Xiong, Y. and Wu, M. (2023). Selenium speciation and volatile flavor compound profiles in the edible flowers, stems, and leaves of selenium-hyperaccumulating vegetable *Cardamine violifolia*. *Food Chemistry*, 427, 136710.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2023.136710>
- Rodríguez-Ortiz, J. C., García-Morales, S., Flores-Flores, M. C., Chávez-Zárate, Y., Camarillo-Morelos, J. G. y Estrada-González, A. J. (2026). Nanopartículas de selenio y selenito en la producción de plántulas de lechuga. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 17(2), 4068.
<https://doi.org/10.29312/remexca.v17i2.4068>
- Ssemalawa, S. M., Asamoah, E. O., Farooq, M. R., Bañuelos, G., Wang, Y., Sun, H., Rao, P., Guo, Y., Chen, Y. and Yin, X. (2025). Comparative effects of foliar biogenic selenium nanoparticles and selenite on soybean growth, seed quality, selenium speciation and bioaccessibility. *Frontiers in Plant Science*, 16, 1692027.
<https://doi.org/10.3389/fpls.2025.1692027>



RECURSOS PECUARIOS



Características reproductivas en gallinas Sasso en un sistema semi-intensivo

Egg production in Sasso hens under a semi-intensive system

Yaneisi Rosario Mejia-Angeles^{1§}, Martha Patricia Jerez-Salas¹, Héctor Luis-Chincoya², Salvador Lozano-Trejo¹, Gisela Margarita Santiago-Martínez¹

¹*Tecnológico Nacional de México (TecNM). Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca, San Jesús Nazareno, Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca, CP. 71233, México.* ²*Colegio de Postgraduados Campus Montecillo. Carretera México-Texcoco Km. 36.5, Montecillo, Texcoco, CP. 56264, Estado de México, México.* [§]*Autor de correspondencia: (mejiayaneisi3@gmail.com).*

Resumen

La producción avícola en México se desarrolla en distintos niveles, destacando los sistemas de traspatio y de mediana escala como bases para muchas comunidades rurales para la seguridad alimentaria y la producción de ingresos familiar. En el estado de Oaxaca, ambos sistemas son ampliamente utilizados, combinando prácticas tradicionales con esquemas productivos, donde la alimentación representa el principal costo de producción. En este contexto, el uso de dietas alternativas surge como una estrategia para mejorar la sostenibilidad de las unidades de producción. El objetivo del presente estudio fue evaluar las características reproductivas en gallinas Sasso en un sistema semi-intensivo. Se alimentaron con cuatro dietas: (tratamientos) alimento comercial “alpesur” (T1), alimento comercial “El granjero” (T2), dieta alternativa de maíz (T3) y dieta alternativa de sorgo (T4). Se utilizó un diseño completamente al azar, se registraron variables productivas como edad a la madurez sexual, peso a la madurez sexual, producción de huevo/gallina, porcentaje de producción de huevo e índice de conversión alimenticia. Los resultados mostraron que el tratamiento T1 presentó los mayores valores en producción de huevo (19 huevos/gallina/mes) y un porcentaje de postura de (64.41 %), así como un mejor índice de conversión alimenticia (ICA =

2.8). Por su parte el tratamiento T3 mostro una reducción considerable en la producción (11 huevos/gallina/mes) y un porcentaje de postura de (35.56 %), con el mayor índice de conversión alimenticia (5.9).

Palabras clave: dietas alternativas, gallinas doble propósito, traspatio.

Abstract

Poultry production in Mexico is carried out at different scales, with backyard and medium-scale systems serving as a foundation for many rural communities by contributing to food security and household income. In Oaxaca, both systems are widely used, combining traditional practices with structured production systems, where feed represents the main production cost. In this context, the use of alternative diets has emerged as a strategy to improve the sustainability of production units. The objective of the present study was to evaluate the reproductive characteristics of Sasso hens under a semi-intensive system. Fed four dietary treatments: commercial feed “Alpesur” (T1), commercial feed “El Granjero” (T2), an alternative maize-based diet (T3), and an alternative sorghum-based diet (T4). A completely randomized design was used, and productive variables such as age at sexual maturity,



body weight at sexual maturity, egg production per hen, laying percentage, and feed conversion ratio (FCR) were recorded. The results showed that treatment T1 achieved the highest egg production (19 eggs/hen/month) and laying percentage (64.41 %), as well as the best feed conversion ratio (FCR = 2.8). In contrast, treatment T3 showed a considerable reduction in egg production (11 eggs/hen/month) and laying percentage (35.56 %), together with the highest feed conversion ratio (FCR = 5.9).

Index words: alternative diets, dual-purpose hens, backyard systems.

Introducción

En el estado de Oaxaca, el sistema tradicional de producción avícola es la cría a pequeña escala en unidades de traspatio de familias rurales y periurbanas. La avicultura de traspatio es una actividad ganadera que se encuentra en el 85% de las unidades de producción familiar del país, se realiza en los patios de las familias, con el aprovechamiento de aves criollas o de interés zootécnico, aprovechando la sabiduría tradicional, instalaciones sencillas y el trabajo familiar (Centeno et al., 2007; Jerez-Salas et al., 2025; Nava-Hernández et al., 2018).

Los sistemas de traspatio presentan una baja productividad, asociada a la limitante disponibilidad de insumos y recursos económicos. En este contexto, la transición hacia sistemas semiintensivos representan una alternativa viable para mejorar la eficiencia productiva (Cruz-Sánchez et al., 2016). Los sistemas semi-intensivos en la producción avícola se caracterizan por integrar prácticas propias de los sistemas intensivos, como el manejo de alimento balanceado y prácticas de manejo sanitario. En estos sistemas es común el uso de líneas de doble propósito, orientadas tanto en la producción de huevo como de carne, mejorando la eficiencia de

las unidades productivas de pequeña y mediana escala (Dottavio y Di Masso, 2010).

Las gallinas Sasso son aves de doble propósito con una amplia gama de colores, que están pensadas para mercados tradicionales, son aves resistentes a enfermedades, parásitos y condiciones desafiantes, fuertes, rústicas, fáciles de criar y con una producción de aproximadamente 302 huevos a las 75 semanas de edad, son de una variedad de colores marrones y no uniformes tipo camperos y ofrecen carne de calidad, llegando a pesar alrededor de 2205 g (Sasso, 2015). El objetivo fue evaluar las características reproductivas en gallinas Sasso en un sistema semi-intensivo.

Materiales y métodos

El presente trabajo se desarrolló en el Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca, en el módulo de producción avícola, ubicado en la posta pecuaria. Se estableció en dos casetas equipadas con divisiones internas, comederos, bebederos y medidas sanitarias como indumentaria de trabajo y calzado especial por caseta. Se utilizaron gallinas Sasso de 16 semanas de edad, distribuidas en cuatro grupos de 14 pollitas y 1 macho, donde se establecieron los tratamientos dos dietas comerciales y dos dietas alternativas. El diseño experimental utilizado fue completamente al azar, con cuatro tratamientos: alimento comercial “alpesur” (1), alimento comercial “El granjero” (2), dieta alternativa de maíz (3) y dieta alternativa de sorgo (4).

La administración de alimento fue controlada, administrando 150g de por ave en cada uno de los grupos, en un horario de 8:00 am. Las variables estudiadas fueron edad a la madurez sexual, peso a la madurez sexual, producción de huevo/gallina, porcentaje de producción de huevo e índice de conversión alimenticia. Los datos obtenidos fueron analizados mediante el procedimiento de GLM en SAS, empleando un Anova y las medias



comparadas con la prueba de Tukey con un nivel de significancia del 95 % ($\alpha = 0.05$).

Resultados y discusión

El consumo de alimento en los cuatro tratamientos fue constante (150 g), por lo que las diferencias productivas se deben al tipo de alimento suministrado, se observó que el T1 (2834 g) favorece un mejor crecimiento corporal en comparación al T4 (2764 g). Las gallinas de los tratamientos T1 y T4 alcanzaron la madurez sexual a las 24 semanas, mientras que las del T2 y T3 lo hicieron a las 28 semanas, no obstante, esta diferencia no se ve reflejada en una mayor producción de huevo (**Tabla I**).

Las gallinas del tratamiento T1 registra un mayor valor en la producción de huevo (19 huevos/gallina/mes), seguido de las T2 y T3 con una producción de 18 huevos/gallina/mes, por lo tanto, el porcentaje de postura fue mayor para las gallinas del tratamiento T1 con un 64.41 %. El índice de conversión alimenticia (*ICA*) es uno de los indicadores más importantes desde el punto de vista productivo, entre los tratamientos se mostró

diferencia, siendo el menor para las gallinas del tratamiento T1 con 2.8, indicando una mayor eficiencia en el aprovechamiento de alimento en la producción de huevo, debido a que requiere menor cantidad de alimento para producir huevos y el mayor índice es para las gallinas del T3 con un valor alto de 5.9, mostrando una baja producción.

Conclusiones

El presente estudio permitió generar información productiva importante sobre las gallinas Sasso manejadas en un sistema semi-intensivo, aportando datos técnicos que contribuyen al conocimiento de esta raza bajo condiciones locales. La evaluación de variables reproductivas de las gallinas permitió establecer referencias sobre el comportamiento reproductivo y representando una base técnica para futuras investigaciones.

Tabla I. Medias de peso a la madurez sexual, edad a la madurez sexual, producción de huevo/gallina, porcentaje de producción de huevo e índice de conversión alimenticia de gallinas Sasso alimentadas con cuatro dietas.

Tratamiento	Consumo de alimento (g)	Peso (g)	Madurez sexual (sem)	Variable Producción de huevos/gallinas (mes)	Porcentaje de producción de huevo	Índice de conversión alimenticia (<i>ICA</i>)
Alimento comercial "Alpesur" (T1)	150	2834	24	19	64.41	2.8
Alimento comercial "El Granjero" (T2)	150	2864	28	18	61.22	3.8
Dieta alternativa de maíz (T3)	150	2807	28	11	35.56	5.9
Dieta alternativa de sorgo (T4)	150	2768	24	18	58.67	3.8



Referencias

- Centeno, B.S.B., López, D.C.A. y Juárez, E.M.A. (2007). Producción avícola familiar en una comunidad del municipio de Ixtacamaxtitlán, Puebla. *Técnica Pecuaria en México*, 45(1), 41-60.
- Cruz-Sánchez, B., Ramírez-Valverde, B., Juárez-Sánchez, J. P., y Ramírez-Juárez, J. 2016. Potencial y restricciones de la avicultura de traspatio sobre la seguridad alimentaria en Guerrero, México. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*, 13(2), 257-275.
- Dottavio, A. M., y Di Masso, R. J. (2010). Mejoramiento avícola para sistemas productivos semi-intensivos que preservan el bienestar animal. *Journal of Basic & Applied Genetics*, 21(2). https://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=SI623320I00002000I2&script=sci_arttext
- Jerez-Salas, M. P., Manzanero Medina, G. I., Vásquez Dávila, M. A., y Camacho Escobar, M. A. (2025). Gallinas locales y soberanía alimentaria: análisis etnozootécnico y alternativas de la avicultura de traspatio en el área periurbana de Oaxaca, México. *Etnobiología*, 23(1). <https://revistaetnobiologia.mx/index.php/etno/article/view/696>
- Nava-Hernández, G., Aldasoro-Maya, E.M., PerezgrovasGarza, R. y Vera-Cortés, G. (2018). Interacciones del ser humano con animales de traspatio: un estudio desde la Etnoveterinaria en Tabasco, México. *Revista Nova Scientia*. 10(2), 258-309.
- SASSO. (2015). *SASSO T451A: Product sheet*. SASSO <https://www.sasso-poultry.com>(consultado: 30 de abril de 2026).



Efecto de la fertilización sobre el establecimiento del mijo perla (*Cenchrus americanus*) en los Valles Centrales de Oaxaca

Effect of fertilization on the establishment of pearl millet (*Cenchrus americanus*) in the Central Valleys of Oaxaca

Primavera Pérez-Ramos¹, Yuri Villegas-Aparicio^{1§}, Filogonio Jesús Hernández-Guzmán², Rigoberto Castro-Rivera³, Aarón Martínez-Gutiérrez¹, José Raymundo-Enríquez del Valle¹, José Cruz-Carrillo-Rodríguez¹

¹TecNM, Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca. División de Estudios de Posgrado e Investigación.

²Universidad Autónoma Chapingo. ³Instituto Politécnico Nacional. Centro de Investigación en Biotecnología Aplicada-Unidad Tlaxcala. [§]Autor de correspondencia: (yuri.va@voaxaca.tecnm.mx).

Resumen

El objetivo fue evaluar el efecto de 3 tipos de fertilización sobre el establecimiento del mijo perla en condiciones de temporal. El experimento se estableció a finales de julio del 2025 en los Valles Centrales de Oaxaca. Se utilizó un diseño completamente al azar (DCA) con tres tratamientos: fertilización con urea, inoculación con hongos micorrícicos arbusculares (HMA) y testigo sin fertilización, con 18 repeticiones por tratamiento. Las variables evaluadas fueron altura de la planta (AP), número de tallos (NT) y biomasa seca (B, t ha⁻¹), mediante un corte realizado en octubre del 2025. El análisis estadístico se realizó mediante un análisis de varianza y comparación de medias con la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) en SPSS v25. El NT presentó diferencias significativas entre tratamientos ($F = 8.917$; $p \leq 0.001$), donde la micorriza (7.28a) superó a la urea (4.17b), con el testigo en posición intermedia (5.78ab). La AP ($F = 1.68$; $p = 0.165$) y la B ($F = 0.688$; $p = 0.507$) no mostraron diferencias significativas entre tratamientos. Se concluye que la inoculación con micorriza favorece el aumento del NT del mijo

perla durante su establecimiento bajo condiciones de temporal, mientras que la fertilización con urea lo inhibe.

Palabras clave: hongos micorrícicos arbusculares, fertilización nitrogenada, zacates forrajeros.

Abstract

The objective was to evaluate the effect of three fertilization methods on pearl millet establishment under rainfed conditions. The experiment was established in late July 2025 in the Central Valleys of Oaxaca. A completely randomized design (CRD) was used with three treatments: urea fertilization, inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi (AMF), and a control without fertilization, with 18 replicates per treatment. The variables evaluated were plant height (AP), number of stems (NT), and dry biomass (B, t ha⁻¹), measured at a harvest in October 2025. Statistical analysis was performed using analysis of variance and mean comparisons with Tukey's test ($\alpha = 0.05$) in SPSS v25. The NT showed significant differences between treatments ($F = 8.917$; $p \leq 0.001$), with mycorrhizae (7.28a) outperforming urea (4.17b), and the control group in an



intermediate position (5.78ab). *AP* ($F = 1.68$; $p = 0.165$) and *B* ($F = 0.688$; $p = 0.507$) did not show significant differences between treatments. It is concluded that inoculation with mycorrhizae favors the increase in *NT* of pearl millet during its establishment under rainfed conditions, while urea fertilization inhibits it.

Index words: arbuscular mycorrhizal fungi, nitrogen fertilization, forage grasses.

Introducción

El mijo perla (*Cenchrus americanus*) fue domesticado en África occidental, es una especie ideal para zonas de baja precipitación, es una de las gramíneas C4 más resistentes a la sequía, soporta altas temperaturas y baja fertilidad del suelo (Shrestha et al., 2023), es un cultivo estratégico por su resiliencia climática, rusticidad y valor forrajero (Gupta et al., 2024). En los Valles Centrales de Oaxaca, el régimen de temporal presenta precipitaciones variables e irregulares que presentan un desafío para el establecimiento de zacates forrajeros.

El tipo de fertilización es uno de los factores agronómicos más determinantes en el establecimiento del mijo perla, en la acumulación de biomasa como en el desarrollo de tallos (Sheoran et al., 2024), una alternativa sustentable para la producción de forraje son los hongos micorrícicos arbusculares (*HMA*), los cuales representan una alternativa al reducir la fertilización química y aumentar la resiliencia de las plantas ante la sequía (Mwampashi et al., 2024). En México, Velázquez-Martínez et al. (2018) evaluaron el rendimiento de mijo bajo temporal en el Altiplano Potosino y reportaron su adaptación a condiciones de escasa precipitación, con rendimientos variables. Sin embargo, la información sobre el efecto de diferentes tipos de fertilización en el establecimiento de esta especie es poca en la zona de estudio. Por lo anterior, el

objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de 3 tipos de fertilización sobre el establecimiento del mijo perla en condiciones de temporal.

Materiales y métodos

El experimento se estableció a finales de julio de 2025 en los Valles Centrales de Oaxaca, donde predominan los suelos vertisoles (Inegi, 2010). La temperatura media anual de la zona es de 20.2 °C. La precipitación anual promedio es de 669.9 mm (Conagua, 2020).

Se evaluó el establecimiento del mijo bajo condiciones de temporal, con un único corte de evaluación realizado en el mes de octubre de 2025. Se utilizó *DCA* con tres tratamientos y 18 repeticiones por tratamiento. La siembra se realizó por trasplante en surcos con una distancia de 80 cm entre hileras y 30 cm entre plantas. Los tratamientos fueron T1) fertilización con urea (aplicando 40 g por planta en banda al suelo, 30 días después del trasplante), T2) inoculación con *HMA* (la aplicación se realizó al momento del trasplante, diluyendo 250 mL del producto en 200 L de agua y aplicando 1 L de la solución al cuello de cada planta) y T3) testigo, sin fertilización. El inoculante fue un producto comercial líquido compuesto por *Rhizophagus* sp. (8 %), *Funneliformis* spp. (64 %) y *Claroideoglomus* sp. (28 %).

Las variables evaluadas fueron: altura de planta (*AP*), medida desde la base del tallo hasta el ápice de la hoja más alta, número de tallos (*NT*) por planta y biomasa seca (*B*), expresada en $t\ ha^{-1}$, obtenida mediante secado en estufa a 65° hasta obtener el peso constante. Los datos se analizaron mediante un Anova y la comparación de medias se realizó con la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$), utilizando el paquete estadístico SPSS versión 25.0 (IBM Corp., 2017).



Resultados y discusión

La *AP* no presentó diferencias significativas entre tratamientos ($F = 1.868$; $p = 0.165$), con valores de 106.06, 125.67 y 114.83 cm para urea, *HMA* y testigo respectivamente (Tabla I). Esto coincide con López-Ortega et al. (2018) quienes encontraron que el crecimiento del mijo no respondió significativamente a la fertilización, sugiriendo que la disponibilidad hídrica fue el principal factor limitante. Este comportamiento coincide con Ndiaye et al. (2024), quienes al evaluar la interacción entre *HMA* y micro dosis de fertilizante en mijo reportaron que la respuesta en altura no fue significativa entre tratamientos, sugiriendo que esta variable presenta una menor sensibilidad para reflejar beneficios tempranos de la fertilización biológica cuando el cultivo se encuentra en fase inicial del establecimiento. En contraste, Ramniwas et al. (2023) reportaron incrementos significativos en la *AP* cuando la inoculación fue complementada con fertilización, lo que indica que esta variable depende de una mayor disponibilidad nutrimental y de interacciones favorables entre biofertilización y manejo mineral.

El *NT* presentó diferencias significativas entre tratamientos ($F = 8.917$; $p \leq 0.001$). el tratamiento con *HMA* registró el mayor *NT* (7.28), seguido del testigo (5.78) y la urea (4.17). El efecto favorable de la inoculación sobre el *NT* puede atribuirse a la mejora en la absorción de fósforo mediada por las hifas fúngicas, nutrimento

esencial para el desarrollo de yemas axilares y el rebrote de nuevos tallos (Oddi et al., 2024; Xu et al., 2024). El menor *NT*, bajo fertilización con urea es congruente con lo reportado por Bauer & Von Wirén (2020), que demostraron que la urea reduce el *NT* al interferir con la síntesis y traslocación de citoquininas hacia los tallos. Mi et al. (2024) confirmaron que el nitrógeno regula el *NT* en gramíneas forrajeras a través de cambios en las concentraciones de hormonas endógenas en los brotes axilares, lo que respalda el resultado observado en el presente estudio.

La *B* no presentó diferencias significativas entre tratamientos ($F = 0.688$; $p = 0.507$), con rendimientos de 1.49, 1.99 y 1.49 t ha⁻¹ para urea, *HMA* y testigo, respectivamente, lo cual puede atribuirse al corto periodo de evaluación, durante el cual la acumulación de *B* aun no refleja el efecto de los tratamientos sobre el crecimiento de la planta. En mijo establecido bajo condiciones de temporal, la producción de *B* depende de procesos acumulativos asociados con la eficiencia fotosintética, la disponibilidad de humedad y el aprovechamiento nutrimental, por lo que las respuestas productivas suelen manifestarse con mayor claridad en etapas más avanzadas del desarrollo (Ankit et al., 2023).

Tabla I. Comportamiento de mijo Perla.

Variable	Urea	<i>HMA</i>	Testigo	<i>p</i> -valor
AP (altura de planta, cm)	106.06 ± 37.33 ^a	125.67 ± 29.21 ^a	114.83 ± 23.31 ^a	0.165
NT (número de tallos)	4.17 ± 1.43 ^b	7.28 ± 2.65 ^a	5.78 ± 2.37 ^{ab}	<0.001
B (biomasa seca, t ha ⁻¹)	1.49 ± 2.13 ^a	1.99 ± 1.12 ^a	1.49 ± 0.83 ^a	0.507

Valores con la misma letra en fila no son estadísticamente diferentes (Tukey, $\alpha = 0.05$). Media ± desviación estándar.



En este sentido Meena (2023) indicó que en sistemas con deficiencias de nutrientes la aplicación de nitrógeno no siempre genera aumentos consistentes en productividad vegetal, debido a restricciones en el balance nutrimental y en la eficiencia de absorción. Bajo las condiciones del presente estudio y sobre suelo Leptosol, estos factores probablemente limitaron el efecto de los tratamientos sobre la *B*.

Conclusiones

El tipo de fertilización no tuvo efecto significativo sobre la AP ni la acumulación de B del mijo perla durante su establecimiento bajo condiciones de temporal. Sin embargo, la inoculación con hongos micorrícicos arbusculares (*HMA*) favoreció significativamente el número de tallos (*NT*) de la especie. Estos resultados sugieren que los *HMA* representan una alternativa viable para promover el establecimiento del mijo en condiciones de temporal, y que la fertilización con urea puede inhibir el *NT* en etapas tempranas del cultivo. Se recomienda continuar la evaluación en cortes sucesivos para determinar el efecto de los tratamientos sobre la productividad forrajera a mediano plazo en la región.

Referencias

- Ankit, Rana K.S, Bana, R.S., Meena, M. C. & Prasad, S. (2023). Conservation crop establishment and foliar sulphur nutrition improve growth, photosynthetic efficiency and productivity of rainfed pearl millet: Sulphur in pearl millet for improved growth. *Annals of Arid Zone*, 62(1), 47-53. <https://doi.org/10.59512/aaz.2023.62.1.5>
- Bauer, B. & Von Wirén, N. (2020). Modulating tiller formation in cereal crops by the signalling function of fertilizer nitrogen forms. *Scientific Reports*, 10(1), 20504. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-77467-3>
- Comisión Nacional del Agua (Conagua). (2020). *Normales climatológicas 1991-2020*. Estación 20079. Oaxaca de Juárez. Servicio Meteorológico Nacional. https://smn.conagua.gob.mx/tools/RESOURCES/Normales_Climatologicas/Normales9120/oax/nor9120_20079.txt
- Gupta, S., Rangari, S. K., Sahu, A., Naik, Y. D., Satayavathi, C. T., Punhuri, S. & Thudi, M. (2024). Meta-QTL analysis reveals the important genomics regions for biotic stresses, nutritional quality and yield related traits in pearl millet. *CABI Agriculture and Bioscience*, 36. <https://doi.org/10.1186/s43170-024-00230-5>
- IBM Corp. (2017). *IBM SPSS Statistics for Windows, Version 25.0*. Armonk, NY: IBM Corp.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (Inegi). (2010). *Compendio de información geográfica municipal 2010: Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca*. Inegi. https://www.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/20/20385.pdf
- López-Ortega, M. G., Velázquez-Martínez, M., Hernández-Guzmán, F. J., Mata-Espinosa, M. Á. & Rojas-García, A. R. (2018). Rendimiento y calidad de semilla de 'mijo Perla' con uso de micorrizas *Glomus intraradices* y fertilizantes químicos. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 9(7), 1514-1523. <https://doi.org/10.29312/remexca.v9i7.1677>
- Meena, M. C. (2023). Use of Balanced Fertilization for achieving higher productivity of Pearl millet and soil health under pearl millet-based cropping systems: Pearl millet balanced fertilization. *Annals of Arid Zone*, 62(1), 37-45. <https://doi.org/10.59512/aaz.2023.62.1.4>
- Mi, W., Luo, F., Liu, W. & Liu, K. (2024). A Transcriptome Reveals the Mechanism of



- Nitrogen Regulation in Tillering. *Genes*, *15*(2), 223.
<https://doi.org/10.3390/genes15020223>
- Mwampashi, L. L., Magubika, A. J., Ringo, J. F., Theonest, D. J., Tryphone, G. M., Chilagane, L. A. & Nassary, E. K. (2024). Exploring agro-ecological significance, knowledge gaps, and research priorities in arbuscular mycorrhizal fungi. *Frontiers in Microbiology*, *15*, 1491861.
<https://doi.org/10.3389/fmicb.2024.1491861>
- Ndiaye, M., Mollier, A., Diouf, A. & Diop, T. A. (2024). Mycorrhizal inoculation and fertilizer microdosing interactions in pearl millet (*Pennisetum glaucum*) under greenhouse conditions. *Frontiers in Fungal Biology*, *5*, 1448156.
<https://doi.org/10.3389/ffunb.2024.1448156>
- Oddi, L., Volpe, V., Carotenuto, G., Politi, M., Barni, E., Crosino, A., Siniscalco, C. & Genre, A. (2024). Boosting species evenness, productivity and weed control in a mixed meadow by promoting arbuscular mycorrhizas. *Frontiers in Plant Science*, *15*, 1303750.
<https://doi.org/10.3389/fpls.2024.1303750>
- Ramniwas, Kumawat, S. M., Ola, G., Gautam, P., Bhunia, S. R., Jakhar, R. K., Nitharwal, P. K., Choudhary, L., Gora, M. K., Jat, S. L. & Kakraliya, M. (2023). Effect of planting methods, Mycorrhiza and zinc fertilization on growth and grain yield of pearl millet (*Pennisetum glaucum*). *The Indian Journal of Agricultural Sciences*, *93*(11), 1225-1230.
<https://doi.org/10.56093/ijas.v93i11.133311>
- Sheoran, S., Prakash, D., Raj, D., Mor, V. S., Yadav, P. K., Gupta, R. K., Alamri, S. & Siddiqui, M. H. (2024). Long-term organic and N fertilization influence the quality and productivity of pearl millet under pearl millet-wheat sequence in north India. *Scientific Reports*, *14*(1), 19503.
<https://doi.org/10.1038/s41598-024-70009-1>
- Shrestha, N., Hu, H., Shrestha, K. & Doust, A. N. (2023). Pearl millet response to drought: A review. *Frontiers in Plant Science*, *14*, 1059574.
<https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1059574>
- Velázquez-Martínez, M., Mendoza-Guzmán, S., Hernández-Guzmán, F. J., Landa-Salgado, P., Nieto-Aquino, R. & Mata-Espinosa, M. A. (2018). Producción forrajera de mijo perla y maíz en el Altiplano potosino de México. *Revista Fitotecnia Mexicana*, *41*(4), 477-482.
<https://doi.org/10.35196/rfm.2018.4.477-482>
- Xu, H., Shi, Y., Chen, C., Pang, Z., Zhang, G., Zhang, W. & Kan, H. (2024). Arbuscular Mycorrhizal Fungi Selectively Promoted the Growth of Three Ecological Restoration Plants. *Plants*, *13*(12), 1678.
<https://doi.org/10.3390/plants13121678>



Impacto estacional de los recursos florales en los parámetros espermáticos en abejas reinas (*Apis mellifera* L.)

Seasonal impact of floral resources on sperm parameters in queen bees (*Apis mellifera* L.)

María Fernanda Hevia-Lara¹, Álvaro Efrén Domínguez-Rebolledo^{2§}, Juan José Baeza-Rodríguez², Roberto Zamora Bustillos¹, Julio Porfirio Ramón-Ugalde¹, Aaurora Xolalpa-Arocha³

¹Tecnológico Nacional de México (TecNM). Campus Conkal. Av. Tecnológico S/N, Conkal, Yucatán, México. CP 97345. ²INIFAP. Campo Experimental Mocochá, Km. 25 Antigua carretera Mérida-Motul. Mocochá, Yucatán, México. CP 97454. ³Universidad Intercultural Maya de Quintana Roo (UIMQROO), José María Morelos, Quintana Roo, México. CP 778770. [§]Autor de correspondencia: (alvaroedr@gmail.com).

Resumen

La estacionalidad de los recursos florales influye de manera directa en la calidad de las reinas de *Apis mellifera* y en la viabilidad de los espermatozoides almacenados en su espermateca. El objetivo de este estudio fue evaluar el impacto de la estacionalidad de los recursos florales (época de escasez y floración) en dos sitios de la Península de Yucatán (Mococha, Yucatán y José María Morelos (JMM), Quintana Roo) sobre la calidad de los espermatozoides almacenados en la espermateca. Los parámetros espermáticos evaluados incluyeron la concentración, viabilidad, integridad del acrosoma, estrés oxidativo y fragmentación del ADN espermático. Los resultados se analizaron mediante Anova factorial en RStudio. En Mocochá, la viabilidad espermática fue significativamente mayor ($p \leq 0.05$) durante la época de escasez (67.8 %) en comparación con la de floración (31.6 %), mientras que en JMM no se encontraron diferencias significativas en ambas épocas. Durante la época de floración, Mocochá presentó menor viabilidad (31.6 % vs. 52.5 %), pero mayor actividad mitocondrial (66.8 % vs. 41.5 %) e integridad del acrosoma (51.5 % vs. 30.5 %) que JMM. En la época de escasez no se encontraron diferencias significativas ($p > 0.05$) entre ambos sitios para ninguna de las variables evaluadas. Se

concluye que el efecto de la estacionalidad sobre la calidad de los espermatozoides almacenados en la espermateca depende de la localidad de estudio. Mientras que en Mocochá la mayor viabilidad espermática se observó durante la época de escasez, en José María Morelos este parámetro se mantuvo estable entre épocas y presentó los valores más altos durante la floración.

Palabras clave: calidad seminal, estacionalidad, espermateca.

Abstract

The seasonality of floral resources directly influences the quality of *Apis mellifera* queens and the viability of spermatozoa stored in their spermathecae. The objective of this study was to evaluate the effect of floral resource seasonality (dearth and flowering seasons) at two locations in the Yucatán Peninsula (Mocochá, Yucatán, and José María Morelos (JMM), Quintana Roo) on the quality of spermatozoa stored in the spermatheca. The sperm quality parameters evaluated included sperm concentration, viability, acrosome integrity, oxidative stress, and sperm DNA fragmentation. Data were analyzed using a factorial Anova in RStudio. In Mocochá, sperm viability was significantly higher ($p \leq 0.05$) during the dearth season (67.8 %) than during the flowering season (31.6 %), whereas no significant



differences between seasons were observed in JMM. During the flowering season, Mochochá exhibited lower sperm viability (31.6 % vs. 52.5 %) but higher mitochondrial activity (66.8 % vs. 41.5 %) and acrosome integrity (51.5 % vs. 30.5%) than JMM. During the dearth season, no significant differences ($p > 0.05$) were detected between the two locations for any of the evaluated variables. It is concluded that the effect of floral resource seasonality on the quality of spermatozoa stored in the spermatheca depends on the study location. While the highest sperm viability in Mochochá was observed during the dearth season, this parameter remained stable across seasons in José María Morelos and reached its highest values during the flowering season.

Index words: seminal quality, seasonality, spermatheca.

Introducción

La falta de alimento (néctar y polen) durante períodos de escasez impacta directamente la fisiología de la abeja reina, provocando una disminución en la calidad del semen almacenado en la espermateca (Castellanos-Zacarías et al., 2026). La aptitud reproductiva de *Apis mellifera* L. depende de un equilibrio nutricional riguroso, donde el polen es la única fuente de proteínas y lípidos esenciales para el desarrollo de los tejidos germinales (Brodschneider y Crailsheim, 2010). Una nutrición óptima durante las etapas larvales e imago es determinante para la capacidad biosintética de las nodrizas y la producción de jalea real rica en aminoácidos. Estos componentes establecen el soporte metabólico para que los zánganos completen una espermatogénesis exitosa, produciendo eyaculados con alta integridad estructural (Yániz et al., 2020). Sin embargo, en periodos de escasez floral, la reducción en la ingesta de antioxidantes naturales eleva los niveles de estrés oxidativo, comprometiendo la funcionalidad del acrosoma y la motilidad de los gametos (Al-Lawati et al., 2009). Esta desnutrición no solo reduce la cantidad de semen disponible, sino que debilita los procesos

bioquímicos que protegen a los espermatozoides contra la peroxidación lipídica durante su almacenamiento (Paynter y Baer, 2017).

En la Península de Yucatán, la variabilidad estacional de los recursos florales impone un desafío crítico para la estabilidad de las colonias (Cetzal-Ix et al., 2019). Durante los vuelos de fecundación, la reina recolecta semen de múltiples zánganos, el cual es almacenado y seleccionado por la espermateca (Rangel et al., 2013). Este órgano actúa como un filtro biológico activo que mantiene funcionales a los espermatozoides durante periodos prolongados. No obstante, la falta de antioxidantes y la calidad de la proteína en el polen durante la época de escasez reduce la protección del material espermático ya almacenado, provocando fallos prematuros en la postura y el reemplazo de reinas (Pettis et al., 2016). Es por eso que el objetivo de esta investigación fue evaluar el impacto de la estacionalidad de los recursos florales (época de escasez vs. época de floración) en dos condiciones geográficas y climáticas de la Península de Yucatán sobre los parámetros de calidad de los espermatozoides encapsulados en la espermateca de abejas reina (*A. mellifera* L.). De esta manera, se asume que las fluctuaciones estacionales en la disponibilidad y diversidad de polen y néctar alteran significativamente la integridad estructural, la actividad metabólica mitocondrial y la viabilidad del semen almacenado, registrándose un detrimento marcado de la aptitud seminal durante el periodo estacional de escasez de recursos florales.

Materiales y métodos

La investigación se llevó a cabo en el Campo Experimental Mochochá del INIFAP en Yucatán (21°06'N, 89°27'W) y en la Universidad Intercultural Maya en José María Morelos, Quintana Roo (19°44'N, 88°42'W).

Se realizó un diseño aleatorio factorial 2×2. Se utilizó un modelo lineal de efectos fijos donde las variables de respuesta fueron: viabilidad, actividad mitocondrial, concentración, motilidad, integridad



del acrosoma, reacción oxidativa y fragmentación del ADN. Como variables independientes tenemos el sitio (Mocohá y JMM) y la estacionalidad de los recursos florales de la época de escasez (agosto-octubre de 2025) y floración (febrero-mayo de 2025). Se seleccionaron 16 abejas reinas de *A. mellifera* de edad homogénea (un mes), siguiendo los protocolos de disección estandarizados por Carreck et al. (2013). El procedimiento incluyó la inmovilización por enfriamiento y la disección de la espermateca. Se determinó la concentración espermática mediante una cámara de Neubauer, la viabilidad mediante tinción con eosina-nigrosina (Collins, 2004), la integridad del acrosoma mediante tinción con azul de Coomassie, la actividad mitocondrial con la tinción JC-1, para el estrés oxidativo y la fragmentación del ADN espermático mediante tinción con azul de toluidina (Borsuk et al., 2018). Los datos se analizaron mediante Anova factorial de dos vías. Para la comparación de medias se utilizó la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$), utilizando RStudio.

Resultados y discusión

En Mocohá, únicamente la viabilidad espermática fue mayor ($p \leq 0.05$) durante la época de escasez (67.8 %) en comparación con la época de floración (31.6 %), mientras que en JMM no se encontraron diferencias significativas en ambas épocas (Figura 1). Estos resultados sugieren que la respuesta de la viabilidad espermática a la estacionalidad puede variar entre localidades, posiblemente como consecuencia de diferencias en las condiciones ambientales y en la disponibilidad de recursos florales. Aunque la época de floración suele relacionarse con una mayor disponibilidad de recursos nutricionales, factores ambientales como la temperatura, humedad, estrés oxidativo y el estado fisiológico de las colonias también pueden influir en la supervivencia de los espermatozoides almacenados en la espermateca (Collins et al., 2004; Paynter et al., 2017). Asimismo, se ha

documentado que condiciones ambientales adversas pueden alterar la viabilidad espermática debido al incremento del metabolismo celular y de la producción de especies reactivas de oxígeno, favoreciendo procesos de estrés oxidativo, daño espermático y reducción de la estabilidad celular dentro de la espermateca (McAfee et al., 2020).

Al comparar ambos sitios durante la época de floración, Mocohá presentó menor viabilidad espermática que José María Morelos (31.6 % vs. 52.5 %), pero mayor actividad mitocondrial (66.8 % vs. 41.5 %) e integridad del acrosoma (51.5 % vs. 30.5 %) (Tabla 1). En contraste, durante la época de escasez no se detectaron diferencias significativas ($p > 0.05$) entre ambos sitios para ninguna de las variables evaluadas. Estas diferencias podrían estar relacionadas con las características climáticas y florísticas propias de cada localidad, las cuales pueden modificar el ambiente fisiológico en el que los espermatozoides permanecen almacenados. No obstante, el significado biológico de la mayor actividad mitocondrial observada en Mocohá durante la floración debe interpretarse con cautela, ya que en los espermatozoides almacenados de *Apis mellifera* la conservación de un metabolismo reducido constituye un mecanismo asociado con su supervivencia a largo plazo (Paynter et al., 2017). Por su parte, la integridad del acrosoma es un indicador importante de la estabilidad estructural de los espermatozoides y de su potencial fecundante (Collins & Donoghue, 1999).

Los resultados obtenidos indican que el efecto de la estacionalidad sobre la calidad espermática depende de la localidad de estudio. Aunque la disponibilidad de recursos florales constituye un factor relevante para el desarrollo de las colonias, las diferencias observadas sugieren que otros factores ambientales, como las condiciones microclimáticas, la composición florística y el



Tabla I. Comparación de los parámetros espermáticos en función del sitio de estudio (Mocochá y José María Morelos) y la época (floración y escasez).

Sitio/Época	Viabilidad (%)	Actividad mitocondrial	Concentración ($\times 10^6$ espermatozoides μL^{-1})	Motilidad (I-4)	Integridad acrosoma (%)	Estrés oxidativo (%)	Fragmentación ADN (%)
Mocochá/floración	31.6 ± 12.0^b	66.8 ± 13.6^a	5.12 ± 1.89^a	2.25 ± 0.50^a	51.5 ± 19.9^a	18.5 ± 5.8^a	28.3 ± 15.4^a
JMM/floración	52.5 ± 3.7^a	41.5 ± 10.7^b	4.77 ± 1.66^a	1.75 ± 0.96^a	30.5 ± 4.2^b	26.0 ± 11.6^a	43.5 ± 9.5^a
Mocochá/escasez	67.8 ± 15.4^a	57.0 ± 11.6^a	5.42 ± 0.50^a	2.75 ± 0.50^a	56.3 ± 18.9^a	22.5 ± 11.9^a	36.3 ± 11.3^a
JMM/escasez	55.8 ± 10.0^a	51.8 ± 23.1^a	5.72 ± 3.13^a	2.00 ± 0.82^a	44.3 ± 15.4^a	20.5 ± 17.7^a	34.5 ± 20.2^a

JMM = José María Morelos. Diferentes letras en la misma columna indican diferencias significativas (Tukey, 0.05). Media $\pm$ error estándar (n = 4).

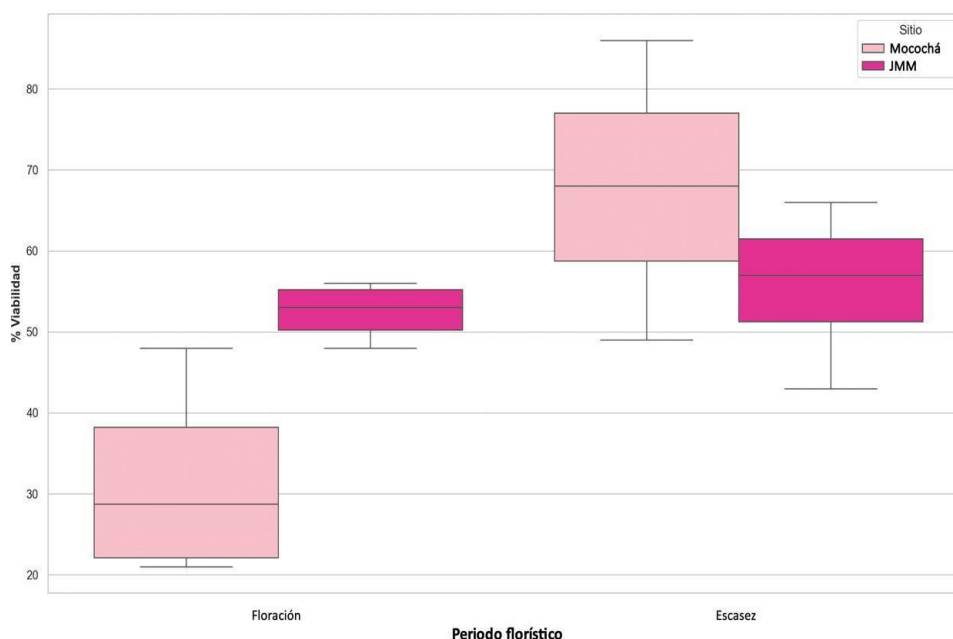


Figura 1. Efecto del sitio de estudio (Mocochá y José María Morelos (JMM)) y de la época (floración y escasez) sobre la viabilidad espermática de reinas de *Apis mellifera*.

estado nutricional de las colonias, podrían modular la viabilidad de los espermatozoides almacenados en la espermateca. Estudios futuros que incluyan una caracterización detallada de la oferta floral y de las condiciones ambientales permitirán comprender con mayor precisión los mecanismos responsables de estas diferencias entre localidades.

Conclusiones

La respuesta de la viabilidad espermática almacenada en la espermateca de las reinas de *Apis mellifera* a la estacionalidad de los recursos florales fue dependiente del sitio de estudio. En Mocochá, la mayor viabilidad se observó durante la época de escasez, mientras que en José María Morelos (JMM) los valores más altos se registraron durante la época de floración, lo que sugiere que factores ambientales locales modulan la calidad espermática almacenada.



Agradecimientos

La presente investigación fue financiada por el proyecto TecNM 25551.26-P.

Referencias

- Al-Lawati, H., Kamp, G., & Bienefeld, K. (2009). Characteristics of the spermathecal fluid in honeybee queens (*Apis mellifera* L.). *Journal of Insect Physiology*, 55(2), 117–122. <https://doi.org/10.1016/j.jinsphys.2008.10.010>
- Borsuk, G., Ptasińska, A. A., Olszewski, K., Dombrowska, O., & Paleolog, J. (2018). Evaluation of honeybee (*Apis mellifera*) drone sperm DNA fragmentation using Toluidine Blue staining. *Animal Reproduction Science*, 192, 134–141. <https://doi.org/10.1016/j.jinsphys.2008.10.010>
- Brodtschneider, R., & Crailsheim, K. (2010). Nutrition and protein turnover in honeybees (*Apis mellifera*). *Apidologie*, 41(3), 330–348. <https://doi.org/10.1051/apido/2010012>
- Castellanos-Zacarias, C. A., Domínguez-Rebolledo, Á. E., Vivas-Rodríguez, J. A., Baeza-Rodríguez, J. J., Ramón-Ugalde, J. P., Loeza-Concha, H. J., & Zamora-Bustillos, R. (2026). Reproductive Performance and Sperm Quality in the Spermatheca of *Apis mellifera* Queens as a Function of Fertilization Method and Floral Availability. *Journal of Applied Entomology*, 150(5), 549–561. <https://doi.org/10.1111/jen.70061>
- Carreck, N. L., Andree, M., Brent, C. S., Cox-Foster, D., Dade, H. A., Ellis, J. D., Hatjina, F., & vanEngelsdorp, D. (2013). Standard methods for *Apis mellifera* anatomy and dissection. *Journal of Apicultural Research*, 52(4), 1–40. <https://doi.org/10.3896/IBRA.1.52.4.03>
- Cetzal-Ix, W., Noguera-Savelli, E., & Jáuregui, D. (2019). *Flora apícola y calendarios florales en la Península de Yucatán, México: Una revisión crítica*. Desde el Herbario CICY.
- Collins, A.M. and Donoghue, A.M. (1999). Viability assessment of honey bee, *Apis mellifera*, sperm using dual fluorescent staining. *Theriogenology*, 51(8), 1513–23. [https://doi.org/10.1016/s0093-691x\(99\)00094-1](https://doi.org/10.1016/s0093-691x(99)00094-1)
- Collins, A.M., Williams, V., and Evans, J.D. (2004). Sperm storage and antioxidative enzyme expression in the honey bee, *Apis mellifera*. *Insect Mol Biol*, 13(2), 141–6. <https://doi.org/10.1111/j.0962-1075.2004.00469.x>
- McAfee, A., Milone, J., Chapman, A., Foster, L. J., Pettis, J. S., & Tarpy, D. R. (2020). Candidate stress biomarkers for queen failure diagnostics. *BMC genomics*, 21(1), 571. <https://doi.org/10.1186/s12864-020-06992-2>
- Paynter, E., Millar, A. H., Welch, M., Baer-Imhoof, B., Cao, D., & Baer, B. (2017). Insights into the molecular basis of long-term storage and survival of sperm in the honeybee (*Apis mellifera*). *Scientific Reports*, 7(1), 40236. <https://doi.org/10.1038/srep40236>
- Pettis, J. S., Rice, N., Joselow, K., vanEngelsdorp, D., & Chaimanee, V. (2016). Colony failure linked to low sperm viability in honey bee (*Apis mellifera*) queens and an exploration of potential causative factors. *PloS one*, 11(2), e0147220. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0147220>
- Rangel, J., Keller, J. J., & Tarpy, D. R. (2013). The effects of honey bee (*Apis mellifera* L.) queen reproductive potential on colony growth. *Insectes sociaux*, 60(1), 65–73. <https://doi.org/10.1007/s00040-012-0267-1>
- Yániz, J. L., Silvestre, M. A., & Santolaria, P. (2020). Sperm quality assessment in honey bee drones. *Biology*, 9(7), 174. <https://doi.org/10.3390/biology9070174>



Efecto protector del plasma seminal y el antioxidante crocina sobre la integridad del ADN espermático
ovino criopreservado

Protective effect of seminal plasma and the antioxidant crocin on the DNA integrity of cryopreserved ovine
spermatozoa

Andrea Chan-Borges¹, Álvaro Domínguez-Rebolledo², Julio Ramón-Ugalde¹, Juan Baeza-Rodríguez², Diana
Canché-Martín^{1§}, Benjamín Ortiz-de la Rosa¹

¹Tecnológico Nacional de México (TecNM). Instituto Tecnológico de Conkal. Conkal, Yucatán, México. CP 97345. ²Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). CE Mocochá. Mocochá, Yucatán, México. CP 97454. [§]Autor de correspondencia: (lauranaid@gmail.com).

Resumen

El objetivo del estudio fue evaluar el efecto de la adición de plasma seminal (20 %) y el antioxidante crocina (1 mM), de forma individual y combinada, sobre la fragmentación del ADN espermático del semen ovino descongelado e incubado durante 0 h (30 min post-descongelación) y 4 h a 37 °C. Se establecieron cuatro tratamientos: Control (sin adición), crocina (T1), plasma seminal (T2) y plasma seminal + crocina (T3). Los eyaculados de cuatro ovinos fueron mezclados, diluidos y criopreservados; los aditivos se incorporaron en fracciones independientes dentro de la pajuela, permitiendo su contacto a la descongelación. Tras la criopreservación en pajuelas de 0.5 mL y descongelación a 37 °C por 30 s, se evaluó el índice de fragmentación del ADN (IFA) mediante la tinción con azul de toluidina (AT). A las 0 h y a las 4h, el Control y el T1 presentaron mayor daño en el ADN espermático ($p \leq 0.05$), mientras que el T2 y T3 mantuvieron menores porcentajes de daño durante todo el periodo de incubación, evidenciando un efecto protector sobre la integridad del ADN. En conclusión, el plasma seminal (T2), tanto de forma individual como en combinación con el antioxidante crocina (T3), reduce el daño del ADN espermático ovino descongelado e incubado.

Palabras clave: crocina, ovino, plasma seminal.

Abstract

The objective of this study was to evaluate the effect of seminal plasma addition (20%) and the antioxidant crocin (1 mM), individually and in combination, on sperm DNA fragmentation of thawed ovine semen incubated for 0 h (30 min post-thawing) and 4 h at 37 °C. Four treatments were established: Control (no addition), crocin (T1), seminal plasma (T2), and seminal plasma + crocin (T3). Ejaculates from four rams were pooled, diluted, and cryopreserved; additives were incorporated into independent fractions within the straw, allowing contact upon thawing. Following cryopreservation in 0.5 mL straws and thawing at 37 °C for 30 s, the DNA fragmentation index was assessed using toluidine blue (TB) staining. At both 0 h and 4 h, the Control and T1 showed greater sperm DNA damage ($p \leq 0.05$), whereas T2 and T3 maintained lower damage percentages throughout the entire incubation period, evidencing a protective effect on DNA integrity. In conclusion, seminal plasma (T2), both individually and in combination with the antioxidant crocin (T3), reduces DNA damage in thawed and incubated ovine spermatozoa.

Index words: crocin, sheep, seminal plasma.



Introducción

La criopreservación del semen ovino es una herramienta estratégica en los programas de mejoramiento genético y de conservación de los recursos zoogenéticos. Sin embargo, el proceso de congelación y descongelación ocasiona alteraciones estructurales y funcionales en los espermatozoides asociadas principalmente al incremento del estrés oxidativo (Soria et al., 2025). La integridad de la cromatina espermática es fundamental, ya que garantiza una fertilización exitosa y un desarrollo embrionario adecuado. Sin embargo, esta se ve comprometida principalmente por el estrés oxidativo, proceso que ocurre cuando existe un desequilibrio entre la producción de especies reactivas de oxígeno (ROS) y la capacidad antioxidante del espermatozoide (Bodu et al., 2025; Soria et al., 2022). Entre los daños más relevantes derivados de este desequilibrio se encuentra la fragmentación del ADN espermático, que afecta la fertilidad del macho al comprometer la capacidad del espermatozoide de transmitir información genética íntegra al ovocito (Hernández et al., 2025). Si bien un espermatozoide con daño en el ADN puede fertilizar un ovocito, las fallas en el desarrollo embrionario subsecuente comprometen el éxito reproductivo (Soza et al., 2023).

Proteger la integridad del ADN espermático frente al estrés oxidativo ha cobrado gran relevancia. El uso del plasma seminal y de los antioxidantes naturales, como la crocina, han sido explorados como alternativas para proteger la integridad del material genético espermático. El plasma seminal desempeña un papel fundamental en la protección y funcionalidad espermática gracias a su composición bioquímica rica en proteínas, enzimas antioxidantes y metabolitos reguladores del estado redox (Castellón et al., 2018; Warr et al., 2025). Por su parte, la crocina es un carotenoide hidrofílico extraído del azafrán

(*Crocus sativus* L.) con demostrada capacidad para neutralizar las ROS y reducir el daño oxidativo en células germinales (Domínguez et al., 2010; Rodríguez et al., 2020). Considerando que el plasma seminal aporta un conjunto fisiológico de factores protectores, mientras que la crocina ejerce una acción antioxidante específica, su posible efecto combinado podría constituir una estrategia eficaz para optimizar los protocolos de criopreservación seminal.

Por lo tanto, el objetivo del presente estudio es evaluar el efecto protector del plasma seminal (20 %) y el antioxidante crocina (1mM) de forma individual y combinada sobre el ADN espermático ovino criopreservado.

Materiales y métodos

El estudio se llevó a cabo en el Instituto Tecnológico de Conkal (colecta de semen y plasma seminal) y en el INIFAP Campo Experimental Mocochá (criopreservación y evaluaciones espermáticas), ambos en Yucatán, México. Se utilizaron ocho ovinos machos de la raza Blackbelly (2.0 ± 0.5 años; 42.5 ± 2.9 kg): cuatro para la colecta de semen y cuatro vasectomizados para la obtención de plasma seminal. Se colectaron 32 eyaculados (8 eyaculados/ovino) mediante vagina artificial con hembra maniquí, seleccionados con base en los criterios de calidad seminal establecidos por Castellanos et al. (2023). El plasma seminal fue conformado en pool, alicuotado y almacenado a -20°C hasta su uso. Los eyaculados se diluyeron con OptiXcell® a una concentración final de 400×10^6 esp mL⁻¹; previo a la congelación, el semen se envasó en pajillas de 0.5 mL (concentración de 100×10^6) espermatozoides por pajilla. El llenado se realizó de manera segmentada de acuerdo con el tratamiento correspondiente: Control (sin adición), T1 (crocina 1 mM), T2 (plasma seminal 20 %) y T3 (plasma seminal + crocina), cada componente se colocó de forma independiente separado por espacios de aire con el fin de evitar el contacto directo entre ellos durante el proceso de



criopreservación y permitir que dicha interacción ocurriera únicamente tras la descongelación.

Las pajillas se enfriaron a 5°C durante 4 h y se congelaron colocándolas a 4 cm sobre la superficie del nitrógeno líquido (LN2) durante 10 min, para posteriormente sumergirlas en LN2 hasta su evaluación. La descongelación del semen se realizó en baño maría a 37°C/30 s; evaluándose a las 0 h (30 min post-descongelación) y 4 h de incubación a 37°C. El índice de fragmentación del ADN espermático (IFA) se evaluó mediante tinción con azul de toluidina (AT) de acuerdo con Soza et al. (2024). Se depositaron 7 µL de la muestra espermática diluida en PBS ($\sim 30 \times 10^6$ espermatozoides mL⁻¹) sobre un portaobjetos para realizar un frotis, que se dejó secar al aire. Posteriormente, el frotis se introdujo en un frasco de Coplin que contenía la solución de Carnoy (metanol:ácido acético, 3:1), donde se fijó durante cinco minutos a temperatura ambiente, y se dejó secar nuevamente. Una vez seco, el frotis se introdujo en otro frasco de Coplin que contenía la solución de AT al 0.05 % en tampón McIlvaine (pH 4.0), y se tiñó durante cinco minutos a temperatura ambiente. Tras enjuagues con agua

destilada y secado, las preparaciones se observaron al microscopio de campo claro evaluando ≥ 200 espermatozoides por frotis. Los espermatozoides con tinción azul claro se clasificaron como cromatina normal y los de tinción azul oscuro o violeta como cromatina dañada, el IFA se expresó como el porcentaje de células con cromatina dañada. Para el análisis de la fragmentación del ADN se ajustó un GLM con distribución binomial y función de enlace logit, considerando el Tratamiento, el Tiempo de incubación y su interacción como efectos principales, mediante el software R v4.3.1.

Resultados y discusión

A las 0 h, el Control (3.9 ± 0.49 %) y el T1 (3.1 ± 0.45 %) presentaron mayor daño en el ADN respectivamente, mientras que T2 (2.2 ± 0.33 %) y T3 (2.1 ± 0.35 %) mostraron los valores más bajos ($p \leq 0.05$).

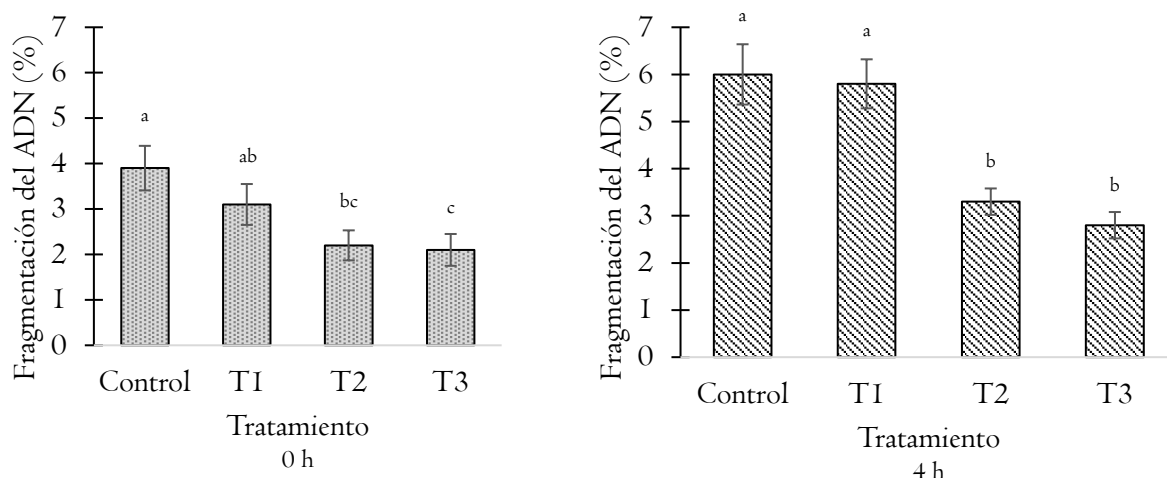


Figura 3. Porcentaje de fragmentación del ADN espermático (media $\pm$ DE) a las 0 h y 4 h de incubación post-descongelación. ADN = ácido desoxirribonucleico; DE = desviación estándar. ^{ab} Literales diferentes entre tratamientos dentro de cada hora indican diferencias significativas ($p < 0.05$). Control = sin adición; T1 = crocina (1mM); T2 = plasma seminal (20%); T3 = plasma seminal + crocina.



A las 4 h, el daño aumentó en todos los tratamientos, sin embargo, el T2 ($3.3 \pm 0.28 \%$) y T3 ($2.8 \pm 0.28 \%$) mantuvieron niveles menores respecto al Control ($6.0 \pm 0.64 \%$) y T1 ($5.8 \pm 0.52 \%$) ($p \leq 0.05$) evidenciando un efecto protector sostenido durante todo el tiempo de incubación (**Figura 1**). El mayor daño en el ADN espermático observado en el grupo Control y T1 a las 0 h refleja el efecto del estrés oxidativo inducido por la criopreservación en ausencia de factores protectores coincidiendo con lo reportado por Peris-Frau et al. (2020) en espermatozoides ovinos, quienes señalaron que el proceso de criopreservación genera un incremento en la producción de ROS que compromete la estabilidad del ADN espermático.

Por otro lado, los valores bajos de fragmentación en T2 y T3 durante toda la incubación sugieren que el plasma seminal, solo o en combinación con crocina ejerce un efecto protector sostenido del plasma seminal, atribuible al contenido de enzimas antioxidantes que neutralizan las ROS generadas tras la descongelación (Berean et al., 2024). En el caso del T1, el porcentaje de fragmentación del ADN no difirieron del Control a las 4 h, lo que sugiere que la acción antioxidante de la crocina, aunque presente, resulta insuficiente para mantener la estabilidad de la cromatina durante una incubación prolongada, coincidiendo con lo reportado por Longobardi et al. (2020), quienes observaron que los efectos de la crocina sobre la integridad del ADN son dependientes de la especie y del protocolo empleado.

Conclusión

El plasma seminal (T2), tanto de forma individual como en combinación con el antioxidante crocina (T3), reduce el daño del ADN espermático ovino en muestras descongeladas e incubadas.

Agradecimientos

Los resultados aquí presentados forman parte del proyecto TecNM 22147.25-P, financiado por el Tecnológico Nacional de México (TecNM).

Referencias

- Berean, D. I., Bogdan, L. M., y Cimpean, R. (2024). Advancements in understanding and enhancing antioxidant-mediated sperm cryopreservation in small ruminants: Challenges and perspectives. *Antioxidants*, 13(6), 624. <https://doi.org/10.3390/antiox13060624>
- Bodu, M., Hitit, M., Sari, A., Kirbas, M., Bulbul, B., Ataman, M. B., Bucak, M. N., Parrish, J., Kaya, A., y Memili, E. (2025). Sperm cellular and nuclear dynamics associated with ram fertility. *Frontiers in Veterinary Science*, 12, 1577004. <https://doi.org/10.3389/fvets.2025.1577004>
- Castellanos-Zacarías, C. A., Ramón-Ugalde, J. P., Loeza-Concha, H. J., Zamora-Bustillos, R., Pinzón-López, L. L., Rodríguez-Gutiérrez, G. I. y Domínguez-Rebolledo, A. E. (2023). Effect of two animal protein-free extenders on cryopreservation of Pelibuey and Blackbelly ram semen. *Veterinaria México OA*, 10. <https://doi.org/10.22201/fmvz.24486760e.2023.1022>
- Castellón, E., Cesari, A. y Fornés, M. (2018). *Biología de la gameta masculina: Desde lo básico a nuevos enfoques para preguntas conocidas*. Editorial Universitaria Eudem. <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/138315>
- Domínguez Rebolledo, A. E., Fernández-Santos, M. R., Bisbal, A., Ros-Santaella, J. L., Ramón, M., Carmona, M., Martínez-Pastor, F., y Garde, J. J. (2010). Improving the effect of incubation and oxidative stress on thawed spermatozoa from red deer by using different antioxidant treatments. *Reproduction, Fertility*



and Development, 22(5), 856–870.

<https://doi.org/10.1071/RD09197>

Hernández Carrillo, E. J., Cárdenas Padilla, A. J., Alcantar Rodríguez, A., y Medrano Hernández, J. A. (2025). Evaluación de la fragmentación de ADN de espermatozoides de caprino utilizando protocolos con naranja de acridina. *Sper Domus*, 21(1), 1–12. <https://doi.org/10.16925/2382-4247.2025.01.02>

Longobardi, V., Zullo, G., Cotticelli, A., Salzano, A., Alberio, G., Navas, L., Rufrano, D., Claps, S., y Neglia, G. (2020). Crocin improves the quality of cryopreserved goat semen in different breeds. *Animals*, 10(6), 1101. <https://doi.org/10.3390/ani10061101>

Peris-Frau, P., Soler, A. J., Iniesta-Cuerda, M., Martín-Maestro, A., Sánchez-Ajofrín, I., Medina-Chávez, D. A., Fernández-Santos, M. R., García-Álvarez, O., Maroto-Morales, A., Montoro, V., y Garde, J. J. (2020). Sperm cryodamage in ruminants: Understanding the molecular changes induced by the cryopreservation process to optimize sperm quality. *International Journal of Molecular Sciences*, 21(8), 2781. <https://doi.org/10.3390/ijms21082781>

Rodríguez Gutiérrez, I., Domínguez-Rebolledo, A., Loeza-Concha, H., Castellanos-Zacarías, C., Tun-Moo, M., y Ramón-Ugalde, J. (2020). Efecto de los antioxidantes Trolox y crocina sobre la criopreservación del semen de ovino

Pelibuey. *Abanico Veterinario*, 10, e2.

<https://doi.org/10.21929/abavet2020.4>

Soria-Meneses, P. J., Jurado-Campos, A., Gómez-Rubio, V., Sánchez-Ajofrín, I., Soler, A. J., Garde, J. J., y Fernández-Santos, M. R. (2022). Determination of ram (*Ovis aries*) sperm DNA damage due to oxidative stress: 8-OHdG immunodetection assay vs. SCSA®. *Animals*, 12(23), 3286. <https://doi.org/10.3390/ani12233286>

Soria-Meneses, P. J., Jurado-Campos, A., Rubio de Juan, A., Montoro Angulo, V., Soler, A. J., Garde, J. J., Fernández, M. R., y Fernández-Santos, M. R. (2025). Effects of long-term cryopreservation on sperm quality and oxidative stress in Manchega rams (*Ovis aries*). *Reproduction*, 170(4). <https://doi.org/10.1530/REP-24-0402>

Soza-Mata, M. F., Domínguez-Rebolledo, Á. E., Baeza-Rodríguez, J. J., Loeza-Concha, H., y Ramón-Ugalde, J. P. (2024). Technique comparison to assess sperm DNA fragmentation in hair ram. *Agro Productividad*. <https://doi.org/10.32854/agrop.v17i9.2758>

Warr, S., Pini, T., de Graaf, S. P. y Rickard, J. P. (2025). Seminal plasma protects frozen-thawed ram spermatozoa from neutrophil attack: A complement-mediated dynamic. *Reproduction*, 170(2). <https://doi.org/10.1530/REP-24-0465>



Análisis de la variabilidad morfoestructural del cerdo criollo del estado de Yucatán

Morphostructural Variability Analysis of Creole Pigs in the State of Yucatan

Naomi del Carmen Cih-Angulo^{1§}, Ángel Carmelo Sierra-Vásquez¹, Raciél Javier Estrada-León², Julio Cesar Rodríguez-Perez¹

¹Tecnológico Nacional de México (TecNM). Instituto Tecnológico de Conkal. Av. Tecnológico s/n, Conkal, Yucatán, México. CP. 97345. ²TecNM. Instituto Tecnológico Superior de Calkiní. Av. Ah Canul s/n por Carretera Federal, Calkiní, Campeche, México. CP. 24900. §Autor de correspondencia: (MMI19800376@conkal.tecnm.mx).

Resumen

El cerdo criollo (*Sus scrofa domesticus*), constituye un recurso zoogenético importante en los sistemas de producción tradicionales del estado de Yucatán; sin embargo, su caracterización morfoestructural aún no se ha realizado. El objetivo del presente estudio fue identificar y caracterizar los rasgos de conformación corporal que definen la forma, la estructura y las proporciones de la población del cerdo criollo mediante la agrupación de individuos con base en sus similitudes. Se evaluaron 257 cerdos de diferentes unidades de producción pecuaria (UPP), registrando 11 variables de estudio de tipo morfométricas. Para el análisis de los datos se utilizaron la estadística descriptiva y un análisis jerárquico de conglomerados mediante el método de Ward y la distancia euclidiana. Los resultados evidenciaron una importante variabilidad morfoestructural en toda la población, destacándose el peso vivo como la característica más variable (CV = 35.7 %). El análisis de conglomerados permitió agrupar tres morfotipos diferentes que se clasificaron en: grande, intermedio y pequeño, con diferencias marcadas en sus características morfoestructurales. El morfotipo grande presentó las mayores dimensiones corporales, mientras que el pequeño

agrupó a los individuos de menor talla y el intermedio representó una combinación de ambos, siendo este el biotipo más predominante. Se puede concluir que la población del cerdo criollo en Yucatán presenta una alta heterogeneidad morfoestructural, lo que refleja su diversidad fenotípica, aptitud productiva cárnica y capacidad de adaptación a su entorno, constituyendo así una base importante para el fomento de estrategias de conservación y aprovechamiento que le otorguen valor agregado a este recurso zoogenético.

Palabras clave: adaptación al medio, aptitud productiva, cerdo criollo, conformación corporal, variabilidad fenotípica.

Abstract

The Creole pig (*Sus scrofa domesticus*) is an important zoogenetic resource in the traditional production systems of the state of Yucatán; however, its morphostructural characterization has not yet been conducted. The objective of the present study was to identify and characterize the body conformation traits that define the shape, structure, and proportions of the Creole pig population by grouping individuals based on their similarities. A total of 257 pigs from different livestock production units (LPU) were evaluated, with 11 morphometric variables recorded.



Descriptive statistics and hierarchical cluster analysis using Ward's method and Euclidean distance were applied for data analysis. The results revealed significant morphostructural variability throughout the population, with live weight showing the highest variability (CV = 35.7 %). Cluster analysis allowed the identification of three different morphotypes classified as large, intermediate, and small, with marked differences in their morphostructural characteristics. The large morphotype exhibited the greatest body dimensions, whereas the small morphotype grouped the smallest individuals, and the intermediate morphotype represented a combination of both, being the most predominant biotype. It can be concluded that the Creole pig population in Yucatán presents high morphostructural heterogeneity, reflecting its phenotypic diversity, meat production aptitude, and adaptability to its environment. This provides an important basis for promoting conservation and utilization strategies that add value to this zoogenetic resource.

Index words: environmental adaptation, productive aptitude, creole pig, body conformation, phenotypic variability.

Introducción

El cerdo criollo (*Sus scrofa domesticus*) constituye un recurso zoogenético de gran relevancia en los sistemas de producción tradicionales de América Latina, en particular en regiones tropicales como el estado de Yucatán. Estos animales se caracterizan por su alta capacidad de adaptación a condiciones ambientales adversas, por el manejo extensivo y por una alimentación basada en recursos locales, lo que les confiere rusticidad y resistencia a enfermedades. Sin embargo, a pesar de su importancia productiva, cultural y genética, el cerdo criollo ha sido desplazado progresivamente por razas comerciales, lo que pone en riesgo la conservación de sus características distintivas (Lemus-Flores, 2008).

Las características morfoestructurales constituyen un elemento fundamental para la descripción fenotípica de las poblaciones animales, ya que permiten evaluar la conformación corporal y su relación con la aptitud productiva. En cerdos criollos, variables como el peso corporal, la longitud corporal, la altura a la cruz, el perímetro torácico y las dimensiones cefálicas han sido ampliamente utilizadas para su caracterización, lo que evidencia variabilidad morfológica entre poblaciones y regiones (Montaldo et al., 2016). Asimismo, el análisis de índices zoométricos derivados de estas mediciones permite identificar patrones raciales y funcionales, lo que contribuye a la diferenciación de biotipos dentro de una misma población (Hernández-Baca et al., 2017).

En México, diversos estudios han abordado la caracterización fenotípica y morfométrica del cerdo criollo, destacando diferencias asociadas al entorno geográfico y a los sistemas de producción, lo que refleja la diversidad genética y adaptativa de estas poblaciones (Ángel-Hernández et al., 2022). En particular, en la península de Yucatán, el cerdo criollo, conocido localmente como “pelón mexicano”, presenta rasgos distintivos asociados a su adaptación al clima tropical húmedo y a sistemas de traspatio (Ángel-Hernández et al., 2020). En este contexto, el análisis de las características morfoestructurales del cerdo criollo en Yucatán resulta esencial para su adecuada caracterización, conservación y aprovechamiento.

Por lo tanto, el objetivo del presente estudio es identificar y caracterizar la estructura morfométrica del cerdo criollo del estado de Yucatán, mediante la agrupación de individuos con base en sus similitudes, con el propósito de revelar patrones estructurales distintivos dentro de la población y aportar elementos clave para el diseño de estrategias de mejoramiento genético y de conservación de este valioso recurso zoogenético.

Materiales y métodos



Se evaluaron 257 cerdos criollos provenientes de distintas unidades de producción ubicadas en municipios del estado de Yucatán, seleccionados mediante observación dirigida, con base en los criterios establecidos por Sierra et al. (2016). En cada individuo se registraron 11 variables morfométricas, obtenidas a partir de mediciones lineales realizadas en los planos horizontales del cuerpo. Para ello, se emplearon instrumentos como cinta métrica para medir perímetros, bastón zoométrico para medir alzadas y calibrador Vernier para medir longitudes y anchuras; adicionalmente, se registró el peso vivo mediante una báscula digital.

El análisis estadístico incluyó, en primera instancia, la estadística descriptiva (media, desviación estándar y coeficiente de variación) para caracterizar la variabilidad de las variables evaluadas. Posteriormente, las variables fueron estandarizadas (media = 0, desviación estándar = 1) para eliminar el efecto de escala y evitar la influencia desproporcionada de las variables con mayor variabilidad en la formación de los grupos. Finalmente, se realizó un análisis jerárquico de conglomerados utilizando el método de Ward y la distancia euclidiana, con el propósito de agrupar a los individuos en función de la similitud de sus características morfométricas, lo que permitió identificar patrones estructurales dentro de la población estudiada. Todos los análisis

estadísticos se llevaron a cabo mediante el programa STATGRAPHICS Centurion XVI versión 16.2.04

Resultados y discusión

La estadística descriptiva de las características morfoestructurales del cerdo criollo del estado de Yucatán ($n = 257$) evidenció una variabilidad considerable en la población de estudio (**Tabla I**). El peso vivo presentó el mayor coeficiente de variación (35.69 %), lo que indica una marcada heterogeneidad asociada a diferencias en el sexo, manejo, alimentación y ambiente, como se ha reportado por Lemus-Flores (2008). En contraste, la longitud corporal (9.91 %) mostró menor variabilidad, mientras que otras medidas lineales, como la longitud de cabeza (12.72 %) y de jamón (13.03 %), presentaron variabilidad moderada, lo cual coincide con lo señalado por Montaldo et al. (2016) sobre la estabilidad relativa de las variables longitudinales.

Variables como el ancho de grupa (17.79 %), perímetro torácico (16.55 %) y perímetro abdominal (16.78 %) mostraron variabilidad intermedia, lo que refleja diferencias en la conformación corporal y la capacidad productiva, en concordancia con lo reportado por Hernández-Baca et al. (2017).

Tabla I. Estadística descriptiva de las características morfoestructurales del cerdo criollo de Yucatán.

Variable	n	Media	Desviación estándar	Coeficiente de variación (%)
Peso vivo (kg)	257	59.62	21.28	35.6
Longitud de cabeza (cm)	257	29.05	3.69	12.7
Longitud de hocico (cm)	257	17.41	3.02	17.4
Longitud corporal (cm)	257	99.0	9.65	9.9
Longitud de jamón (cm)	257	29.71	3.87	13.0
Longitud de la grupa (cm)	257	26.45	3.85	14.5
Ancho de grupa (cm)	257	19.15	3.40	17.8
Alzada a la cruz (cm)	257	59.08	7.85	13.3
Alzada a la grupa (cm)	257	63.87	9.10	14.2
Perímetro torácico (cm)	257	90.08	15.07	16.5
Perímetro abdominal (cm)	257	94.46	15.85	16.8



De manera similar, las alzas presentaron una variación moderada, lo que sugiere cierta uniformidad estructural, como se ha observado en poblaciones del sureste mexicano (Ángel-Hernández et al., 2020). En conjunto, estos resultados confirman una importante variabilidad morfoestructural, atribuible a la diversidad genética y a la adaptación a distintas condiciones de producción, en concordancia con estudios realizados en cerdos criollos de América Latina (Groenen et al., 2021; Montaldo et al., 2016).

El análisis de conglomerados jerárquico (**Figura I**) permitió identificar tres grupos morfoestructurales diferenciados dentro de la población evaluada, con una distribución equilibrada: 39.69 % en el tipo intermedio, 30.35 % en el tipo pequeño y 29.96 % en el tipo grande, lo que evidencia una importante variabilidad estructural en el cerdo criollo de Yucatán. El tipo

grande (morfortipo 3) presentó los valores más altos en las variables morfométricas, destacando la longitud corporal, alzas y perímetros, lo que indica una conformación robusta y mayor desarrollo corporal, posiblemente asociado a una mayor aptitud cárnica (Montaldo et al., 2016). En contraste, el tipo pequeño (morfortipo 2) agrupó a los individuos con menores dimensiones corporales, lo que refleja una talla menor que podría estar relacionada con condiciones de manejo extensivo o con limitaciones nutricionales, como se ha reportado en sistemas tradicionales (Lemus-Flores, 2008).

Por su parte, el tipo intermedio (morfortipo 1) presentó valores promedio entre ambos extremos, lo que lo convierte en el biotipo predominante dentro de la población, lo cual coincide con la distribución continua de tamaños corporales observada en poblaciones criollas (Hernández-Baca et al., 2017).

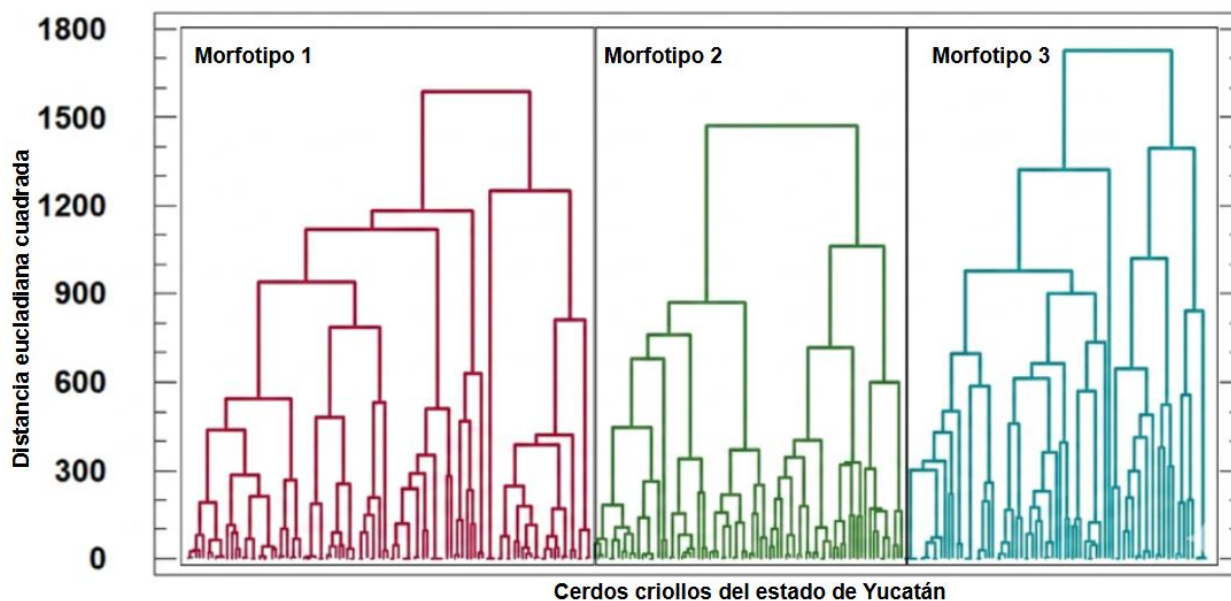


Figura I. Dendrograma de la agrupación jerárquica de los cerdos criollos de Yucatán según su distancia euclidiana, segmentados en tres conglomerados principales: morfortipo 1 (rojo), morfortipo 2 (verde) y morfortipo 3 (azul).



En conjunto, las diferencias entre conglomerados confirman una alta heterogeneidad morfoestructural, donde variables como la longitud corporal, el perímetro torácico y las alzas fueron determinantes en la diferenciación de los grupos, en concordancia con la variabilidad genética y adaptativa reportada en cerdos criollos mexicanos (Ángel-Hernández et al., 2020).

Conclusiones

El cerdo criollo del estado de Yucatán presenta una alta variabilidad morfoestructural, evidenciada por la presencia de tres morfotipos diferenciados: grande, intermedio y pequeño. Esta diversidad refleja su adaptación a distintos sistemas de producción y constituye una base clave para la implementación de estrategias de conservación y mejoramiento genético, orientadas a preservar y potenciar este recurso zoogenético.

Referencias

- Ángel-Hernández, A., García-Munguía, C. A., García-Munguía, A. M., Valencia-Posadas, M., Hernández-Ruiz, J., & Velázquez-Madrado, P. A. (2020). The production system of hairless creole pig in the Yucatan Peninsula. *Nova Scientia*, 12(25), 1–17.
- Ángel-Hernández, A., García-Munguía, C. A., Valencia-Posadas, M., Hernández-Ruiz, J., & Velázquez-Madrado, P. A. (2022). Tipificación y caracterización del sistema de producción del cerdo criollo en la región centro de México. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 8(3), e2777. <https://doi.org/10.19136/era.a8n3.2777>
- Groenen, M. A. M., Archibald, A. L., Uenishi, H., et al. (2021). On the origins of American Criollo pigs: A common genetic background with a lasting Iberian signature. *PLOS ONE*, 16(5), e0251879. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0251879>
- Hernández-Baca, M., Gámez-Rivas, A., & Zeledón-Ortega, Y. (2017). Caracterización morfológica del cerdo criollo (*Sus scrofa domesticus*). *La Calera*, 17(28), 44–50.
- Lemus-Flores, C. (2008). Diversidad genética del cerdo criollo mexicano. *Revista Computadorizada de Producción Porcina*, 15(3), 1–9.
- Montaldo, H. H., Castillo-Juárez, H., Valencia-Posadas, M., & Cienfuegos-Rivas, E. G. (2016). Caracterización morfométrica de cerdos en sistemas de traspatio en México. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 7(4), 431–442.
- Sierra, A. C., Ortiz, J. R., Bojórquez, J. C., Canul, M. A., Tamayo, J. R., Rodríguez, J. C., Sangines, J. R., Magaña, M. A., Montes, R. C., & Segura, J. C. (2016). Conservación y uso sustentable del cerdo pelón en Yucatán. *Quehacer Científico en Chiapas*, 11, 13–28.



Producción de forraje y captura de carbono de *Brosimum alicastrum* en los suelos pedregosos del Centro-Norte de Yucatán

Forage production and carbon sequestration of *Brosimum alicastrum* in the stony soils of North-Central Yucatán

Regina Abigail López-Euán^{1§}, José Guadalupe Escobedo-Mex¹, Francisco Javier Solorio-Sánchez², Ingrid Abril Valdivieso- Pérez¹, Julio Ramón-Ugalde¹

¹Tecnológico Nacional de México (TecNM). Campus Conkal. Av. Tecnológico S/N, Conkal, CP. 97345, Yucatán, México. ²Universidad Autónoma de Yucatán. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Carretera Mérida-Xmatkuil Km. 15.5, CP. 97100, Mérida, Yucatán, México
[§]Autor de correspondencia: (MMI9800370@conkal.tecnm.mx).

Resumen

La ganadería en el trópico mexicano enfrenta limitaciones productivas asociadas a la baja disponibilidad y calidad del forraje, especialmente en regiones con suelos kársticos y marcada estacionalidad hídrica. En este contexto, *Brosimum alicastrum* (ramón) representa una alternativa con potencial forrajero y capacidad para almacenar carbono en su biomasa. El objetivo fue evaluar la producción de forraje y el contenido de carbono en la biomasa de *B. alicastrum* en suelos pedregosos del Centro-Norte de Yucatán. El estudio se realizó en una plantación de aproximadamente 30 años, donde se evaluaron 30 árboles durante la época de lluvias, previamente asignados a dos grupos experimentales correspondientes a los tratamientos T0 (sin riego suplementario) y T1 (con riego suplementario). La evaluación presentada se realizó antes del inicio de la aplicación diferencial del riego, por lo que todos los árboles permanecieron bajo condiciones naturales de precipitación. Se cuantificó la producción de materia seca por árbol y la relación hoja:tallo, mientras que la concentración de carbono en el follaje se determinó mediante combustión seca por el método de Dumas. Los

resultados mostraron una producción promedio de 6.29 kg de materia seca por árbol y una relación hoja:tallo promedio de 1.40. El grupo T1 presentó mayor producción promedio de materia seca, mientras que T0 mostró una mayor relación hoja:tallo; sin embargo, no se detectaron diferencias estadísticamente significativas entre los grupos experimentales ($p > 0.05$). El follaje presentó una concentración promedio de carbono de 43.8 % de la materia seca. Estos resultados caracterizan la condición productiva inicial de los grupos experimentales antes de la aplicación diferencial del riego y constituyen una referencia para evaluar posteriormente la respuesta de *B. alicastrum* al riego suplementario durante la época seca.

Palabras clave: árbol, forraje, sistemas silvopastoriles.

Abstract

Livestock farming in the Mexican tropics faces production constraints linked to low forage availability and quality, particularly in regions with karst soils and marked seasonal rainfall patterns. In this context, *Brosimum alicastrum* (ramon) represents an alternative with forage potential and



the capacity to store carbon in its biomass. The objective was to evaluate forage production and biomass carbon content of *B. alicastrum* on stony soils in north-central Yucatán. The study was conducted in an approximately 30-year-old plantation, evaluating 30 trees during the rainy season; these trees had been assigned to two experimental groups corresponding to treatments T0 (no supplemental irrigation) and T1 (with supplemental irrigation). The evaluation presented here was carried out prior to the start of differential irrigation application; thus, all trees remained under natural rainfall conditions. Dry matter production per tree and the leaf-to-stem ratio were quantified, while foliage carbon concentration was determined via dry combustion using the Dumas method. Results showed an average production of 6.29 kg of dry matter per tree and an average leaf-to-stem ratio of 1.40. Group T1 showed higher average dry matter production, whereas T0 showed a higher leaf-to-stem ratio; however, no statistically significant differences were detected between the experimental groups ($p > 0.05$). Foliage exhibited an average carbon concentration of 43.8 % of the dry matter. These results characterize the initial productive status of the experimental groups prior to differential irrigation and serve as a baseline for subsequently evaluating the response of *B. alicastrum* to supplemental irrigation during the dry season.

Index words: tree, forage, silvopastoral systems.

Introducción

México destina aproximadamente 109.7 millones de hectáreas a la ganadería, lo que representa el 56 % del territorio nacional, constituyéndose como una actividad de gran relevancia económica y social. Sin embargo, este sector enfrenta importantes limitaciones productivas derivadas del manejo inadecuado de los pastizales, los cuales producen apenas cerca del

30 % de su potencial forrajero (Bolaños et al., 2021). En la península de Yucatán, esta problemática se agrava debido a las condiciones edáficas y climáticas de la región, caracterizadas por suelos pedregosos de origen kárstico y una marcada estacionalidad hídrica, lo que limita la disponibilidad y calidad del forraje, especialmente durante la época seca (Estrada-Medina et al., 2016). Además, la expansión de la ganadería extensiva ha contribuido a la pérdida de cobertura forestal y a la disminución de la biodiversidad, reduciendo la resiliencia de los sistemas productivos (Eastmond & García, 2006). Ante este panorama, los sistemas agroforestales y silvopastoriles representan una alternativa sostenible para integrar la producción pecuaria con la conservación de los recursos naturales, favoreciendo la fertilidad del suelo, la disponibilidad de forraje y la captura de carbono (Casanova-Lugo et al., 2011; Nair, 2009). En este contexto, *Brosimum alicastrum* (ramón) destaca como una especie multipropósito con alto potencial forrajero, buena adaptación a condiciones de sequía y capacidad para contribuir a la captura de carbono (Conabio, 2006; Santillán-Fernández et al., 2021).

El objetivo fue evaluar la producción de forraje y la captura de carbono de *B. alicastrum* en los suelos pedregosos del Centro-Norte de Yucatán, para generar información que contribuya al diseño de sistemas ganaderos más resilientes, productivos y sostenibles en el trópico mexicano, en concordancia con las metodologías de estimación de carbono (Ipcc, 2006).

Materiales y métodos

El estudio se realizó en una plantación de *B. alicastrum* de aproximadamente 30 años, ubicada en la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UADY (20°52'02" N, 89°37'29" O), en la región Centro-Norte de Yucatán, caracterizada por suelos kársticos

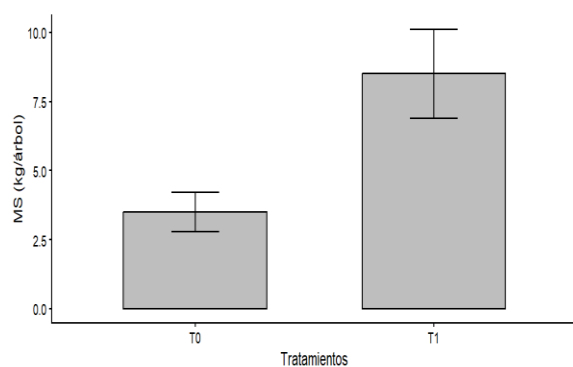


pedregosos y marcada estacionalidad hídrica. Se evaluaron 30 árboles de *Brosimum alicastrum*, los cuales fueron asignados aleatoriamente a dos grupos experimentales correspondientes a los tratamientos definidos para el experimento: T0 (sin riego suplementario) y T1 (con riego suplementario), con 15 árboles por tratamiento. La evaluación presentada en este estudio corresponde al primer corte realizado durante la época de lluvias, previo al inicio de la aplicación diferencial de riego; por lo tanto, durante esta fase todos los árboles permanecieron bajo condiciones naturales de precipitación. Los resultados obtenidos se utilizaron para caracterizar la condición productiva inicial de los grupos experimentales antes de la implementación del tratamiento de riego. Los datos se analizaron mediante modelos estadísticos comparativos entre tratamientos, utilizando el software R Studio 2026.

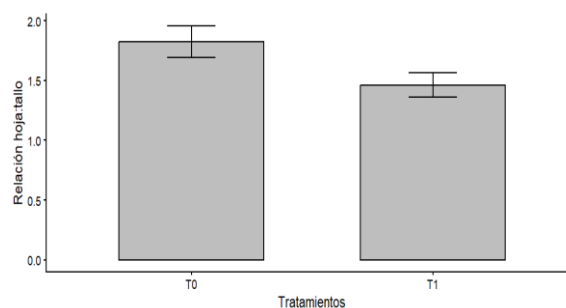
Los resultados corresponden al primer corte realizado durante la época de lluvias, antes de la aplicación diferencial del riego suplementario. Los árboles ya habían sido asignados a los grupos experimentales T0 y T1, por lo que la comparación presentada permite caracterizar su condición productiva inicial. La producción promedio general de materia seca fue de 6.29 kg árbol⁻¹ (Figura 1a), mientras que la relación hoja:tallo presentó un valor promedio general de 1.40 (Figura 1b).

El análisis estadístico no detectó diferencias significativas entre los grupos experimentales previamente asignados a los tratamientos T0 y T1 ($p > 0.05$). La evaluación presentada corresponde al primer corte realizado durante la época de lluvias, previo al inicio de la aplicación diferencial del riego suplementario, programada para la época seca. Por lo tanto, durante esta fase todos los árboles permanecieron bajo condiciones naturales de precipitación y las diferencias observadas entre los grupos representan la variabilidad productiva inicial de los árboles, por lo que no pueden atribuirse al efecto del riego.

Resultados y discusión



a)



b)

Figura I. a) Producción de materia seca, b) relación hoja:tallo por árbol en *Brosimum alicastrum* durante la evaluación inicial en época de lluvias, previa a la aplicación diferencial del riego suplementario. T0 y T1 corresponden a los grupos experimentales previamente asignados. Las barras representan la media $\pm$ EE ($n = 15$ árboles por grupo).



Sin embargo, se observó una alta variabilidad entre individuos, reflejada en los coeficientes de variación de 30.4 % para la relación hoja:tallo y 103 % para la producción de materia seca

La relación hoja:tallo presentó una distribución relativamente homogénea, mientras que la producción de materia seca mostró una mayor dispersión entre individuos, posiblemente asociada con diferencias en las características estructurales de los árboles, como el tamaño y la cobertura de copa, así como con la disponibilidad de recursos. Estos resultados coinciden con estudios en sistemas tropicales que reportan una alta variabilidad en la producción de biomasa en especies arbóreas forrajeras, particularmente en condiciones sin manejo intensivo (Casanova-Lugo et al., 2011). Asimismo, la proporción hoja:tallo obtenida es consistente con lo reportado para *B. alicastrum*, donde una mayor proporción de hojas se asocia con una mejor calidad nutricional del forraje (Santillán-Fernández et al., 2021).

Conclusiones

En la época de lluvias, *Brosimum alicastrum* presentó una producción promedio de 6.29 kg de materia seca por árbol y una relación hoja:tallo promedio de 1.40, lo que evidencia una proporción favorable de biomasa foliar y su potencial como recurso forrajero. El grupo T1 presentó una mayor producción promedio de materia seca, mientras que T0 mostró una mayor relación hoja:tallo; sin embargo, no se detectaron diferencias estadísticamente significativas entre los grupos experimentales ($p > 0.05$). Debido a que esta evaluación se realizó antes de la aplicación diferencial del riego suplementario, las diferencias observadas representan la variabilidad productiva inicial de los árboles y no pueden atribuirse al

efecto de los tratamientos. Estos resultados constituyen una referencia inicial para evaluar posteriormente la respuesta productiva de *B. alicastrum* a la aplicación de riego durante la época seca.

Referencias

- Casanova, L. F., Petit, A. J., & Solorio, S. J. (2011). Los sistemas agroforestales como alternativa a la captura de carbono en el trópico mexicano. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 17(1), 133–143. <https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2010.08.047>
- Eastmond, A., & García, F. A. (2006). Impacto de los sistemas agropecuarios sobre la biodiversidad. *Ganadería*, 75(1), 98–104. <http://coralito.umar.mx:8383/jspui/handle/123456789/1331>
- Casanova-Lugo, F., Petit-Aldana, J. & Solorio-Sánchez, J. (2011). Los sistemas agroforestales como alternativa a la captura de carbono en el trópico mexicano. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 17(1), 133–143.
- Ippc. (2006). *2006 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories*. Volume 4: Agriculture, forestry and other land use. Institute for Global Environmental Strategies.
- Nair, P. K. R. (2009). Agroforestry systems and environmental quality: introduction. *Journal of Environmental Quality*, 38(6), 2121–2122.
- Santillán-Fernández, A., Santiago-Santes, O. V., Espinosa-Grande, E., Huicab-Pech, Z. G., Larqué-Saavedra, F. A., & Bautista-Ortega, J. (2021). Propagación sexual y asexual de *Brosimum alicastrum* Swartz en Campeche, México. *La Granja: Revista de Ciencias de la Vida*, 34(2), 105–116.
- Villegas Durán, G., Bolaños Medina, A., & Olguín Prado, L. (2021). *La ganadería en México* (Vol. 1). Plaza y Valdés.



Jengibre como aditivo fitogénico: impacto en la población de protozoarios de ovinos de pelo

Ginger as a phytogetic additive: impact on the protozoa population of hair sheep

Bartolo Isaias Puc-Ek[§], Ángel Esteban Chable-Piste, Darwin Nicolas Arcos-Álvarez, Ingrid Abril

Valdivieso-Pérez, Ángel Trinidad Piñeiro-Vázquez, Edgar Aguilar-Urquizo

Tecnológico Nacional de México (TecNM). Instituto Tecnológico de Conkal. Av. Tecnológico S/N Conkal, Yucatán. CP 97345. [§]Autor de correspondencia: (isaiaspuc197@hotmail.com).

Resumen

El uso de aditivos fitogénicos, como el jengibre (*Zingiber officinale*) representa una alternativa agroecológica frente al uso de aditivos químicos sintéticos y moduladores metabólicos empleados tradicionalmente en la producción ovina. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la inclusión de niveles crecientes de jengibre sobre la dinámica poblacional de protozoarios ruminales, tras una etapa de evaluación productiva en ovinos de pelo. Se utilizaron 18 machos criollos (22.6 ± 2.0 kg), distribuidos en un diseño completamente al azar con tres tratamientos ($n = 6$): T0 (control), T1 (0.15 % de jengibre) y T2 (0.3 % de jengibre). Los animales fueron alimentados con una ración balanceada formulada para cubrir los requerimientos nutricionales, con una relación 80:20 de concentrado: forraje, durante 75 días de evaluación, precedidos por 15 días de adaptación. Al concluir el periodo experimental, y con la finalidad de evitar sesgos por estrés que pudieran alterar las variables de crecimiento previas, se recolectó líquido ruminal mediante sonda esofágica para la cuantificación de protozoarios en cámara de Neubauer siguiendo la metodología de Ogimoto e Imai de 1981. Los resultados indicaron que el tratamiento T2 disminuyó significativamente la población de protozoarios en un 25.4 % (3.07 vs. 4.11×10^5 cel mL^{-1} ; $p = 0.0001$) respecto al control. Se concluye que la inclusión de 0.3 % de jengibre actúa como un modulador microbiológico efectivo, induciendo

una defaunación parcial que optimiza el ecosistema ruminal, posicionándose como una estrategia nutricional sustentable que no compromete el bienestar animal.

Palabras clave: defaunación, fermentación ruminal, fitogénicos, rumiantes, *Zingiber officinale*

Abstract

The use of phytogetic additives such as ginger (*Zingiber officinale*) represents an agroecological alternative to synthetic chemical additives and metabolic modulators traditionally used in sheep production. The objective of this study was to evaluate the effect of increasing levels of ginger on the population dynamics of rumen protozoa, following a productive evaluation stage in hair sheep. Eighteen Creole males (22.6 ± 2.0 kg) were assigned to a completely randomized design with three treatments ($n=6$): T0 (control), T1 (0.15 % ginger), and T2 (0.3 % ginger). The animals were fed a balanced ration formulated to meet nutritional requirements, with an 80:20 concentrate: forage ratio, during a 75-day evaluation period, preceded by 15 days of adaptation. At the end of the experimental period, to avoid stress-related bias that could alter previous growth variables, rumen fluid was collected via esophageal probe for protozoa quantification in a Neubauer chamber following the Ogimoto and Imai of 1981 methodology. Results indicated that the T2 treatment significantly decreased the protozoa population by



25.4 % (3.07 vs 4.11×10^5 cells mL⁻¹; $p = 0.0001$) compared to the control. It is concluded that the inclusion of 0.3 % ginger acts as an effective microbiological modulator, inducing partial defaunation that optimizes the rumen ecosystem, establishing itself as a sustainable nutritional strategy that does not compromise animal welfare.

Index words: defaunation, rumen fermentation, phytonics, ruminants, *Zingiber officinale*.

Introducción

En la actualidad, la industria ganadera se enfrenta a una presión sin precedentes para adoptar modelos de producción que no solo sean eficientes, sino también climáticamente inteligentes y libres de sustancias químicas sintéticas. La mitigación de las emisiones de metano entérico y la optimización de la eficiencia en el uso del nitrógeno son pilares fundamentales para cumplir con los objetivos de sostenibilidad global. El rumen, como ecosistema fermentativo, es el centro de estas investigaciones, ya que la interacción entre sus diversos grupos microbianos determina el destino de la energía ingerida por el animal.

Durante décadas, la manipulación del microbioma ruminal se centró en el uso de ionóforos. No obstante, las normativas internacionales de 2025 y 2026 han endurecido las restricciones a estos compuestos debido al fenómeno de la resistencia antimicrobiana. En este escenario, los aditivos fitogénicos han pasado de ser "alternativas" a convertirse en la base de la nutrición moderna. El jengibre (*Zingiber officinale*) es un candidato de excelencia, ya que sus rizomas contienen una compleja matriz de gingeroles y shogaoles, que actúan como moduladores microbiológicos de alta precisión.

Estudios recientes han demostrado que estos metabolitos secundarios tienen la capacidad de alterar la permeabilidad de las membranas celulares de organismos específicos, como los protozoarios ciliados. La importancia de este control

poblacional radica en que los protozoarios, aunque degradan carbohidratos complejos, mantienen una relación de predación con las bacterias ruminales que puede reducir drásticamente el flujo de proteína microbiana hacia el intestino delgado. Además, al actuar como hospederos físicos de las arqueas, su presencia está intrínsecamente ligada a la producción de metano. El presente estudio plantea que una defaunación parcial, lograda mediante niveles estratégicos de jengibre aplicados tras una fase de estabilización productiva, permite optimizar el ecosistema ruminal y garantizar la máxima expresión del potencial genético del animal en condiciones tropicales.

Materiales y Métodos

El experimento se desarrolló en la unidad de Producción e Investigación "La Posta" del Instituto Tecnológico de Conkal, Yucatán (21° 05' N, 89° 32' O). La región se caracteriza por un clima cálido subhúmedo (Aw0) con una temperatura media de 29 °C. Se emplearon 18 ovinos machos de biotipo criollo (22.6 ± 2.0 kg) alojados en jaulas metabólicas individuales para un control riguroso de la ingesta de materia seca. Se aplicó un diseño completamente al azar con tres tratamientos ($n = 6$): T0 (Testigo), T1 (0.15 % jengibre) y T2 (0.3 % jengibre). El protocolo incluyó una fase de adaptación de 15 días y una etapa de evaluación del crecimiento de 75 días, con dietas formuladas según los estándares del NRC (2007).

Un aspecto distintivo de esta metodología fue la decisión de realizar el muestreo de líquido ruminal exclusivamente al finalizar el ciclo de 75 días. Esta estrategia se implementó para proteger la integridad de los datos de comportamiento productivo, evitando que el estrés agudo provocado por la intubación esofágica alterara las curvas de ganancia diaria de peso. La colecta se realizó mediante sonda esofágica. El pH se determinó de manera inmediata. Las muestras se fijaron con verde de metilo y se procesaron mediante centrifugación ($2000 \text{ rpm} \times 20 \text{ min}$).



Tabla I. Indicadores de comportamiento productivo.

Variable	Tratamiento				P-valor
	T0	T1	T2	EE	
Peso inicial (kg)	22.73 ^a	22.83 ^a	22.51 ^a	2.12	0.99
Peso final (kg)	37.78 ^a	38.94 ^a	41.08 ^a	2.23	0.58
GTP (kg)	16.01 ^a	17.54 ^{ab}	19.95 ^b	0.97	0.03
GDP (g)	0.200 ^a	0.210 ^a	0.250 ^b	0.01	0.009
Protozoarios ^π (×10 ⁵ cel mL ⁻¹)	4.11 ^a	4.00 ^a	3.07 ^a	0.16	0.0001

Dieta Testigo (T0), dieta T1 y T2 (0.15 y 0.3 % de jengibre). GTP = ganancia total de peso, GDP = ganancia diaria de peso. ^πLos valores reportados representan la concentración celular expresada en unidades de cien mil células por mililitro de líquido ruminal. Medias con una letra común no son significativamente diferentes (Tukey, 0.05).

La cuantificación se realizó en cámara de Neubauer (40x) siguiendo la metodología descrita por Ogimoto e Imai (1981). El análisis estadístico se realizó en SAS 9.4 mediante un análisis de varianza (Anova) y la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) (SAS Institute, 2014).

Resultados y Discusión

La fase de evaluación de 75 días demostró que la suplementación fitogénica impacta la partición de nutrientes. Es notable que la ganancia total de peso (GTP) fue significativamente mayor en el T2 (19.95 kg) frente al control (16.01 kg), lo que representa una mejora sustancial en la rentabilidad del sistema de engorda (Tabla I).

La reducción del 25.4 % en la población de protozoarios del grupo T2 valida los resultados productivos previos. La literatura reciente sugiere que los gingeroles provocan una disrupción en los gradientes iónicos de la membrana de los ciliados, reduciendo su viabilidad. Al disminuir los protozoarios, se reduce el reciclaje de nitrógeno en el rumen, permitiendo que un mayor porcentaje de la proteína bacteriana fluya hacia el intestino delgado. Desde una perspectiva energética, la reducción de la fauna ruminal corta el suministro de hidrógeno para las arqueas metanogénicas. Este hidrógeno sobrante es capturado por las bacterias

propionogénicas, lo que incrementa la síntesis de propionato. Como este ácido graso volátil es el precursor principal para la gluconeogénesis hepática, su aumento deriva en niveles más altos de glucosa plasmática e insulina, disparando la síntesis proteica en el tejido muscular, lo que explica el éxito del tratamiento T2.

Conclusión

La inclusión estratégica de 0.3 % de jengibre es una solución agroecológica robusta para la ovinocultura. Logra una modulación selectiva de la microbiota que maximiza la eficiencia energética y el crecimiento anabólico, permitiendo prescindir de aditivos sintéticos bajo un esquema de bienestar animal integral.

Referencias

- NRC. (2007). *Nutrient Requirements of Small Ruminants*. National Academies Press.
- Ogimoto, K., & Imai, S. (1981). *Atlas of Rumen Protozoa*. Japan Scientific Societies Press, Tokyo.
- SAS Institute. (2014). *SAS/STAT User's Guide*. Version 9.4. Cary, NC, USA



Efecto de la inclusión de harina de semilla de *Brosimum alicastrum* sobre la cinética de fermentación ruminal *in vitro*

Effect of the inclusion of *Brosimum alicastrum* seed meal on *in vitro* ruminal fermentation kinetics

Gonzalo Jesús Zapata-Pérez¹, Darwin Arcos-Álvarez¹, Luis Alberto Canul-Ku², Ingrid Valdivieso-Pérez¹,
Angel Piñeiro-Vázquez^{1§}

¹Tecnológico Nacional de México (TecNM). Conkal, Yucatán. CP. 97345. ²TecNM. I.T. Zona Maya. Carretera Chetumal-Escárcega km 21.5, el Ejido Juan Sarabia, Othon P. Blanco 77960, Quintana Roo, México. [§]Autor de correspondencia: (angel.pineiro@itconkal.edu.mx).

Resumen

La producción de pequeños rumiantes en México enfrenta desafíos por la estacionalidad, los pastos y las emisiones de metano entérico. El uso de arbóreas locales como forraje como el ramón (*Brosimum alicastrum*), surge como una alternativa de bajo costo y alto valor nutritivo. El objetivo de este estudio fue determinar el efecto de niveles crecientes de harina de semilla de *B. alicastrum* sobre los parámetros de fermentación *in vitro*. Seis niveles de inclusión de harina de *B. alicastrum* fueron evaluados: 0 % (T0), 10 % (T1), 20 % (T2), 30 % (T3), 40 % (T4) y 50 % (T5) en dietas integrales. Se utilizó inóculo ruminal de cinco corderos machos (25 kg PV) y se incubó 1 g de muestra por tratamiento a 39 °C durante 72 h. Los datos fueron analizados mediante un Anova bajo un diseño completamente al azar. No se observaron diferencias significativas ($p > 0.05$) en la producción total de gas, la cual osciló entre 211.23 y 242.2 mL g⁻¹ MS. Los parámetros cinéticos (volumen máximo, tasa de fermentación y fase de retraso) fueron similares entre tratamientos ($p > 0.05$). Se concluye que la harina de semilla de *B. alicastrum* es un ingrediente seguro y viable para la sustitución de insumos convencionales en dietas de rumiantes.

Palabras clave: dietas, ovinos, recurso local.

Abstract

Small ruminant production in Mexico faces significant challenges due to seasonal forage availability and enteric methane emissions. The use of local arboreal resources, such as the ramón tree (*Brosimum alicastrum*), represents a low-cost, high-nutritional-value alternative to mitigate these effects. This study aimed to determine the effect of increasing levels of *B. alicastrum* seed meal inclusion on *in vitro* fermentative parameters. Six treatments were evaluated with inclusion levels of 0 % (T0), 10 % (T1), 20 % (T2), 30 % (T3), 40 % (T4), and 50 % (T5) in total mixed rations. Ruminal inoculum from male lambs with an average body weight of 25 kg was used, and 1 g of sample per treatment was incubated at 39 °C for 72 h. Data were analyzed using Anova in a completely randomized design. The results indicated no significant differences ($p > 0.05$) in total gas production, which ranged from 211.23 to 242.2 mL g⁻¹ DM across treatments. Likewise, gas production kinetic parameters, including maximum volume (Vm) averaging 219.04 mL g⁻¹ DM, fermentation rate (S) at 0.15 h⁻¹, and lag phase (L) at 3.13 h, remained constant ($p > 0.05$) regardless of the inclusion level. In conclusion, *B. alicastrum* seed meal represents a safe and viable ingredient for substituting traditional inputs in ruminant diets, as it maintains a constant energy supply and an efficient fermentative kinetics.



Index words: diets, sheep, local resource.

Introducción

La producción de pequeños rumiantes constituye un pilar fundamental en las economías rurales de muchas regiones, especialmente en países en desarrollo. Estos animales poseen una notable capacidad para adaptarse a diversos ambientes (Chávez-Espinoza et al., 2022). Por las características climáticas de estas regiones, es difícil practicar otra actividad pecuaria y consecuentemente, los sistemas de producción presentan grandes similitudes en el manejo y la alimentación (Bobadilla-Soto et al., 2021).

Por otro lado, la época de secas afecta la disponibilidad y calidad nutricional de los pastos (disminuye el contenido de PC e incrementa la fibra y lignina), lo cual reduce el rendimiento productivo de los animales y la calidad del producto final (Suárez et al., 2022). La fermentación es un proceso esencial en los rumiantes y les permite aprovechar forrajes fibrosos. Sin embargo, el nivel de fibra de un alimento determina su digestibilidad y la producción de metano entérico (CH_4) como subproducto de la fermentación ruminal. Este gas de efecto invernadero (GEI) tiene un potencial de calentamiento 30 veces mayor que el dióxido de carbono (CO_2) y representa uno de los desafíos medioambientales asociados a la industria ganadera. Los rumiantes contribuyen con 80 millones de toneladas de CH_4 anualmente, representando el 28 % de las emisiones globales antropogénicas (Martínez-Muñoz et al., 2022; Rodríguez-Molano et al., 2022).

Para mitigar los GEI generados por la ganadería, el uso de recursos locales como las semillas de arbóreas tropicales como una estrategia alimenticia, ha cobrado gran relevancia por ser una alternativa de bajo costo y alto valor nutritivo (Barriada-Bernal et al., 2018). Entre estos recursos naturales no convencionales, *Brosimum alicastrum* también conocido como ramón, es reconocido por

su alta digestibilidad y aporte nutricional, características que le destacan como un importante recurso forrajero para la alimentación animal. Sin embargo, el ramón presenta variaciones en su contenido de nutrientes (PC, energía, FDN, FDA) y metabolitos secundarios. Estos cambios influyen sobre la dinámica de la fermentación, la digestibilidad de los nutrientes y la producción de ácidos grasos volátiles. En este contexto, el objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de los diferentes niveles de inclusión de harina de semilla de *B. alicastrum* sobre los parámetros fermentativos bajo condiciones in vitro.

Materiales y métodos

Se diseñaron seis tratamientos que resultaron de los diferentes niveles de inclusión de harina de *Brosimum alicastrum* en dietas integrales T0 = 0 % de harina de *B. alicastrum*, T1 = 10 % de harina de *B. alicastrum*, T2 = 20 % de harina de *B. alicastrum*, T3 = 30 % de harina de *B. alicastrum*, T4 = 40 % de harina de *B. alicastrum*, T5 = 50 % de harina de *B. alicastrum*. Las dietas se prepararon de acuerdo a los requerimientos de NRC 2007.

El líquido ruminal fue extraído a cinco corderos machos con un peso corporal promedio de 25 kg mediante una sonda esofágica. Previo a la extracción del inóculo, los animales tuvieron un periodo de adaptación de 30 días y, durante este tiempo recibieron una dieta rica en fibra. Para el ensayo in vitro, se utilizó un gramo de muestra de cada animal y se depositó en frascos ámbar de 100 mL. A cada frasco se le agregaron 90 mL de inóculo ruminal previamente preparado con soluciones minerales reductoras, según Meneke & Steingass (1988) y se mantuvo un flujo continuo de CO_2 durante la preparación para asegurar condiciones anaeróbicas. Los frascos fueron incubados en un baño María a 39 °C.



Tabla 1. Efecto de la inclusión de la harina de semilla *Brosimum alicastrum* sobre la producción de gas.

Variable (mL g ⁻¹ MS)	Tratamiento						EE	Valor de P
	TC	T1	T2	T3	T4	T5		
GP24 h	21.90	21.35	22.00	23.01	27.04	24.93	3.79	0.89
GP48 h	15.67	19.17	18.00	22.33	19.33	21.29	4.90	0.94
GP72 h	12.29	10.38	17.00	19.96	13.04	12.29	3.67	0.47
GT	224.24	220.76	233	228.76	242.2	211.23	20.57	0.92

MS = materia seca, GP = gas parcial, GT = gas total. EE = error estándar.

Tabla 2. Parámetros de la cinética de producción de gas *in vitro* de dietas con niveles crecientes de harina de semilla de *Brosimum alicastrum*.

Parámetros	Tratamiento (% de inclusión de <i>B. alicastrum</i>)						EE	Valor de P
	TC	T1	T2	T3	T4	T5		
Vm (mL g ⁻¹ MS)	212.59	208.18	228.89	221.81	234.11	208.27	19	0.88
S (h)	0.16	0.15	0.17	0.14	0.16	0.14	0.01	0.20
L (h)	3.38	3.05	3.26	2.95	3.20	2.98	0.12	0.11

MS = materia seca, Vm = volumen máximo, S = tasa de fermentación, L = fase de retraso. EE = error estándar.

La presión generada por la fermentación se midió mediante un manómetro, adaptado con una aguja hipodérmica, a intervalos de 0, 3, 6, 9, 12, 18, 24, 48 y 72 horas. Los datos generados en laboratorio fueron sometidos a un análisis de varianza (Anova) con un diseño completamente al azar distribuidos en seis tratamientos y cinco repeticiones por cada periodo de incubación. Las diferencias entre medias se evaluaron mediante la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$). Todos los análisis se realizaron con el programa estadístico InfoStat, versión 2020.

Resultado y discusión

No se observaron diferencias significativas ($p > 0.05$) en la producción de gas (Tabla 1) por efecto de la inclusión de harina de semilla de *B. alicastrum*. La producción total de gas se mantuvo en un rango de 211.23 a 242.2 mL g⁻¹ MS. Esto

demuestra una estabilidad en los parámetros fermentativos. Los resultados sugieren que la harina de *B. alicastrum* no interfiere con la capacidad de los microorganismos para fermentar los carbohidratos de la dieta de manera similar al control, manteniendo así un aporte energético constante sin afectar la actividad microbiana.

Con respecto a los parámetros de la cinética de producción de gas *in vitro* (Tabla 2), no se detectaron diferencias estadísticas ($p > 0.05$) por la inclusión de *B. alicastrum*. El volumen máximo (Vm) promedio de los tratamientos fue de 219.04 mL g⁻¹ MS, mientras que la tasa de fermentación (S) y la fase de retraso (L) se mantuvieron relativamente constantes entre tratamientos, con valores promedio de 0.15 h⁻¹ y 3.13 h, respectivamente. La estabilidad observada en los parámetros cinéticos refuerza la viabilidad de la harina de *B. alicastrum* como insumo alimenticio.



El hecho de que la fase de retraso (L) no presenta incrementos sugiere que los niveles de inclusión evaluados no contienen compuestos que inhiben la colonización microbiana inicial.

Conclusiones

La inclusión de harina de semilla de *Brosimum alicastrum* no altera la producción total de gas ni la cinética de fermentación *in vitro*, demostrando ser un ingrediente seguro y viable para la sustitución de insumos convencionales en dietas para rumiantes, sin comprometer la eficiencia energética.

Referencias

- Barriada-Bernal, L.G., Méndez-Lagunas, L., Rodríguez-Ramírez, J., Sandoval-Torres, S., & Aquino-González, L. (2018). Valor nutricional de la semilla de *Mucuna* spp. como complemento dietario en animales no rumiantes y rumiantes. Revisión. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 9(3), 518-535.
<https://doi.org/10.22319/rmcp.v9i3.4229>.
- Bobadilla-Soto, E.E., Ochoa-Ambríz, F. y Perea-Peña, M. (2021). Dinámica de la producción y consumo de carne ovina en México 1970 a 2019. *Agronomía Mesoamericana*, 32(3), 964.
<https://doi.org/10.15517/am.v32i3.44473>.
- Chávez-Espinoza, M., Cantú-Silva, I., González-Rodríguez, H., & Montañez-Valdez, O. D. (2022). Sistemas de producción de pequeños rumiantes en México y su efecto en la sostenibilidad productiva. *Revista MVZ Córdoba*, 27(1).
<https://doi.org/10.21897/rmvz.2246>.
- Díaz, E.V. F., Sánchez, R.A., Albores-Moreno, S., Lara Pérez, L.A., Valencia-Salazar, S.S., Ku-Vera, J.C. & Alayon-Gamboa, J.A. (2023). Valoración nutricional y fermentación *in vitro* de mezclas de follaje de árboles con harina de yuca en dietas para borregos. *Acta Universitaria*, 33.
<https://doi.org/10.15174/au.2023.3558>.
- Martínez-Muñoz, D.S., Rivera-Cerón, F., Palacios-Solórzano, I., Ramírez-Martínez, B.A., Molina-Aguilar, C. & Moguel, B.B. (2022). Metagenómica y metatranscriptómica para mitigar las emisiones de metano por animales rumiantes. *TIP Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas*, 25.
<https://doi.org/10.22201/fesz.23958723e.2022.430>.
- Rodríguez-Molano, C.E., Borrás Sandoval, L.M., & Henao Barrera, I.C. (2022). Evaluación de tres activadores ruminales sólidos (SAR), con adición de diferentes niveles de inclusión de un preparado microbiano. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*. 10.22490/21456453.5581.
- Suárez, P.E.A., Maza, Á.L.A., Barragán, H.W.A., Aguayo, U.L.A. & Vergara, G.O.D. (2022). Características de la canal y perfil de ácidos grasos de la carne de corderos criollos suplementados con semilla de algodón y maíz. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*.
<https://doi.org/10.22319/rmcp.v13i1.5342>.



Dieta para ovinos en etapa de engorda

Diet for Sheep in Fattening Stage

Karla I. Herrera-Hernández¹, Luis P. Guevara-Acevedo^{2§}, Ricardo Yáñez-López², José David Ochoa-Mancera², Roxana I. Reséndiz-Juarez², María Eugenia Gallardo-Rodríguez²

^{1,2}Estudiante, investigador. Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico de Roque. §Autor de correspondencia: (luis.ga@roque.tecnm.mx).

Resumen

El objetivo de esta investigación fue evaluar dos tipos de dietas altas en proteína en borregos del Bajío de Guanajuato, desde el destete hasta los cuatro meses. La dieta con 280 kg de sorgo generó 35.43 kg de peso final, 35.5 % más que el alimento comercial. Cuando el análisis de varianza (Anova) presentó resultados significativos ($p < 0.05$), se realizó una prueba de medias Tukey y se sometieron los datos al programa SAS Systems for Windows 9.4. Los resultados confirman que ajustar la nutrición proteica hace más rentable la engorda ovina en condiciones semiáridas.

Palabras clave: dietas altas en proteína, engorda intensiva, ovino cultura.

Abstract

The objective of this research was to evaluate two types of high-protein diets in sheep from the Bajío of Guanajuato, from weaning until 4 months of age. The diet with 280 kg of sorghum produced 35.43 kg of final weight, 35.5 % more than the commercial feed. When the analysis of variance (Anova) showed significant results ($p < 0.05$), a Tukey mean test was performed, and the data were submitted to the SAS Systems for Windows 9.4 program. The results confirm that adjusting protein nutrition makes sheep fattening more profitable in semi-arid conditions.

Index words: high-protein diets, intensive fattening, sheep farming.

Introducción

La ovinocultura es una actividad que socioculturalmente tiene una gran importancia para el campesino mexicano, ya que forma parte de su economía familiar y forma de vida (Mora-Delgado & Holguín, 2002). Por lo que debe ser valorada como un negocio de tal forma que sea considerada como una actividad económica que genere utilidades y rentabilidad financiera, obteniéndola al final del proceso de producción. (Rodríguez et al., 2017).

A pesar de que México ha ido avanzando en mejorar su productividad, sólo genera el 70 % de la carne ovina que consume, por lo que tiene un mercado interno potencial de unas 30 000 t anuales. Además, nuestro país ha recibido la petición de exportar carne y animales a países como Jordania, Turquía, Libia, India y Corea del sur, además de Centroamérica (Arteaga, 2012). La mayoría de la ovicultura en México es desarrollada bajo sistema extensivo, también denominado tradicional, donde su alimentación se basa en el pastoreo a orilla de caminos vecinales y pastizales en zonas de conservación. Aunque también se cuenta con sistemas de alimentación mixtos, los cuales disponen de forrajes, entre ellos la avena y heno, que son producidos en las tierras de los productores ovinos (Herrera-Haro et al., 2019). Todo esto hace que en nuestro país, se presenten sistemas de producción ovina muy variados, con características propias de cada región y que son determinados por la disponibilidad de recursos y por los hábitos o tradiciones en el consumo de



productos ovinos (Partida, 2009). Por lo que para poder mejorar el sistema de producción es importante conocer y comprender las formas de cómo se realiza la actividad; el análisis económico es una herramienta que permite conocer a través de los insumos utilizados en la producción, el proceso productivo, el manejo, los precios y costos en los que incurren y utiliza el productor (Ellis, 1993).

Para lo cual debemos tomar en cuenta y con total importancia, que los ovinos pueden aprovechar los nutrientes de los forrajes de baja calidad para transformarlos en carne y leche en un periodo corto de producción debido a su especial metabolismo. Gracias a esto es que puede hacerse rentable su explotación en zonas marginadas con terrenos difíciles sumado con su fácil manejo y bajo costo de producción, la recuperación de capital invertido en esta actividad es más rápida (Hernández, 2014). Por lo tanto, se evaluó el efecto de dietas basadas en forrajes altos en proteína y concentrados que ayuden en la etapa de desarrollo engorda, salud y economía de ovinos desde el nacimiento hasta el sacrificio en el Bajío de Guanajuato para obtener un buen resultado a la hora de llegar a la etapa final.

Materiales y Métodos

El presente trabajo se realizó en el rancho San Juan de la Cruz, ubicado en el municipio de Juventino Rosas en condiciones semiáridas templadas. Se seleccionó un lote de 12 borregos destetados a los 45 días de edad, se pesaron con un peso promedio de 22 kg en peso vivo. Los cuales fueron ubicados en jaulas elevadas, techado con ventilación controlada por medio de cortinas semiautomáticas, para que los ovinos obtuvieran iluminación uniforme durante el día y controlar la temperatura durante la noche, con un espacio para cada ovino de 1.5 m². Esta medida es esencial para evitar problemas de aglomeración y estrés en los animales. Se implementaron comederos de tipo canoa (MDC agro estructuras). Para proporcionar

al menos 30 cm de espacio de comedero por borrego para evitar que los ovinos se metan en ellos, de 40 cm de ancho para cada uno. A un lado se colocaron tres bebederos (VIA 870), asegurando que el flujo de agua sea suficiente, alrededor de 4-6 L por minuto por bebedero. Utilizando tuberías de al menos 2.5 cm de diámetro para asegurar un buen flujo adecuado.

El experimento se realizó en un diseño completamente al azar con dos tratamientos y un testigo comercial y seis repeticiones. Los tratamientos consistieron en dietas con altos niveles de proteína. Las dietas utilizadas fueron de dos tipos a un 3 % de su peso vivo a partir de los dos meses de vida hasta los cuatro meses que es el tiempo límite para el sacrificio. En cada jaula elevada se colocaron seis borregos, en la primera jaula se aplicó la dieta 1. Que se consiste en 222.5 kg de sorgo, 75 kg de sorgo entero, 50 kg pasta de soya, 80 kg de salvado de trigo, 60 kg de pasta de canola, 10 kg de aceite y 12.5 kg de micros® (basemix ovino engorda). Mientras que a la segunda jaula se aplicó la dieta 2 basada en 280 kg de sorgo, 50 kg de pasta de soya, 80 kg de salvado de trigo, 60 kg de pasta de canola, 10 kg de aceite, 13 kg de micros.

A los cuatro meses se pesó cada uno de los ovinos en cada unidad experimental, para ello se utilizó una báscula (Túper), con los valores de cada tratamiento se sometieron a un análisis de varianza (Anova) y cuando esta presentó diferencias significativas se realizó una prueba de medias Tukey con el programa SAS Systems for Windows 9.1.

Resultados y discusión

Los resultados obtenidos muestran que los tratamientos mostraron efecto altamente significativo en el peso de ovinos ($P < F$, 0.0001**), en la **Tabla I** se observó que el tratamiento 2 presentó los mayores pesos con un



Tabla I. Efecto de diferentes dietas en la ganancia de peso de ovinos.

Tratamiento	Dosis (kg/mes)	Peso (kg)
1) I	500	29.08 ^b
2) 2	500	35.43 ^a
3) Testigo	500	26.14 ^c

Cuadrado de medias y comparación sobre efecto de diferentes dietas en la ganancia de peso de ovinos utilizando una prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) en SAS. Letras distintas indican diferencias significativas.

promedio de 35.43 kg, superando en más 28 % a el tratamiento I que observó un valor promedio de 29.06 kg y superó en más de 35.5 % al testigo comercial con un peso de 26.14 kg; sin embargo, en la dieta sorgo a dosis de 70 kg/semana en el tratamiento 2 resultó mayor ganancia de peso, el cual en el tratamiento I de la dieta a dosis de 55 kg/semana fue de menor peso con un valor de 222.5 kg al igual que el testigo que se obtuvo un peso de 100 kg. Estos valores difieren a los reportados por Giraudo et al. (2014), quienes en un trabajo con engorda de ovinos con diferente dieta no observaron diferencias en el peso final de los borregos. Comparando con los resultados de los ovinos testigos de Maza-Ángulo (2016) se obtuvo 11 % de diferencia a nuestros testigos. En comparación con Arce et al. (2021), quienes observaron un mayor peso en los porcinos al aplicar con una dieta de sorgo, lo que sugieren que el sorgo pudo haber aportado una mejor aportación nutrimental en los porcinos.

Conclusión

La dieta con mayor sorgo y fuentes proteicas optimizadas es una opción viable en la engorda de ovinos de destete con aumento de peso en más del 11%, ya que este ajuste proteico acorta el ciclo productivo y maximiza la ganancia de peso en 120 días post-destete.

Referencias

- Arce, V., N., Bernal, B. H., Vásquez, A. N. C., Garza, B., E., Sánchez, D. F., Morales, T. A. & Cervantes, R., M. (2021). Efecto de alimentación húmeda de cerdos en finalización sobre el comportamiento productivo, composición de la canal y calidad de la carne. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 12(2), 370–385.
<https://doi.org/10.22319/rmcp.v12i2.5582>
- Arteaga, C. J. D. (2012). Mensaje institucional en el acto inaugural del VII Foro Ovino del Estado de México. *INIFAP, ICAMEX*.
- Ellis, F. (1993). Peasant economics: Farm households and agrarian development (2nd ed.). *Cambridge University Press*.
https://scholar.google.com/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=Ellis%2C+F.+%281993%29.+Peasant+economics%3A+Farm+households+and+agrarian+development+%282nd+ed.%29.+Cambridge+University+Press.&btnG=
- Giraudo, C. G., Villar, M. L., & Villagra, E. S. (2014). Engorde de ovinos y caprinos a corral. *Ediciones INTA*. https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_ovina/produccion_ovina_carne/85-Engorde_ovinos.pdf
- Hernández Cortázar, I., Rejón Ávila, M., Valencia Heredia, E., & Araujo Andrade, L. A. (2014). Análisis de inversión para la producción de ovinos en el municipio de Tzucacab, Yucatán, México. *Revista Mexicana de Agronegocios*, 34, 677–687.
<https://doi.org/10.22004/ag.econ.173281>



- Herrera-Haro, J. G., Álvarez Fuentes, G., Bárcena Gama, R., & Núñez Aramburu, J. M. (2019). Caracterización de los rebaños ovinos en el sur de Ciudad de México, México. *Acta Universitaria*, 29, 1–15. <https://doi.org/10.15174/au.2019.2022> https://scholar.google.com/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=Arteaga%2C+C.+J.+D.+%282012%29.+Mensaje+institucional+en+el+acto+inaugural+del+VII+Foro+Ovino+del+Estado+de+M%C3%A9xico.+INIFAP%2C+ICAMEX.&btnG=
- Maza-Ángulo, L., Villa-Arrieta, S., Vergara-Rodríguez, H., Bustamante-Yáñez, M., Simanca-Sotelo, J., Alemán-Romero, A., & Vergara-Garay, O. (2016). Ganancia de peso y rendimiento en canal en ovinos suplementados con bloques multinutricionales en el periodo de transición sequía-lluvia. *Revista Colombiana de Ciencia Animal - RECIA*, 8(1), 65–71. <https://doi.org/10.24188/recia.v8.n1.2016.224>
- Mora-Delgado, J., & Holguín, V. A. (2002). Ganadería en sistemas de producción campesinos. *Opciones de ganadería en sistemas de producción campesinos de América Latina*, 2(1). https://www.fao.org/fileadmin/templates/lead/pdf/01_article01_es.pdf
- Partida de la Peña, J. A. (2009). Uso del cruzamiento en ovinos para la producción de carne de alta calidad (Folleto Técnico No. 3). *Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias*. https://catalogobnmx.iib.unam.mx/discovery/fulldisplay/alma990006330460108686/52BN_INST:52BN_INST
- Rodríguez Castillo, J. C., Moreno Medina, S., Hernández Hernández, J., Robles Robles, M., & Rodríguez Castañeda, E. L. (2017). El indicador CASI en la rentabilidad ovina. *Revista Mexicana de Agronegocios*, 41, 764–777. <https://doi.org/10.22004/ag.econ.266436>



DIRECTORIO

Maestro Ramón Jiménez López- Director General, Tecnológico Nacional de México (TecNM)

Dr. Jesús Olayo Lortia- Dirección de Posgrado, Investigación e Innovación (TecNM)

MC. Samuel Ramírez Arellanes- Director (ITVO)

Dr. José Raymundo Enríquez del Valle - Subdirección Académica (ITVO), (jose.ev@voaxaca.tecnm.mx)
- Editor Asociado ciencias agronómicas, Revista Institucional

Dr. Rodolfo B. de los Santos Romero-Jefe de la DEPI-ITVO

Dr. Marcos Emilio Rodríguez Vásquez (marcos.rv@voaxaca.tecnm.mx) – Editor Asociado ciencias
forestales

Dr. Salvador Lozano Trejo (salvador.lt@voaxaca.tecnm.mx) – Editor asociado recursos naturales

Dra. María Isabel Pérez León (maria.pl@voaxaca.tecnm.mx) – Editor asociado ciencias pecuarias

Dr. Ernesto Castañeda Hidalgo (ernesto.ch@voaxaca.tecnm.mx) – Editor asociado agroecosistemas y
sociedad

Dr. Gerardo Rodríguez Ortiz (gerardo.ro@voaxaca.tecnm.mx) - Editor en jefe Revista Institucional
ITVO

MC. Arely Concepción Ramírez Aragón (arely.ra@voaxaca.tecnm.mx)/Dr. Marcos Emilio Rodríguez
Vásquez (marcos.rv@voaxaca.tecnm.mx)/Dra. Beatriz R. Hernández Hernández
(beatriz.hh@voaxaca.tecnm.mx) - coordinación de soporte Revista Institucional ITVO

Mayores informes:

Revista Mexicana de Agroecosistemas

Domicilio conocido

Ex-hacienda de Nazareno, Xoxocotlán, Oaxaca, México

CP 71233

Tel. y Fax: 01(951) 5170444, 5170788

Correo: rmae@voaxaca.tecnm.mx, rmae.itvo@gmail.com

<https://revistaremaeitvo.mx/index.php/remae/index>

