A woman with long hair, wearing a blue denim shirt, is shown from the chest up in profile, holding a glowing, wireframe sphere in her right hand. The background is a soft-focus field of green plants under a warm, golden sunset sky. The overall mood is serene and hopeful, symbolizing science and nature.

Fortalecimiento y liderazgo de la mujer en las Ciencias Agropecuarias

**Norma Delia Zazueta Torres
Luz Llarely Cázarez Flores
Aurelia Mendoza Gómez
*Coordinadoras***

Fortalecimiento y liderazgo de la mujer en las Ciencias Agropecuarias



Fortalecimiento y liderazgo de la mujer en las Ciencias Agropecuarias

Norma Delia Zazueta Torres
Luz Llarelly Cázarez Flores
Aurelia Mendoza Gómez
Coordinadoras



Fortalecimiento y liderazgo de la mujer en las Ciencias Agropecuarias.

Coordinadoras: Norma Delia Zazueta Torres, Luz Llarely Cázarez Flores, Aurelia Mendoza Gómez.— El Dorado, Sinaloa, México. 2026.

Publicación electrónica digital: descarga y online; detalle de formato: EPUB.

Primera edición

D. R. © copyright 2026. Norma Delia Zazueta Torres, Luz Llarely Cázarez Flores, Aurelia Mendoza Gómez.

ISBN: **979-13-88142-88-8**

DOI: <https://doi.org/10.61728/AE26002453>



Expresamos nuestro más sincero agradecimiento al Sr. Sergio Álvarez Torres, director general de la empresa FIASA, su respaldo y compromiso fueron fundamentales para la realización de esta publicación, reflejando su interés por impulsar iniciativas que contribuyen al desarrollo y fortalecimiento de nuestro sector.

La presente obra fue dictaminada bajo el sistema de doble ciego y cuenta con el aval de los dictámenes de pares académicos en el campo de las Ciencias Agropecuarias en México.

Edición y corrección: **Astra ediciones**



Todos los contenidos de esta publicación, se comparten bajo la licencia Creative Commons Atribución/Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (**CC BY-NC-SA 4.0**). Esto implica que no está autorizado el uso comercial de la obra original ni de las eventuales obras derivadas, las cuales deberán distribuirse bajo la misma licencia que rige la obra original. No obstante, se permite a terceros compartir el contenido siempre y cuando se reconozca debidamente la autoría y la publicación original en esta editorial.

EDITORES DEL LIBRO ELECTRÓNICO

Dra. Norma Delia Zazueta Torres
Lic. Ismael Montoya Ojeda
Mtro. José Alfredo Cárdenas Bórquez
Dra. Aurelia Mendoza Gómez
Dra. Luz Llarelly Cázarez Flores
Dra. Blanca Elvira López Valenzuela
M.C. Heidi Melania Medina Montenegro
Dr. Héctor Rojas Pérez
M.C. Ramon López Molina
Dr. Jesús Enrique López Avendaño
Dr. Moisés Gilberto Yáñez Juárez
Dra. María Alejandra Payán Arzapalo
Dr. Tomás Aaron Vega Gutiérrez
Dra. Lourdes Cervantes Díaz
M.C. Isidro Bazante González
Dr. Andrés González Ruiz

COMITÉ CIENTÍFICO NACIONAL

TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO/ INSTITUTO
TECNOLÓGICO SUPERIOR DE ELDORADO

Dra. Norma Delia Zazueta Torres
Mtro. Ismael Montoya Ojeda
Mtro. José Alfredo Cárdenas Bórquez
Dr. Héctor Rojas Pérez
M.C. Ramon López Molina

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SINALOA /FACULTAD DE
AGRONOMÍA

Dra. Luz Llarelly Cázarez Flores
Dra. María Alejandra Payán Arzapalo
Dr. Moisés Gilberto Yáñez Juárez
Dr. Jesús Enrique López Avendaño

Dr. Tomás Aaron Vega Gutiérrez
Dr. Azareel Angulo Castro
M.C. Verónica Delgado Pacheco

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA/
INSTITUTO DE CIENCIAS AGRÍCOLAS

Dra. Aurelia Mendoza Gómez
Dr. Ricardo Torres Ramos
Dra. Lourdes Cervantes Díaz
Dra. Mary Triny Beleño Cabarcas
Dr. Andrés González Ruiz
Dr. Henry López López
Dr. Juan Gabriel Brígido Morales
Dra. Ana María Vázquez Espinoza (Facultad de Ciencias Administrativas Sociales e Ingeniería)
Dr. Roberto Burgueño Romero (Facultad de Ciencias Administrativas Sociales e Ingeniería)
M.C. Isidro Bazante González (Facultad de Ingeniería y Negocios San Quintín)

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SINALOA/FACULTAD DE
AGRICULTURA DEL VALLE DEL FUERTE.

Dra. Blanca Elvira López Valenzuela
Dr. Fernando Alberto Valenzuela Escoboza
Dr. Hugo Beltrán Peña
Dr. Quintín Armando Armenta Ayala

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE CULIACÁN

M.C. Heidi Melania Medina Montenegro
Dra. Marely Graciela Figueroa Pérez
Dra. Yadira Margarita Ramos Barraza
Dra. Mercedes Verdugo Perales
M.C. Vicente de Jesús Álvarez Mares

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
Dr. Francisco Alfonso Gordillo Melgoza

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE GUTIÉRREZ ZAMORA
Dra. Keren Martínez Aguilar

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA FRANCISCO I. MADERO
Dra. Diana María Sifuentes Sacucedo

INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES FORESTALES,
AGRÍCOLAS Y PECUARIAS/ CAMPO EXPERIMENTAL
MOCOCHÁ, CAMPECHE
Dra. Mirna Hernández Pérez

COMITÉ CIENTÍFICO INTERNACIONAL

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
Dra. Yacenia Morillo coronado

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA Y TECNOLÓGICA DE
COLOMBIA
Dra. Ana Cruz Morillo Coronado

UNIVERSIDAD NACIONAL DE ASUNCIÓN, PARAGUAY
Dra. Guillermina Macchi Leite

CORPORACIÓN COLOMBIANA DE INVESTIGACIÓN
AGROPECUARIA – AGROSAVIA
Dra. Luz Fanny Orozco Orozco

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES HORTICOLAS LILIANA
DIMITROVA, CUBA
Dra. Maria Isabel Hernández Díaz
MSc. Tomás Díaz Pérez

Contenido

Presentación	19
---------------------------	----

Capítulo 1

Estrés hídrico y salino en precosecha como estrategia para prolongar la vida de anaquel de frutos de calabacita (<i>Cucurbita pepo</i> L.)	21
<i>Alvarez Mares, Vicente de Jesús</i>	
<i>Sandoval-Rangel, Alberto</i>	
<i>Benavides-Mendoza, Adalberto</i>	
<i>Cabrera-De la Fuente, Marcelino</i>	
<i>Peralta-Manjarrez, Rocío Maricela</i>	
<i>López-Velázquez, Jordi Gerardo</i>	
<i>Gurrola-López, Guadalupe Humberto</i>	
<i>Medina-Montenegro, Heidi Melania</i>	

Capítulo 2

Efecto de bioestimulantes en la fisiología del cultivo de chile dulce (<i>Capsicum annum</i> L.) Tipo lamuyo	29
<i>Amaya Ibarra, Julissa</i>	
<i>Rojas Pérez, Héctor</i>	
<i>Zazueta Torres, Norma D</i>	
<i>Román Román, Leonardo</i>	
<i>Mejía Delgadillo, Mario Alejandro</i>	
<i>Colón Sandoval, Alejandra</i>	
<i>Luna Maldonado, Alejandro I</i>	

Capítulo 3

Partículas microscópicas de silicio y ácido acetilsalicílico en plántula de pepino bajo casa sombra	37
<i>Aragón-Martínez, Sergio A.</i>	

Cázarez-Flores, Luz Ll.
Angulo-Castro, Azareel.
Serrano-López, Luis A.
Vega-Gutiérrez, Tomas A.
Tirado-Ramírez, Martin A.
Lara-Murrieta, Praxedes

Capítulo 4

Rendimiento y estabilidad de variedades de cártamo
(*Carthamus Tinctorius L.*), en la región del Valle de Mexicali,
Baja California México..... 45
Ávila Casillas, Eva
Camarillo Pulido, Mario
Gómez Mercado, Rene
Aguilera Molina, Nestor
Ochoa Espinoza, Xochilt M.
Cota Barreras, Carlos
García Bolivar, Elco Humberto

Capítulo 5

Área temática: Empoderamiento de la mujer en la sociedad rural.
Innovación en pastas alimenticias, alternativa de dietas saludables
sostenibles en el aprovechamiento de productos agrícolas..... 53
Cano Campos, Mirta Candelaria
López García, Altagracia
Díaz Izabal, Alejandro
Zazueta Torres, Norma Delia
Rojas Pérez, Héctor
Cázares Palazuelos, Heyli Giselle
Sicairos Pérez, Elisa Abimael
Pérez Meza, Briseida

Capítulo 6

La mineralización como herramienta para la circularidad en los
sistemas agroacuícolas 61
Garza-Torres, Rodolfo

Magallón-Barajas, Francisco Javier
Ledesma López, Lucina
Fimbres Acedo, Yenitze Elizabeth

Capítulo 7

Efecto de *Bacillus thuringiensis* en mezcla de con GS-omega/
 kappa-Hxtx-Hv1a para el control de gusanos del fruto en tomatillo
 (*Physalis philadelphica*) en el norte de Sinaloa..... 69

González-Molotla, Iris A.
Valenzuela-Escoboza, Fernando A.
López-Valenzuela, Blanca E.

Capítulo 8

Efecto de la fertilización química y orgánica en el cultivo de
 cebolla 77

Iñiguez Torres, Karina Janeth
Cárdenas Flores, Antonio
López España, Ricardo Guillermo
Figueroa Pérez, Marely Graciela
Medina Montenegro, Heidi Melania

Capítulo 9

Efecto antimicrobiano de extractos metanólicos y fermentado de
morinda citrifolia sobre *pythium* sp. Y *sclerotium rolfsii* 85

Ley López, Nancy
Medina López, Raymundo
Yáñez Juárez, Moisés Gilberto
Hinojosa Gómez, Jeny
López Beltrán, Miguel Armando
González Balcázar, Antonio

Capítulo 10

Diversidad de recursos genéticos de ajonjolí (*Sesamum*
indicum L.) 93

Llaven Valencia, Genny

García León, Elizabeth
Tavitas Fuentes, Leticia
Pérez Rubio, Verónica
Hernández Hernández, Aidé
Santacruz Varela, Amalio
Castillo González, Fernando

Capítulo 11

Respuesta de crecimiento del chile chiltepín (*Capsicum
annuum* var. *glabriusculum*) bajo dos sistemas de producción..... 101
Medina-Montenegro, Heidi Melania
Ramírez Ceballos, Joana Belén
Benavides-Mendoza, Adalberto
Cabrera-De la Fuente, Marcelino
López-Velázquez, Jordi Gerardo
Alvarez-Mares, Vicente de Jesús
Zazueta Torres, Norma Delia
Peralta–Manjarrez, Rocío Maricela

Capítulo 12

Caracterización nutrimental de un biol líquido a base de
residuos de pescado..... 109
Peña García, Kelly J
Rojas Pérez, Héctor
Zazueta Torres, Norma D.
Román Román, Leonardo
Mejía Delgadillo, Mario A.
Colón Sandoval, Alejandra
Luna Maldonado, Alejandro I.
Contreras Salazar, Ernesto

Capítulo 13

Impacto del uso de agua de minisplit en el crecimiento y
desarrollo de chile (*Capsicum Spp*) 117
Sánchez Rodríguez, Juan Fernando
Angulo Olivas, Sofía

Cruz Hernández, Magdalena
Molares Lucero, José Dolores
Cázarez Flores, Luz Llarelly
Zazueta Torres, Norma Delia

Capítulo 14

Eficacia de tratamientos químicos y biológicos contra *Fusarium nygamai* asociado a la marchitez del frijol 123
Sánchez-López Ramón, Manuel
Vega-Gutiérrez, Tomás Aarón
López-Orona, Carlos Alfonso
Tirado-Ramírez, Martín Abraham
Mendoza-Medrano, Daniel
Payan-Arzápalo, María Alejandra
Cázarez-Flores, Luz Llarelly

Capítulo 15

Actividad antibacteriana de extractos vegetales frente a *Staphylococcus aureus* y *Escherichia coli*..... 131
Vargas Monter, Jorge
Librado Osornio, Jarehtzi
Zúñiga Estrada, Erick Alfredo
Rodríguez Ortega, Leodan Tadeo
Avilés Valencia, Ruth Montserrat
Álvarez Álvarez, Celeste
Gómez Hernández, Daniela
Sifuentes Saucedo, Diana María

Capítulo 16

Evaluación productiva y sanitaria de dos materiales genéticos de mora (*Rubus spp.*) en Rionegro, Antioquia..... 141
Grisales-Vásquez, Nancy Yohana
Orozco-Orozco, Luz Fanny
Sierra Martínez, Kemis Lisset
Espitia Negrete, Laura
Sepulveda Ortega, Stella

Martínez Saldarriaga, Jaison
Sánchez Betancourt, Erika Patricia
Herrera Jiménez, Sergio

Capítulo 17

Efecto de enmiendas agrícolas en suelos alcalinos de Santiago de Anaya, Hidalgo 151
Tovar Mendoza, Luz Hazel
Ponce Lira, Brenda
Lara Viveros, Francisco Marcelo
Orozco Gregorio, Héctor Óscar

Capítulo 18

Evaluación de tres cultivares comerciales de tomate para el manejo de *Rotylenchulus reniformis* bajo condiciones de invernadero 159
Valdez-Morales, María Trinidad
Tovar Pedraza, Juan Manuel
Carrillo Fasio, José Armando
Osuna Rodríguez, José Manuel

Capítulo 19

Efecto de bioestimulantes en la capacidad antioxidante y contenido de compuestos fenólicos en maíz (*Zea mays L.*) en el noroeste de Sinaloa 167
Valle Castillo, Carmen Elena
López Valenzuela, Blanca Elvira
Magallanes Tapia, Marco Antonio
Escoboza Valenzuela, Fernando Alberto
Valdez Morales, Maribel

Capítulo 20

Por tu salud y nutrición IAP: modelo de promotora comunitaria en Baja California y Sonora con la participación de mujeres rurales..... 175

Morales Maza, Alma Rosa
 Morales Maza, Antonio
 Cervantes-Díaz, Lourdes
 Muñoz Madrid, Alba Rocío
 Afani Regalado, Ana Genoveva
 Mendoza Olmos, Itzel

Capítulo 21

Efecto del lixiviado de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*)
 y un mejorador de suelo en la producción de maíz..... 183

Martínez López, Fabián
 Félix Ceballos, José Ignacio
 Camacho Angulo, Flavio
 Rojas Pérez, Héctor
 Zazueta Torres, Norma Delia
 Carrillo Benítez, Carlos Daniel
 Ramón López, Molina

Capítulo 22

Empleo de microorganismos benéficos en la obtención de
 plántulas de pepino 191

Zazueta-Torres, Norma Delia
 Rojas-Pérez, Héctor
 Cázares-Flores, Luz Llarelly
 López-Avendaño, Jesús Enrique
 López-Molina, Ramon
 Mendoza-Gómez, Aurelia
 Medina-Montenegro, Heidi Melania

Capítulo 23

Estrategias de manejo para el raleo de frutos en palma datilera
 (*Phoenix dactylifera L.*) en el Valle de Mexicali 199

Mendoza-Gómez, Aurelia
 Morales-Maza, Antonio
 Beleño-Cabarcas, Mary Triny
 Torres-Ramos, Ricardo

González-Ruíz, Andrés
Bazante-González, Isidro
Vázquez-Esponzoa, Ana María
Cázarez-Flores, Luz Llarelly
Zazueta-Torres, Norma Delia

Capítulo 24

Efecto de la polinización sobre el amarre de frutos en palma datilera (*Phoenix dactylifera L.*), variedad Mejhoul, en el noroeste de México 207

Contreras-Castro, Jacquelin
Morales-Maza, Antonio
Cervantes-Díaz, Lourdes
González-Ruíz, Andrés
Bazante-González, Isidro
Cázarez-Flores, Luz Llarelly
Vega-Gutiérrez, Tomás Aarón
Angulo-Castro, Azarael
Zazueta-Torres, Norma Delia
Rojas-Pérez, Héctor
Mendoza-Gómez, Aurelia

Presentación

Hablar sobre la mujer en las ciencias agropecuarias nos invita a reflexionar sobre un tema que no solo es relevante, sino urgente y transformador: el fortalecimiento de la mujer en las ciencias agropecuarias.

Hablar de la mujer en este sector es hablar de historia, de lucha y de resiliencia; es hablar del legado que nos dejó y las puertas que nos abrió María Elena Jiménez Lozano, primera mujer agrónoma en México. Durante generaciones, las mujeres han sido pilares fundamentales en el campo: sembrando, cosechando, administrando recursos, transmitiendo conocimiento ancestral y sosteniendo comunidades enteras. Sin embargo, su contribución muchas veces ha sido invisibilizada o subvalorada.

Hoy, esa realidad está cambiando.

Cada vez más mujeres están accediendo a la educación superior en agronomía, veterinaria, biotecnología, desarrollo rural y otras disciplinas agropecuarias. Están liderando proyectos de innovación, impulsando prácticas sustentables y participando activamente en la toma de decisiones que definen el futuro del campo.

Pero el fortalecimiento de la mujer no ocurre por casualidad. Es el resultado de acciones concretas: educación de calidad, acceso a financiamiento, igualdad de oportunidades, capacitación continua y, sobre todo, el reconocimiento de su capacidad y liderazgo.

Fortalecer a la mujer en las ciencias agropecuarias no es solo un acto de justicia social, es una estrategia inteligente para el desarrollo sostenible. Diversos estudios han demostrado que cuando las mujeres tienen acceso a los mismos recursos que los hombres, la productividad agrícola aumenta, la seguridad alimentaria mejora y las comunidades prosperan.

Además, la visión de la mujer aporta un enfoque integral: combina productividad con cuidado del medio ambiente, innovación con tradición y desarrollo económico con bienestar social. Sin embargo, aún enfrentamos retos importantes: brechas salariales, acceso limitado a la

tierra, menor representación en espacios de liderazgo y estereotipos que debemos seguir rompiendo.

Por eso, hoy más que nunca, es fundamental generar espacios donde las mujeres puedan crecer, participar, liderar y transformar. Es necesario fomentar redes de apoyo, mentorías y políticas públicas que impulsen su desarrollo.

Las mujeres que trabajan día a día en el campo o en la ciencia, con su esfuerzo, su inteligencia y su pasión, están sembrando el futuro. Un futuro más justo, más sostenible y más equitativo.

Si trabajamos juntos hombres y mujeres, con seguridad construiremos un sector agropecuario más inclusivo, donde el talento no tenga género y donde cada mujer tenga la oportunidad de florecer y dejar huella.

Porque cuando una mujer avanza, avanza toda la sociedad.

Capítulo 1

Estrés hídrico y salino en precosecha como estrategia para prolongar la vida de anaquel de frutos de calabacita (*Cucurbita pepo L.*)

*Alvarez Mares, Vicente de Jesús¹
Sandoval-Rangel, Alberto ¹
Benavides-Mendoza, Adalberto ¹
Cabrera-De la Fuente, Marcelino¹
Peralta–Manjarrez, Rocío Maricela¹
López-Velázquez, Jordi Gerardo ²
Gurrola-López, Guadalupe Humberto²
Medina-Montenegro, Heidi Melania^{1,3}*

¹ Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Calz Antonio Narro 1923, Buenavista, 25315 Saltillo, Coahuila

² Universidad Tecnológica de Culiacán, Culiacán-Imala Km. 2, Los ángeles, 80014 Culiacán Rosales, Sinaloa.

³ MEDINA.HEIDI@utculiacan.edu.mx

Resumen

La calabacita (*Cucurbita pepo L.*) es un cultivo hortícola de alta relevancia económica y nutricional, cuya comercialización se ve limitada por su corta vida de anaquel. En este contexto, el presente estudio evaluó el efecto del estrés hídrico y salino aplicado en precosecha sobre el crecimiento del cultivo, el rendimiento y la calidad poscosecha de los frutos, con énfasis en parámetros fisiológicos y de conservación. El experimento se desarrolló en un invernadero bajo condiciones controladas, utilizando un diseño factorial completamente al azar. El estrés hídrico se indujo mediante diferentes rangos de tensión del suelo (0–30, 30–50, 50–70 y 70–100 c bar), mientras que el estrés salino se aplicó con concentraciones crecientes de NaCl (0, 50, 100 y 200 mM). Los resultados mostraron que ambos tipos de estrés generaron respuestas fisiológicas diferenciadas según su intensidad. La salinidad elevada provocó una disminución del contenido de clorofila y del crecimiento vegetativo, asociada a desbalances iónicos y estrés osmótico. En contraste, el estrés hídrico leve favoreció incrementos en el rendimiento. En poscosecha, los frutos conservaron valores estables de luminosidad (L^*) y color, lo que indica que la calidad visual no se vio comprometida. Sin embargo, los tratamientos de estrés intenso, especialmente salinos, incrementaron la fuga de electrolitos, reflejando una menor integridad de las membranas celulares durante el almacenamiento. En conjunto, los resultados indican que la aplicación controlada de estrés hídrico y salino leve en precosecha puede ser una estrategia viable para optimizar el uso del agua y mantener la calidad y el rendimiento del cultivo, mientras que niveles moderados y severos resultan perjudiciales para el desempeño agronómico y fisiológico de la calabacita.

Introducción

La calabacita (*Cucurbita pepo L.*) es un cultivo de alta importancia económica y nutricional, cuya comercialización se ve limitada por su corta vida

de anaquel. La mayoría de las estrategias para prolongar su conservación se han enfocado en prácticas poscosecha, existiendo menor información sobre el uso de estrategias precosecha. La aplicación controlada de estrés hídrico y salino en precosecha puede inducir respuestas fisiológicas que fortalecen la estabilidad celular y mejoran la calidad del fruto durante el almacenamiento. El déficit hídrico favorece la acumulación de osmoprotectores y antioxidantes, mientras que el estrés salino activa mecanismos de protección asociados a la tolerancia al estrés abiótico (Bhargava y Sawant, 2013; Munns y Tester, 2008). En este estudio se evaluó el efecto del estrés hídrico y salino aplicado en precosecha sobre variables del cultivo y parámetros de calidad poscosecha, incluyendo clorofila a, luminosidad (L^*) y fuga de electrolitos. Los resultados indican que estreses moderados pueden contribuir a retardar el deterioro y mejorar la vida de anaquel de los frutos almacenados a 13 °C.

Materiales y métodos

El experimento se realizó en un invernadero de la Universidad Tecnológica de Culiacán, Sinaloa, durante el ciclo otoño-invierno, bajo condiciones controladas, con riego por goteo y acolchado plástico, en una superficie de 425 m². Se utilizaron plantas de calabacita (*Cucurbita pepo* L.) variedad Rocío®, establecidas en suelo arcillo-limoso. El estrés se indujo en precosecha mediante dos factores: hídrico y salino. El estrés hídrico se aplicó 10 días antes de la cosecha con base en lecturas de tensiómetro: 0–30 cbar (control), 30–50 cbar (leve), 50–70 cbar (moderado) y 70–100 cbar (severo). El estrés salino se generó mediante la aplicación de NaCl a concentraciones de 0, 50, 100 y 200 mM. Se evaluaron variables de crecimiento y rendimiento, incluyendo rendimiento del fruto. En poscosecha, los frutos se almacenaron a 10 °C y se evaluó pérdida de peso, firmeza, fuga de electrolitos, clorofila a y luminosidad (L^*). El experimento se estableció bajo un diseño factorial completamente al azar con tres réplicas. Los datos se analizaron mediante ANOVA y comparación de medias con la prueba de Fisher ($p < 0.05$).

Resultados y discusión

Con base en el Cuadro 1, el rendimiento por planta de calabacita (*Cucurbita pepo L.*) disminuyó progresivamente conforme se incrementaron los niveles de estrés salino e hídrico aplicados en precosecha. Bajo el nivel de salinidad de 1.76 dS m^{-1} , se registró el mayor rendimiento promedio ($1.29 \text{ kg planta}^{-1}$). Al aumentar la conductividad eléctrica a 4.15 dS m^{-1} , el rendimiento disminuyó en aproximadamente 11 %, mientras que en 5.56 dS m^{-1} la reducción alcanzó cerca del 40 %, lo que concuerda con lo reportado por Zelm et al. (2020). La salinidad elevada induce estrés osmótico y toxicidad iónica, lo que altera procesos fisiológicos fundamentales como la fotosíntesis, el metabolismo y el crecimiento vegetal, afectando el rendimiento y la calidad de los cultivos. En el nivel más alto (8.43 dS m^{-1}), el rendimiento se redujo en alrededor del 31 %, confirmando la sensibilidad de la calabacita a salinidades elevadas. En cuanto al estrés hídrico, los intervalos de 0–30 c bar y 30–50 c bar mantuvieron rendimientos similares ($1.20 \text{ kg planta}^{-1}$), lo que indica tolerancia a déficits hídricos leves. Sin embargo, al incrementar la tensión del suelo a 50–70 c bar y 70–100 c bar, el rendimiento disminuyó entre 24 y 30 %, resultados consistentes con lo descrito por Farooq et al. (2009), quienes reportan que el estrés hídrico severo reduce la expansión celular y la asimilación de carbono. Durante el almacenamiento, los frutos provenientes de niveles bajos de estrés conservaron mayor firmeza (Figura 1), mientras que aquellos sometidos a salinidades $\geq 5.56 \text{ dS m}^{-1}$ y tensiones hídricas superiores a 50 c bar mostraron una disminución progresiva, asociada a un mayor deterioro estructural. Paralelamente, la lixiviación de electrolitos aumentó significativamente con el incremento del estrés (Figura 2), lo que indica pérdida de integridad de las membranas celulares, fenómeno ampliamente documentado bajo condiciones de estrés abiótico (Blokhina et al., 2003; Taiz et al., 2015). Por otro lado, el parámetro de color a^* no presentó diferencias significativas entre tratamientos (figura 3), lo que sugiere que la coloración verde externa del fruto no se vio afectada por el estrés aplicado en precosecha. Resultados similares han sido reportados en otros cultivos hortícolas, donde el estrés moderado no altera de forma significativa los parámetros de color verde de los frutos

en poscosecha (De Wit et al., 2024). En conjunto, los resultados indican que niveles de estrés hídrico de hasta 50 c bar y salinidad de hasta 4.15 dS m⁻¹ pueden considerarse estrategias de manejo viables para optimizar el uso del agua sin comprometer el rendimiento ni la calidad visual del fruto. No obstante, intensidades mayores provocan reducciones de rendimiento de hasta 40 %, además de afectar la estabilidad fisiológica y la calidad poscosecha de la calabacita.

CUADRO 1. Efecto del estrés salino e hídrico sobre el rendimiento de calabacita por planta (*Cucurbita pepo* L.)

TRATAMIENTOS	Salino	Hídrico
Control	1.29 ± 0.13a	1.20 ± 0.12a
Leve	1.15 ± 0.14ab	1.20 ± 0.10a
Moderado	0.78 ± 0.07c	0.84 ± 0.11b
Severo	0.89 ± 0.12bc	0.91 ± 0.08b

Letras diferentes en la misma columna indican diferencia significativa (p≥0.05).

FIGURA 1. Efecto del estrés salino e hídrico en la firmeza de frutos de calabacita (*Cucurbita pepo* L.) durante el almacenamiento

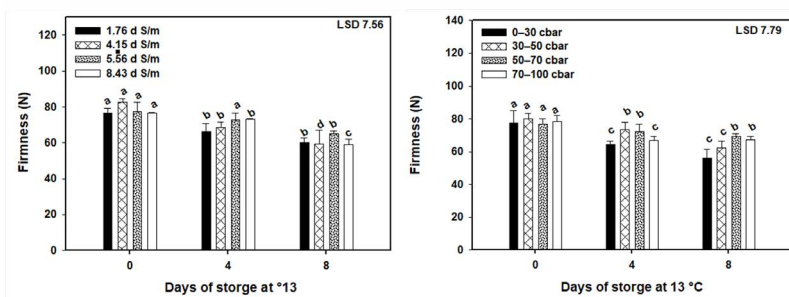


FIGURA 2. Efecto del estrés salino e hídrico en la lixiviación de electrolitos de frutos de calabacita (*Cucurbita pepo L.*)

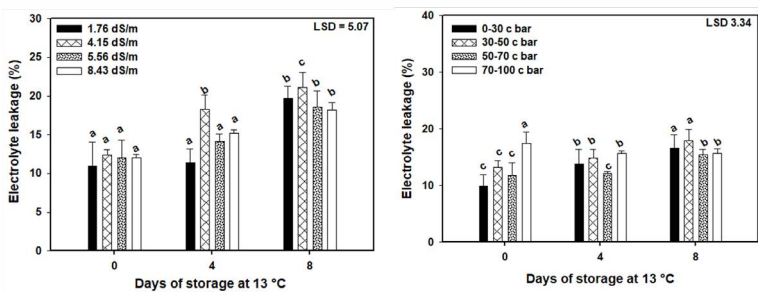
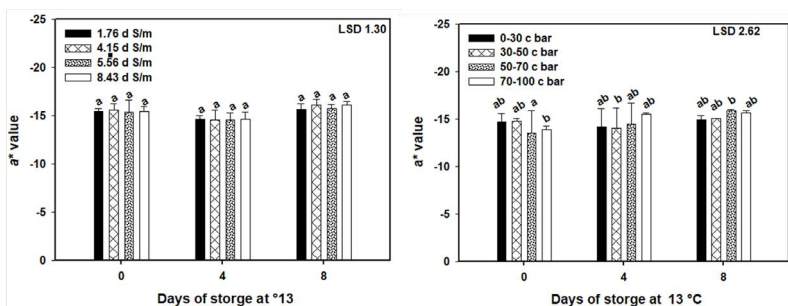


FIGURA 3. Efecto del estrés salino e hídrico en el parámetro a* del color de frutos de calabacita (*Cucurbita pepo L.*)



Conclusiones

La calabacita respondió al estrés hídrico y salino en función de su intensidad. Los niveles leves no afectaron el crecimiento, el rendimiento ni la apariencia del fruto, mientras que el estrés salino moderado y severo redujo la clorofila, la altura de planta y el rendimiento. El estrés hídrico leve permitió mantener el área foliar y el índice de clorofila, favoreciendo un uso más eficiente del agua. En poscosecha, la luminosidad y el color se mantuvieron estables, aunque los estreses intensos incrementaron la fuga de electrolitos, indicando menor integridad de membranas. En con-

junto, el estrés hídrico y salino leve en precosecha se perfila como una estrategia viable para optimizar el uso del agua sin afectar el desempeño agronómico ni la calidad del fruto.

Referencias

- Ávila, J. E., Ramírez, R., López, M., y Hernández, J. (2023). Salinity affects chlorophyll content and photosynthetic performance in horticultural crops. *Scientia Horticulturae*, 309.
- Bhargava, S., y Sawant, K. (2013). Drought stress adaptation: Metabolic adjustment and regulation of gene expression. *Plant Breeding*, 132(1), 21–32. <https://doi.org/10.1111/pbr.12004>
- Caravaca, F., Alguacil, M. M., Azcón, R., y Roldán, A. (2002). Influence of salinity on plant growth and nutrient uptake. *Plant and Soil*, 240, 257–268.
- De Wit, M., Liguori, G., y Vaštakaitė-Kairienė, V. (2024). Preharvest and postharvest factors affecting fruit and vegetables quality, physiology, and shelf-life. *Frontiers in Plant Science*, 15. <https://doi.org/10.3389/fpls.2024.1522530>
- Farooq, M., Wahid, A., Kobayashi, N., Fujita, D., y Basra, S. M. A. (2009). Plant drought stress: Effects, mechanisms and management. *Agronomy for Sustainable Development*, 29(1), 185–212. <https://doi.org/10.1051/agro:2008021>
- Rustioni, L., y Bianchi, D. (2021). Leaf physiological responses to water deficit stress in horticultural crops. *Plant Physiology and Biochemistry*, 162, 1–9.
- Taiz, L., Zeiger, E., Møller, I. M., y Murphy, A. (2015). *Plant physiology and development* (6th ed.). Sinauer Associates.
- Zelm, E. van, Zhang, Y., y Testerink, C. (2020). Salt tolerance mechanisms of plants. *Annual Review of Plant Biology*, 71, 403–433. <https://doi.org/10.1146/annurev-arplant-050718-100005>

Capítulo 2

Efecto de bioestimulantes en la fisiología del cultivo de chile dulce (*Capsicum annuum* L.) Tipo lamuyo

Amaya Ibarra, Julissa¹

Rojas Pérez, Héctor^{1,2}

Zazueta Torres, Norma D¹

Román Román, Leonardo³

Mejía Delgado, Mario Alejandro²

Colón Sandoval, Alejandra⁴

Luna Maldonado, Alejandro F⁵

¹ Tecnológico Nacional de México/ ITS Eldorado, Av. Tecnológico S/N Col. Rubén Jaramillo, CP. 80450. Eldorado, Culiacán Rosales Sinaloa., México

² hector.rp@eldorado.tecnm.mx

³ 123160019@eldorado.tecnm.mx, Universidad Autónoma de Sinaloa, Facultad de Agronomía, Carretera Culiacán-Eldorado Km 17.5, 80000, Culiacán Rosales Sinaloa

⁴ Centro de Investigación en Alimentación y desarrollo, A.C. Nutraceutical and Functional Foods. Carretera Eldorado Km 5.5, Col. Campo el Diez, Culiacán Sinaloa. C.P. 80110, México

⁵ Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de agronomía, Ex Hacienda el Canadá, C. P. 66050 Gral. Escobedo Nuevo León, México

Resumen

El chile dulce (*Capsicum annuum L.*) tipo Lamuyo es una de las hortalizas que ha tenido un crecimiento de consumo a nivel mundial y ocupa el segundo lugar después del tomate. Es una hortaliza que ha tomado importancia por su adaptabilidad en regiones tropicales y subtropicales del continente americano. El fruto contiene vitamina C, capsantina, pigmentos antioxidantes y provitamina A, entre otros. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de dos bioestimulantes fisiológicos: algas marinas (*Ascophyllum nodosum*) y aminoácidos (ácido glutámico), en el índice de clorofila, nitrógeno (N), humedad (H₂O) y temperatura (°C) de la hoja de chile dulce tipo Lamuyo; dichos parámetros fisiológicos fueron medidos con el clorofilómetro portátil Soil Plant Analysis Development (SPAD), modelo ZZY. El índice de clorofila y contenido de N en hojas de chile dulce tipo Lamuyo fueron estadísticamente similares para los T1, T3 y T4 (Testigo, Algas marinas y Aminoácidos + Algas marinas, respectivamente), con comparación al T2 (Aminoácidos), obteniendo el valor más alto de índice de clorofila (64) y de contenido de N (20,50 %) con aplicaciones de algas marinas (*Ascophyllum nodosum*). La humedad en la hoja (H₂O) se incrementó con aplicaciones de aminoácidos (ácido glutámico). Las aplicaciones de algas marinas (*Ascophyllum nodosum*) incrementan el índice de clorofila y los contenidos de nitrógeno en hojas de chile tipo Lamuyo, y los aminoácidos aumentan la humedad (H₂O) en las hojas.

Introducción

El pimiento, *Capsicum annuum L.*, pertenece a la familia Solanaceae, es una especie originaria de las zonas tropicales y subtropicales de América, y se cultiva alrededor del mundo por su sabor y color (Deepika y Tiwari, 2021). Turchi (1999) expresa que pueden considerarse las siguientes variedades comerciales de pimiento dulce: tipo California, tipo Lamuyo, tipo italiano y tipo Marconi. Los extractos de algas marinas se usan en agricultura por sus componentes bioactivos únicos y sus efectos; tienen propiedades fitoestimulantes que provocan un aumento en el crecimiento

vegetal y el rendimiento de muchos cultivos (Ali et al., 2021). Una de las algas marinas más utilizadas a nivel comercial es *Ascophyllum nodosum*; los componentes inorgánicos de sus extractos incluyen nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, hierro, magnesio, zinc, sodio y azufre (Battacharyya et al., 2015). Estudios han mostrado que el contenido de clorofila y la capacidad fotosintética son más altos en plantas tratadas con extracto de algas marinas con aplicaciones foliares y al suelo (Hernández et al., 2014).

Los aminoácidos exógenos, como el ácido glutámico, pueden ser absorbidos e incorporados por las plantas tanto por la vía radical como por la foliar e integrarse así al metabolismo vegetal (Arjona et al., 2004). El ácido glutámico no es un nutrimento; sin embargo, su aplicación foliar puede ser positiva para las plantas, ya que participa en procesos metabólicos importantes, entre los que se encuentran la asimilación del amonio y procesos de transaminación (Taiz y Zeiger, 2003). Con la aplicación de ácido glutámico vía foliar existe la posibilidad de mejorar la asimilación de nitrógeno en las plantas, lo que puede reflejarse en mayor rendimiento.

Actualmente, los análisis de intensidad del verde de las hojas han sido una técnica muy utilizada en la evaluación del contenido de nitrógeno en una planta por el hecho de existir correlación directa entre la intensidad del verde y el contenido de clorofila con la concentración de nitrógeno en la hoja, pues el nitrógeno participa de la constitución de la molécula de clorofila (Taiz y Zeiger, 2004). Los métodos tradicionales utilizados para determinar la cantidad de clorofila en la hoja requieren destrucción de muestras de tejido y mucho trabajo en los procesos de extracción y cuantificación (Argenta et al., 2001). El índice de clorofila o Soil Plant Analysis Development (SPAD) obtenido por los clorofilómetros portátiles es proporcional a la cantidad de clorofila presente en la hoja (Minolta Camera, 1989). Varios trabajos recomiendan la utilización del medidor de clorofila Minolta SPAD-502 y SPAD Modelo ZZ2 para la evaluación del estado nutricional de una planta con relación al nitrógeno, como Godoy et al. (2003) en pimentón.

El objetivo del trabajo de investigación fue evaluar el efecto de dos bioestimulantes fisiológicos, algas marinas (*Ascophyllum nodosum*) y aminoácidos (ácido glutámico), en el índice SPAD, nitrógeno, humedad y temperatura de la hoja del cultivo de chile dulce tipo Lamuyo obtenidos por el clorofilómetro portátil SPAD, modelo ZZY.

Materiales y métodos

El estudio se realizó en el invernadero del Instituto Tecnológico Superior de Eldorado, ubicado en Eldorado, Sinaloa, México. El cultivo que se utilizó para el experimento fue chile dulce tipo Lamuyo, el cual se trasplantó el 3 de enero de 2025 a una distancia de 40 cm entre planta y 1.80 m entre surco. El riego se realizó por goteo aplicando la fertilización vía riego (Solución nutritiva universal de Steiner, 1961). Utilizando el diseño experimental completamente al azar con 4 tratamientos y 8 repeticiones. Los tratamientos fueron: T1: Testigo, T2: Aminoácidos (ácido glutámico) 3 ml L⁻¹, T3: Algas marinas (*Ascophyllum nodosum*) 1 ml L⁻¹ y T4: Combinación de aminoácidos (3 ml L⁻¹) más algas marinas (1 ml L⁻¹). Las aplicaciones se realizaron cada 7 días en forma foliar, tomando como unidad experimental una planta por repetición y una hoja intermedia por planta para medir el índice SPAD, nitrógeno, humedad y temperatura de la hoja en un horario de 11:00 a 12:00 am. Para medir los parámetros fisiológicos, se utilizó el clorofilómetro portátil Soil Plant Analysis Development (SPAD), modelo ZZY. Para el análisis de varianza y para la comparación de medias de las variables en estudio, se utilizó el software de diseños experimentales, versión 1.0 de la Facultad de Agronomía (UANL), unidad Marín, N.L., elaborado por Olivares (1994). Para la comparación de valores medios se utilizó la prueba de Tukey ($p < 0.05$).

Resultados y discusiones

Se observó diferencia significativa entre los tratamientos (Cuadro 1) en cuanto al índice de clorofila en hojas de chile dulce tipo Lamuyo, mostrándose estadísticamente similares. Los T1, T3 y T4 (Testigo, Algas marinas y Aminoácidos + Algas marinas, respectivamente), con respecto al T2 (Aminoácidos), obtienen el valor más alto de SPAD (64) con la aplicación de algas marinas (*Ascophyllum nodosum*), esto debido al contenido de nitrógeno que contienen. Los resultados observados coinciden con lo reportado por Hernández et al. (2014).

Se observó diferencia significativa entre los tratamientos (Cuadro 1) en lo que respecta al contenido de N en las hojas de chile dulce tipo

Lamuyo, mostrándose estadísticamente similares los tratamientos T1, T3 y T4 con respecto al T2 (aminoácidos), observando que el valor más alto de N (20,50 %) se alcanzó con la aplicación de algas marinas (*Ascophyllum nodosum*). Se observó una relación directa entre el contenido de clorofila (índice SPAD) y el contenido de N en las hojas, lo cual coincide con lo reportado por Godoy et al. (2003) en pimentón, así como por Taiz y Zeiger (2004).

En cuanto al contenido de humedad (H₂O) g cm² en las hojas de chile dulce tipo Lamuyo, se observó diferencia significativa entre los tratamientos (Cuadro 1) T1, T3 y T4 con respecto al T2 (Aminoácidos), siendo el valor más alto de H₂O en hojas de 3.08 g cm², con la aplicación de aminoácidos (ácido glutámico). Los resultados coinciden con lo observado por Arjona et al. (2004), donde mencionan que los aminoácidos, como el ácido glutámico, pueden ser absorbidos e incorporados por las plantas tanto por la vía radical como foliar e integrarse así al metabolismo vegetal, mejorando su funcionamiento fisiológico, como es la humedad en las hojas, creando un microclima que regula la temperatura de las mismas. No se encontró diferencia significativa entre los tratamientos con respecto a la temperatura (°C) de las hojas de chile dulce y tipo Lamuyo.

Cuadro 1. Comparación de medias (Tukey $p \leq 0.05$), de tres variables en hojas de chile dulce tipo Lamuyo.

Variables	Testigo	Aminoácidos	Algas marinas	Aminoácidos + algas marinas
Índice SPAD	61 a	51 b	64 a	57 ab
Contenido de N (%)	19.41 a	16.36 b	20.5 a	18.18 ab
Contenido de humedad (H ₂ O) g cm ²	2.23 b	3.08 a	2.22 b	2.26 b

Testigo, Aminoácidos (Ac. Glutámico) 3ml L⁻¹, Algas marinas (*Ascophyllum nodosum*) 1ml L⁻¹, Aminoácidos (3ml L⁻¹) más algas marinas (1ml L⁻¹).

Conclusiones

La aplicación de algas marinas (*Ascophyllum nodosum*) incrementó el índice de reflectancia (SPAD) y contenido de nitrógeno en hojas de chile dulce tipo Lamuyo, y la aplicación de aminoácidos aumentó el contenido de humedad (H₂O) en las hojas..

Referencias

- Ali, O., Ramsubhag, A., y Jayaraman, J. (2021). Biostimulant properties of seaweed extracts in plants: implications towards sustainable crop production. *Plants*, 10(531), 1-27.
- Argenta, G., Silva, P. R. F., Bortolini, C. G., Forsthofer, E. L., y Strieder, M. L. (2001). Relação da leitura do clorofilômetro com os teores de clorofila extraível e de nitrogênio na folha de milho. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, 13(2), 158–167.
- Arjona, H. D., Herrera, J. E., Gómez, J. A., y Ospina, J. (2004). Evaluation of the application of urea, molasses and amino acids on growth and yield of onion plants (*Allium cepa* L. Group cepa) in the Bogotá Savanna. *Agronomía Colombiana*, 22(2), 177–184.
- Battacharyya, D., Babgohari, M. Z., Rathor, P., y Prithiviraj, B. (2015). Seaweed extracts as biostimulants in horticulture. *Scientia Horticulturae*, 196, 39-48.
- Deepika, y Tiwari, S. P. (2021). Effect of different Biozyme concentration for maximum yield potential in *Capsicum annum* L. *International Journal of Chemical Studies*, 9(2), 432-436.
- Godoy, L. J. G., Villas Bôas, R. L., y Büll, L. T. (2003). Utilização da medida do clorofilômetro no manejo da adubação nitrogenada em plantas de pimentão. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 27(6), 1049–1056.
- Hernández, H. R. M., Santacruz, R. F., Ruiz, L. M. A., Norrie, J., y Hernández, C. G. (2014). Effect of liquid seaweed extracts on growth of tomato seedlings (*Solanum lycopersicum* L.). *Journal of Applied Phycology*, 26(1), 619–628.

- Minolta Camera Co. (1989). Manual for chlorophyll meter SPAD-502. Minolta Camera Co.
- Olivares, E. S. (2012). Diseños experimentales [Libro]. Facultad de Agronomía, Universidad Autónoma de Nuevo León. Versión 1.0 en disco compacto.
- Taiz, L., y Zeiger, E. (2003). Plant physiology (3.^a ed.). Sinauer Associates. 623.
- Turchi, A. (1999). Biblioteca práctica del horticultor: Guía práctica de horticultura. Ediciones CEAC. 236. http://biblioteca.unach.edu.ec/opac_css/index.php?lvl=notice_display&id=8417.

Capítulo 3

Partículas microscópicas de silicio y ácido acetilsalicílico en plántula de pepino bajo casa sombra

Aragón-Martínez, Sergio A.¹

Cázarez-Flores, Luz Ll.^{1,2}

Angulo-Castro, Azareel.¹

Serrano-López, Luis A.¹

Vega-Gutiérrez, Tomas A.¹

Tirado-Ramírez, Martin A.¹

Lara-Murrieta, Praxedes¹

¹ Universidad Autónoma de Sinaloa, Facultad de Agronomía. Carretera Culiacán-El-dorado km 17.5, Culiacán, Sinaloa, México. C. P. 80000.

² luzcazare@uas.edu.mx

Resumen

El silicio (Si) ha sido estudiado desde el siglo pasado y se ha debatido su esencialidad en los cultivos en diversas ocasiones. El motivo de esta investigación fue observar el efecto que producen las partículas microscópicas de silicio (MPs-Si) y ácido acetilsalicílico (ASA), también, cuáles son las dosis más efectivas en plántula de pepino, para mejorar variables de calidad de plántula e interés agronómico. El experimento se realizó en el ciclo primavera-verano del 2024 y contó con 10 tratamientos: tres tratamientos con 2, 4 y 6 mg L⁻¹ de MPs-Si; tres tratamientos con 1, 0.01, 100 μM de ASA; tres dosis de combinación de MPs-Si y ASA, siendo 2 mg L⁻¹ de MPs-Si y 1 μM, 4 mg L⁻¹ de MPs-Si y 0.01 μM y 6 mg L⁻¹ de MPs-Si y 100 μM de ASA; y un testigo. Las aplicaciones de los tratamientos fueron foliares a los 17 días después de la emergencia y se efectuaron a las 8 a.m. durante una semana en intervalos de 24 horas. Los resultados muestran que la dosis de 6 mg L⁻¹ de MPs-Si fue resaltante para las variables de peso fresco parte aérea (PFPA) y radicular (PFPR); la dosis con 2 mg L⁻¹ y 1 μM de MPs-Si y ASA obtuvo resultados significativos en relación parte aérea y radicular (RPAR). Los resultados del experimento demuestran que MPs-Si y el ASA tienen efectos significativos en variables de calidad de plántula y de interés agronómico de las plántulas de pepino.

Introducción

La absorción de Si por las plantas no ocurre en su forma mineral más común de dióxido de Si (SiO₂), sino como ácido ortosilícico (H₄SiO₄), una molécula soluble que las raíces pueden asimilar más fácilmente, pero este proceso implica una adición al SiO₂ con dos moléculas de agua (H₂O) (Matychenkov et al., 2016). En un estudio posterior, como el de Abd-Alkarim et al. (2017), han documentado que la incorporación de Si en el cultivo de pepino mejora el rendimiento temprano de los frutos y también el rendimiento comerciable.

Por otro lado, el ácido acetilsalicílico (ASA) ha mostrado efectos positivos en el desarrollo de ciertas especies de plantas; por ejemplo, en una orquídea (*Oncidium sp.*), se observó que su combinación con sacarosa potenciaba la floración (Hew, 1987). De manera similar, en crisantemo (*Dendranthema grandiflora*), su aplicación mejoró aspectos celulares relacionados con la fotosíntesis, como el tamaño y la cantidad de los cloroplastos (Feng et al., 2010). El presente trabajo se llevó a cabo con el objetivo de observar el efecto de las MPs-Si y el ASA, así como cuáles son las dosis más efectivas en las plántulas de pepino, para mejorar variables de calidad de plántula y de interés agronómico de las plántulas de pepino.

Materiales y métodos

El experimento se estableció en las instalaciones de una casa sombra de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Sinaloa (UAS); instalaciones localizadas en las siguientes coordenadas: 24° 48' 30" N y 107° 24' 30" O, a 38.54 m de altitud. El experimento consistió en una repetición, ciclo primavera-verano (PV); el ciclo PV empezó el día 26 de febrero y se cosechó el 10 de abril de 2024 (44 días). Se sembraron semillas de pepino (*Cucumis sativus* cv. Persa) en charolas de poliestireno rellenas con peat moss de la marca Bergel®, con 60 plántulas por tratamiento. Los tratamientos fueron SiO₂ al 85 % (tierra de diatomea del fabricante Aureoh Life and Garden®) en concentraciones de 2, 4 y 6 mg L⁻¹; ácido acetilsalicílico (ASA; Aspirina®, Bayer) en concentraciones de 1, 0.01 y 100 µM (Tucuch-Haas et al., 2021); y combinaciones de MPs-Si con ASA (2 mg L⁻¹ de MPs-Si + 1 µM de ASA; 4 mg L⁻¹ de MPs-Si + 0.01 µM de ASA; 6 mg L⁻¹ de MPs-Si + 100 µM de ASA), más un tratamiento testigo. La fertilización se realizó con solución Steiner al 25 % a partir del primer par de hojas verdaderas, al 50 % desde el segundo par y al 75 % al iniciar la fase de floración. Las aplicaciones de los tratamientos fueron foliares a los 17 días después de la emergencia y se efectuaron en intervalos de 24 horas a las 8 a.m. durante una semana; como fuente de ASA se utilizaron tabletas efervescentes solubles con un contenido de 500 mg de ASA; para la obtención de las diferentes concentraciones de ASA, se tomó en cuenta el peso

molecular del ASA (180.158 g M^{-1}), así como la concentración y peso de las tabletas esclarecidas en el empaque.

A los 40 después de la emergencia, se tomaron 20 plántulas por tratamiento al azar y se midió: número de hojas (Hojas), contando todas las hojas que tenía cada plántula; para PFPA y PFPR, las plántulas fueron cortadas 1 cm arriba del cepellón para ser pesadas en una balanza granataria (CZ 30, marca Aczet®); para materia seca parte aérea (PSPA) y parte radicular (PSPR), las plántulas se sometieron a un proceso de secado durante 72 h en estufa (292, marca Felisa®) a $70 \text{ }^\circ\text{C}$; luego, se midieron los pesos secos mediante una balanza granataria (CZ 30, marca Aczet®); para RPAR, se utilizó la fórmula (PSPA / PSPR) de (Dickson et al., 1960). El diseño experimental fue un diseño completo al azar con submuestras; se utilizó el paquete estadístico Minitab® versión 19. Para el análisis estadístico se usó la prueba de Tukey para aquellas variables que cumplieron con normalidad y homocedasticidad de varianzas; para aquellas variables que no cumplieron con al menos uno de estos supuestos, se utilizó la prueba de Games-Howell.

Resultados y discusión

Cuadro 1. Efecto de partículas microscópicas de silicio y ácido acetilsalicílico en número de hojas, pesos frescos de parte aérea y radicular y relación parte aérea y parte radicular en plántula de pepino

Tratamiento	Hojas	PFPA* g	PFPR g	RPAR*
2 mg L ⁻¹ de MPs-Si	7.35ab	87.63abcd	20.11ab	5.65c
4 mg L ⁻¹ de MPs-Si	7.10abc	78.53cd	21.71a	7.04bc
6 mg L ⁻¹ de MPs-Si	7.20ab	103.49a	23.04a	8.14abc
1 μM de ASA	6.70bcd	101.83ab	20.36ab	6.42bc
0.01 μM de ASA	6.20cd	88.10abcd	18.08ab	10.02ab

Tratamiento	Hojas	PFPA* g	PFPR g	RPAR*
100 μM de ASA	6.65bcd	94.92abc	16.06abc	9.42abc
2 mg L ⁻¹ y 1 μM de MPs-Si y ASA	6.85abcd	70.85d	10.69c	11.61a
4 mg L ⁻¹ y 0.01 μM de MPs-Si y ASA	7.75a	77.82cd	14.31abc	6.81bc
6 mg L ⁻¹ y 100 μM de MPs-Si y ASA	6.00d	81.55bcd	14.61abc	5.83c
Testigo	6.20cd	87.39abcd	13.43abc	6.54bc
CV*	14.52	13.78	25.78	29.63

Media; CV: coeficiente de variación; diferentes letras dentro de cada columna muestran diferencia estadística significativa con la prueba de Games-Howell ($p \leq 0.01$); PFPR y RPAR se evaluó con la prueba de Tukey ($p \leq 0.01$).

En cuanto a las Hojas, las plántulas tratadas con 4 mg L⁻¹ y 0.01 μM de MPs-Si y ASA presentaron significancia estadística con una media de 7.75; los resultados concuerdan por el lado de Si; por otro lado, Laane (2018) reportó un incremento del número de hojas en soya (*Glycine sp.*) con aplicaciones foliares de Si. Por el lado de ASA, los resultados no concuerdan con Korkmaz et al. (2007), quienes no reportaron incrementos significativos en el número de hojas en plántulas de melón (*Cucumis melo*). Para PFPA, las plántulas tratadas con 6 mg L⁻¹ de MPs-Si no presentaron significancia con 103.49; sin embargo, estos resultados concuerdan con Li et al. (2018), quienes presentaron un metaanálisis donde evidenciaban que el Si incrementa los niveles de biomasa aérea a través de la acumulación de carbono. Para PFPR, las plántulas tratadas con 6 y 4 mg L⁻¹ de MPs-Si no presentaron significancia con 23.04; los resultados concuerdan con los de Huang et al. (2011), que reportaron incrementos al final de su experimento en el peso de raíces de plántu-

las de tomate. Para RPAR, las plántulas tratadas con 2 mg L⁻¹ y 1 μM de MPs-Si y ASA presentaron significancia estadística con una media de 11.61; estos resultados concuerdan con Shipley y Meziane (2002), quienes reportaron incrementos fluctuantes en esta relación cuando se dosifica con Si. Por el lado de ASA, los resultados no concuerdan con Korkmaz et al. (2007), quienes no reportaron incrementos significativos en la RPAR en plántulas de melón (*Cucumis melo*).

Conclusiones

Los datos indican que la dosis de 6 mg L⁻¹ de MPs-Si presentó indicios de ser idónea para plántulas de pepino en ciclo PV. Para RPAR, los resultados indican que la dosis de 2 mg L⁻¹ y 1 μM de MPs-Si y ASA plantean la posibilidad de que sea una adición para la producción forrajera, aunque se necesitan más estudios al respecto; dado lo anterior, se concluye que las MPs-Si mejoran las variables de calidad e interés agronómico en plántulas de pepino.

Referencias

- Abd-Alkarim, E., Bayoumi, Y., Metwally, E., y Rakha, M. (2017). Silicon supplements affect yield and fruit quality of cucumber (*Cucumis sativus* L.) grown in net houses. *African Journal of Agricultural Research*, 12(31), 2518-2523. <https://doi.org/10.5897/AJAR2017.12484>
- Feng, Z., Fang, L., Zheng, C. S., Shu, H. R., Sun, X. Z., y Yoo, Y. K. (2010). Effects of acetylsalicylic acid and calcium chloride on photosynthetic apparatus and reactive oxygen-scavenging enzymes in chrysanthemum under low temperature stress with low light. *Agricultural Sciences in China*, 9(12), 1777–1786. [https://doi.org/10.1016/S1671-2927\(09\)60276-5](https://doi.org/10.1016/S1671-2927(09)60276-5)
- Hew, C. S. (1987). The effects of 8-hydroxyquinoline sulphate, acetylsalicylic acid and sucrose on bud opening of *Oncidium* flowers. *Journal of horticultural science*, 62(1), 75-78. <https://doi.org/10.1080/014620316.1987.11515752>

- Huang, C. H., Roberts, P. D., y Datnoff, L. E. (2011). Silicon suppresses *Fusarium* crown and root rot of tomato. *Journal of Phytopathology*, 159(7-8), 546-554. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0434.2011.01803.x>
- Laane, H. M. (2018). The effects of foliar sprays with different silicon compounds. *Plants*, 7(2), 45. <https://doi.org/10.3390/plants7020045>
- Li, Z., Song, Z., Yan, Z., Hao, Q., Song, A., Liu, L., Yang, X., Xia, S., y Liang, Y. (2018). Mejora del silicio de la acumulación estimada de carbono de biomasa vegetal bajo tensiones abióticas y bióticas. Un metaanálisis. *Agronomía para el Desarrollo Sostenible*, 38(3), 26. <https://doi.org/10.1007/s13593-018-0496-4>
- Matychenkov, I. V., Khomyakov, D. M., Pakhnenko, E. P., Bocharnikova, E. A., y Matychenkov, V. V. (2016). Mobile Si-rich compounds in the soil-plant system and methods for their determination. *Moscow University Soil Science Bulletin*, 71, 120-128. <https://doi.org/10.3103/S0147687416030054>
- Shipley, B., y Meziane, D. (2002). The balanced-growth hypothesis and the allometry of leaf and root biomass allocation. *Functional Ecology*, 16(3), 326-331. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2435.2002.00626.x>
- Tucuch-Haas, C. J., Angulo-Castro, A., Tucuch-Haas, J. I., Mejia-Delgado, M. A., y López-Orona, C. A. (2021). Use of Aspirine® (Acetylsalicylic acid) in the yield of grain of corn crop. *Revista bio ciencias*, 8. <https://doi.org/10.15741/revbio.08.e1035>
- Korkmaz, A., Uzunlu, M., y Demirkiran, A. R. (2007). Treatment with acetyl salicylic acid protects muskmelon seedlings against drought stress. *Acta Physiologiae Plantarum*, 29(6), 503-508. <https://doi.org/10.1007/s11738-007-0060-3>

Capítulo 4

Rendimiento y estabilidad de variedades de cártamo (*Carthamus Tinctorius L.*), en la región del Valle de Mexicali, Baja California México

Ávila Casillas, Eva^{1,2}
*Camarillo Pulido, Mario*¹
*Gómez Mercado, Rene*³
*Aguilera Molina, Nestor*²
*Ochoa Espinoza, Xochilt M.*²
*Cota Barreras, Carlos*⁴
*García Bolivar, Elco Humberto*²

¹ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Valle de Mexicali.

² avila.eva@inifap.gob.mx

³ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Norman E. Borlaug.

⁴ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Vale de Culiacan.

Resumen

El presente trabajo tuvo como objetivo proporcionar información del comportamiento en rendimiento de las variedades de cártamo oleicas CHEY-OL y HUATSON-OL, bajo condiciones de riego en el Valle de Mexicali, Baja California, durante los ciclos 2022-2023 y 2023-2024 en el lote #47 de la Col. Chapultepec del Valle de Mexicali, B. C. Las variables agronómicas consideradas fueron: días a inicio de floración, días a floración, color de flor, altura de planta, rendimiento de grano (kg ha^{-1}) y peso hectolítrico. La evaluación se realizó bajo un diseño de bloques generalizados con cuatro repeticiones. Se realizó un análisis de varianza y prueba de comparación de medias Tukey, utilizando un nivel de significancia del 5 %, usando el paquete estadístico RStudio. El rendimiento de grano de los genotipos estudiados en este ensayo no fue significativamente diferente en el tamaño de la muestra; CHEY-OL se expresó por arriba de 3.47 ton ha^{-1} y HUATSON-OL con 3.36 ton ha^{-1} .

Introducción

El cultivo de cártamo (*Carthamus tinctorius L.*) adquiere gran importancia económica en México debido a que la demanda industrial de aceite se abastece de importaciones, por lo que representa una excelente opción de cultivo. Las principales limitantes para la producción son las enfermedades como la roya (*Puccinia carthami*) y la falsa cenicilla (*Ramularia carthami*), las cuales pueden causar grandes pérdidas económicas para el productor. Las variedades de tipo oleico son requeridas por la industria aceitera, debido a que son las de mayor demanda en el mercado internacional. Sin embargo, las que actualmente se encuentran en el mercado continúan perdiendo la tolerancia a la principal enfermedad del cártamo, la falsa cenicilla. Con base en dicha problemática, el Programa de Mejoramiento Genético de Cártamo del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales

Agrícolas y Pecuarias “INIFAP” del Centro de Investigaciones Regional Noroeste “CIRNO” sigue desarrollando sus trabajos en la formación de variedades de amplia adaptación, mayor rendimiento de grano, alta calidad industrial y altamente tolerantes a las enfermedades. En el noroeste de México se inició la experimentación con cártamo en el año de 1958, con pruebas de adaptación y rendimiento (Montoya et al., 2010). En el Valle de Mexicali, el cártamo es un cultivo anual que inició comercialmente en el ciclo 1965-66 con una superficie de 2700 ha y llegó a las 29,000 ha en 1968-69, con un rendimiento medio de 1566 kg ha⁻¹. Posteriormente, durante el periodo de 1971 a 1981, la media de la superficie sembrada fue de 11 000 ha, con un rendimiento medio de 2101 kg ha⁻¹, lo que significó un incremento de 34 %, equivalente a 535 kg ha⁻¹ (Camarillo et al., 1983).

El programa de mejoramiento genético de cártamo inició desde la década de los 70 con el objetivo de identificar materiales que se adapten a las condiciones de la región y que presenten calidad y productividad (Quilantán, 1978). En los programas de fitomejoramiento de México, el método más común es *pedigree* o genealógico (Krupinsky, 1974; Harri-gan, 1985). A lo largo del tiempo se ha trabajado para generar materiales que cubran las necesidades de los productores y, gracias a esta actividad, se han logrado liberar variedades con resistencia a distintas enfermedades de importancia mundial como la roya del cártamo (*P. carthami*) y alternaria (*Alternaria carthami*) (Montoya y Ochoa, 2006). Con base en lo anterior, dicho Programa liberó cuatro variedades linoleicas y una oleica, donde destacó la variedad CIANO-LIN del tipo linoleica por su mayor rendimiento y tolerancia a las enfermedades (Montoya, 2010; Borbón et al., 2011). En el 2015 se liberó la variedad CHEY-OL de tipo oleica con la característica de su gran contenido de aceite (Ávila et al. 2017); es altamente estable en su reproducción a través de localidades del noroeste de México y cuenta con un alto porcentaje de aceite y de ácido oleico. Posteriormente, en el año 2022, el CIRNO-INIFAP liberó la variedad oleica HUATSON OL, la cual se identificó con la genealogía CCC1631-1-1-1. El proceso de mejoramiento fue realizado por el método de pedigrí. En la generación F1 se aplicó selección en masa y en F2 selección individual. En F3 se realizó nuevamente la selección en masa para obtener la línea avanzada y a partir de F4 se integró a los

ensayos de rendimiento hasta F9, donde se realizaron validaciones en parcelas comerciales para su posterior liberación (Ochoa et al. 2024). HUATSON-OL mostró alta tolerancia a falsa cenicilla, tizón de la hoja y tolerancia a roya de la hoja (Ochoa et al. 2024).

La mejor medida de control de las enfermedades es el uso de variedades tolerantes, ya que contribuyen al cuidado del medio ambiente y a disminuir los costos de producción, por no usar agroquímicos. Por lo que este trabajo se realizó con el objetivo de proporcionar información del comportamiento en rendimiento de las variedades CHEY-OL y HUATSON-OL, bajo condiciones de riego en el Valle de Mexicali, Baja California.

Materiales y métodos

Establecimiento y manejo del cultivo. Las evaluaciones se realizaron durante los ciclos agrícolas de otoño-invierno 2022-2023 y 2023-2024, en el Campo Experimental del Valle de Mexicali, B. C., en el lote #47 de la Colonia Chapultepec bajo las condiciones de riego, y se estableció de acuerdo al paquete tecnológico recomendado por el INIFAP. Las parcelas se establecieron en surcos separados a 0.75 m, sembrados a hilera sencilla, con una densidad de siembra de 10 kg ha⁻¹. La unidad experimental fue de tres surcos de cinco metros de largo (11.25 m²). Las variedades sembradas fueron HUATSON-OL y CHEY-OL en suelo “seco”, a hilera sencilla y de forma mecanizada; para ello, se utilizó un tractor John Deere modelo 6403 y una sembradora conocida como “Planet Jr.”. Después de la siembra, se realizó un riego de germinación o nacencia y se aplicaron cuatro riegos de auxilio. En lo que se refiere a fertilización, se utilizó la fórmula: 161-00-00 dividida en 2 aplicaciones y se realizaron 2 cultivos mecánicos. La cosecha se realizó a partir de julio de forma manual. Por otro lado, se establecieron parcelas comerciales de 12 surcos de 100 m de longitud separados a 0.75 m y sembrados a hilera sencilla, con una densidad de siembra de 10 kg ha⁻¹ y bajo el mismo seguimiento agronómico. La trilla se realizó con una máquina estacionaria y se tomaron cinco muestras de 3 m de cada variedad. Todas las muestras obtenidas en campo fueron pesadas con una báscula en el laboratorio de semillas.

Una vez obtenida la semilla de las muestras de validación, esta se envió al laboratorio para determinar la calidad de aceite.

Variables agronómicas. Las variables agronómicas consideradas fueron: días a inicio de floración, días a floración, color de flor, altura de planta, rendimiento de grano (kg ha^{-1}) y peso hectolítrico. La estimación del rendimiento se realizó por muestreo; cada muestra se trilló mecánicamente para obtener el grano por parcela útil, y se pesó para calcular su rendimiento en kilogramos por hectárea. El peso hectolítrico se calculó con base en el peso del grano contenido en un litro (kg hl^{-1}).

Diseño experimental. La evaluación se realizó bajo un diseño de bloques generalizados con cuatro repeticiones. Se realizó un análisis de varianza y prueba de comparación de medias Tukey, utilizando un nivel de significancia del 5 %, usando el paquete estadístico RStudio.

Resultados y discusión

En el Cuadro 1 se presentan datos de rendimiento y peso hectolítrico de dos variedades de cártamo en los ciclos agrícolas de otoño-invierno 2022-2023 y 2023-2024. La variedad CHEY-OL alcanzó en promedio un rendimiento de 1.30 kg y HUATSON-OL 1.26 por área muestreada, lo que representa 3.47 ton ha^{-1} y 3.36 ton ha^{-1} , respectivamente. No se encontraron diferencias estadísticas significativas ($p = 0.8106$) en rendimiento entre ambas variedades. Respecto al peso hectolítrico, en promedio se registró para CHEY-OL $552.83 \text{ kg hl}^{-1}$ y HUATSON-OL $506.72 \text{ kg hl}^{-1}$ con diferencias estadísticas significativas ($p = 0.00005$), durante los ciclos agrícolas de otoño-invierno 2022-2023 y 2023-2024.

Cuadro 1.- Evaluación de variedades de cártamo en dos ciclos agrícolas OI 2022/2023 y 2023/2024

Año	Variedad	Rendimiento muestreado (kg)	Rendimiento (ton ha ⁻¹)	Peso hectolítrico (kg hl ⁻¹)*
2022-2023	HUATSON-OL	1.39 a	3.71	501.45 b
2022-2023	CHEY-OL	1.46 a	3.90	551.43 a
2023-2024	HUATSON-OL	1.13 a	3.02	512.00 b
2023-2024	CHEY-OL	1.14 a	3.04	554.25 a

*Letras diferentes indican diferencias estadísticas (p=0.05)

En el Cuadro 2 se presentan resultados de la validación comercial de las variedades HUATSON-OL y CHEY-OL obtenidos por muestreo. La variedad CHEY-OL alcanzó en promedio un rendimiento de 1373 kg y HUATSON-OL 1305 kg por área muestreada, lo que representa 3.66 ton ha⁻¹ y 3.48 ton ha⁻¹, respectivamente. Ávila et al. (2024) reportaron que la variedad CHEY-OL presentó un rendimiento de 4.916 ton ha⁻¹ y 4.191 ton ha⁻¹ para HUATSON-OL. El contenido registrado de ácido oleico y linoleico para HUATSON-OL fue de 62.21 y 29.35, y para CHEY-OL fue de 71.96 y 20.25, respectivamente.

Cuadro 2.- Validación comercial de las variedades de cártamo HUATSON OL y CHEY OL en el Valle de Mexicali, B. C. Ciclo 2022-2023

Variedad	Peso Área Muestreada (kg)	Peso (ton ha ⁻¹)	Peso hectolítrico (kg hl ⁻¹)	Peso Mil Semillas (g)	Ácido oleico	Ácido Linoleico
HUATSON-OL	1305	3.48	521	35	62.21	29.35
CHEY-OL	1373	3.66	557	34	71.96	20.25

Conclusiones

En el rendimiento en parcelas experimentales, la variedad CHEY-OL alcanzó en promedio un rendimiento de 1.30 kg y HUATSON-OL 1.26 por área muestreada, lo que representa 3.47 ton ha⁻¹ y 3.36 ton ha⁻¹, respectivamente. En parcelas comerciales, la variedad CHEY-OL alcanzó en promedio un rendimiento de 1373 kg y HUATSON-OL 1305 kg por área muestreada, lo que representa 3.66 ton ha⁻¹ y 3.48 ton ha⁻¹, respectivamente.

Referencias

- Ávila, C. E., Camarillo, P. M., Aguilera, M. N., Ochoa, E. X., García, B. E., y Cota, B. C. (2024). [Ponencia]. XXVII Congreso Internacional de Ciencias Agrícolas, Universidad Autónoma de Baja California, Mexicali, Baja California, México. 791–796.
- Ávila, C. E., Ochoa, E. X. M., Montoya, C. L., Aguilera, M. N. A., Borbón, G. A., y Alvarado, P. J. I. (2017). Chey-ol: Nueva variedad de cártamo oleica para el noroeste de México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 8(5), 1209–1212
- Borbón-Gracia, A., Ochoa-Espinoza, X. M., Montoya-Coronado, L., Pérez-Márquez, J., y García-Camarena, M. G. (2011). Ciano Lin: Nueva variedad de cártamo linoleica. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 2(5), 791–794.
- Camarillo, P. M., Machain, L. M., y Guzmán, R. S. (1983). Guía para producir cártamo en el Valle de Mexicali (Folleto para productores Núm. 6). Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas.
- Comisión Nacional del Agua. (2004). Reporte técnico No. GAS/SEMG/2005/01 [Informe técnico]. Gerencia de Aguas Subterráneas, Subgerencia de Exploración y Monitoreo.
- García-Cueto, O. R. y Santillán, N. (2012). Modeling extreme climate events: Two case studies in Mexico. En L. M. Druyan (Ed.). *Climate models*. 137-160. Intech.
- Harrigan, E. F. S. (1985). Safflower breeding for disease resistance in Australia. *Sesame and Safflower Conference Newsletter*, (1), 44–45.

- Montoya, C. L., y Ochoa, F. B. (2006). Guía para producir cártamo en el sur de Sonora (Folleto para productores Núm. 37). Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.
- Montoya, C. L. (2010). El cultivo del cártamo (*Carthamus tinctorius L.*) en México (Libro Técnico Núm. 5). Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.
- Ochoa Espinoza, X. M., Aguilera Molina, N. A., Montoya Coronado, L., García Bolívar, E. H., Cota Barreras, C. I., Ávila Casillas, E., Borbón Gracia, B., y Marroquín Morales, J. A. (2024). Huatson Ol: Nueva variedad de cártamo del tipo oleico. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 47(4), 421–423.
- Krupinsky, J. M. (1974). Safflower: A crop with an *Alternaria* leaf spot problem [Documento de proyecto]. Departamento de Fitopatología, Universidad de Montana.
- Quilantán, V. L. (1978). Cártamo. En S. T. Cervantes (Ed.), *Recursos genéticos disponibles en México* (pp. 209–213). Sociedad Mexicana de Citogenética.

Capítulo 5

Área temática: Empoderamiento de la mujer en la sociedad rural. Innovación en pastas alimenticias, alternativa de dietas saludables sostenibles en el aprovechamiento de productos agrícolas

Cano Campos, Mirta Candelaria^{1, 2, 3}

López García, Altagracia^{1, 2}

Díaz Izabal, Alejandro¹

Zazueta Torres, Norma Delia¹

Rojas Pérez, Héctor¹

Cázares Palazuelos, Heyli Giselle^{1, 4}

Sicairos Pérez, Elisa Abimael¹

Pérez Meza, Briseida⁵

¹ Tecnológico Nacional de México/ITS Eldorado- División de ingeniería en industrias alimentarias e ingeniería en innovación agrícola sustentable

² Avenida tecnológico S/N, col. Rubén, Jaramillo, 80450 Eldorado, Sinaloa.

³ mirta.cc@eldorado.tecnm.mx, Grupo ALMIR innovación y desarrollo de nuevos productos de valor agregado

⁴ heyli.cazares@eldorado.tecnm.mx,

⁵ Centro de investigación en Alimentación y Desarrollo, Unidad Culiacán, C.P 80110, Culiacán, Sinaloa, México

Resumen

La pasta es un alimento con alta aceptabilidad a nivel mundial debido a que forma parte de los hábitos alimenticios de muchas poblaciones y es relativamente económico, versátil, de fácil preparación y almacenamiento, en donde se combinan una variedad de ingredientes. Este trabajo se centra en formular dos pastas alimenticias, FPN1 y FPA2, saludables con valor agregado, desarrolladas con ingredientes locales de Sinaloa, obtenidos a partir de productos agrícolas sustentables de una mezcla de harinas alternativas de vegetales, leguminosas y cereales. Esta opción busca ser una alternativa de alimentación con un alto valor nutritivo para el aprovechamiento de los recursos agroindustriales. Ambas formulaciones son un alimento idóneo para su consumo. La formulación FPA2, a base de una mezcla de proteínas de origen vegetal (chícharo, lenteja, alga espirulina), representa una alternativa de innovación sostenible plant-based, o basada en plantas, con un alto valor de proteína (11.28 g) y de fibra dietética (9.51 g), aunado a que tuvo una gran aceptación por sus propiedades sensoriales. Los contenidos de humedad son bajos, con valores del 7,8 % en FPN1 y del 5,03 % en FPA2, lo cual permite un almacenamiento prolongado. La fibra dietética, presente en las pastas alimenticias sostenibles formuladas, facilita el consumo en la ingesta diaria recomendada (IDR) por la FAO y la OMS, la cual es de 25 g, la cual desempeña un papel esencial en la salud humana, aportando saciedad y bienestar general. Esto representa una alternativa de consumo sostenible en la localidad de Eldorado, Sinaloa.

Introducción

Se estima que aproximadamente 673 millones de personas a nivel mundial (8,2 %) padecieron hambre en 2024 y se prevé que en 2030 casi 512 millones de personas padecerán subalimentación crónica, debido a que

no pueden permitirse una dieta saludable (OMS, 2025). La FAO indica que el 13 % de los productos agrícolas se pierde durante la cosecha (1250 millones de toneladas) y el 19 % de los alimentos producidos se desperdicia en las etapas de venta y consumo (FAO, 2025). Las dietas saludables y sostenibles, como la dieta mediterránea, son esenciales para promover la nutrición para todos, proteger el medio ambiente y luchar contra el desperdicio de alimentos (FAO, 2022). La pasta es un alimento cada vez más popular en todo el mundo y se han desarrollado diferentes formulaciones para mejorar su perfil nutricional. Cuando se utilizan materias primas alternativas, comprender la relación entre las variables de procesamiento y la calidad de la pasta es crucial para optimizar el rediseño del proceso de producción (Breciani, Pagani y Marti, 2022). El estado de Sinaloa es uno de los principales productores de productos agrícolas a nivel nacional (INIFAP, 2025). La salud es prioridad; por eso es importante que en la dieta se incorpore una fuente rica de vitaminas, proteínas, omega-3, minerales, fibra dietética y probióticos. Esto involucra todo un reto en innovación para su desarrollo y formulación de pastas alimenticias precocidas sostenibles y darles un valor agregado, que contribuya a ser una alternativa de consumo saludable sostenible.

Materiales y Métodos

El proyecto se desarrolló en el laboratorio de alimentos del Instituto Tecnológico Superior de Eldorado. Se formuló dos pastas alimenticias precocidas utilizando tecnologías de conservación con deshidratación para la obtención de harinas en un horno de convección (Marca-Torrey). El mezclado se realizó en una batidora industrial, seguido del laminado para dar forma a la pasta; posteriormente se realizó una precocción (100 °C/5 min), un porcionado, seguido de un secado por el método de freidora de aire (80 °C/60 min). Después se procedió con el empaquetado en un empaque biodegradable y, finalmente, el almacenamiento (Figura 1). Todo el proceso fue siguiendo las normas de calidad, las prácticas de higiene NOM-251-SSA1-2009, el etiquetado NOM-051-SCFI/SSA1-2010 y la NOM-247-SSA1-2008 para la elaboración de pastas. Se desarrollaron dos formulaciones, las cuales se denominaron FPN1 (formulación de

pasta de nopal) y FPA2 (formulación de pasta de alga espirulina). La formulación FPN1 se formuló con los ingredientes de mezcla de harinas (trigo, semilla de calabaza, nopal), clara de huevo, aceite comestible y sal. La formulación FPA2 está integrada por ingredientes de mezclas de harinas de (trigo, zanahoria, lenteja), alga espirulina, aceite de oliva, benzoato de sodio y propionato de sodio. Al producto final se le evaluó las características de calidad: en la cocción, calidad microbiológica, la vida útil y pruebas sensoriales como textura mediante una prueba de aceptabilidad con 20 jueces semientrenados y con 40 participantes consumidores en una escala de cuatro puntos (me gusta mucho, me gusta, no me gusta ni me disgusta, me disgusta). Así como la determinación del contenido de humedad, proteína, grasas, minerales, fibra dietética, carbohidratos y energía.

Figura 1: Diagrama de flujo del proceso de formulación de pastas alimenticias formuladas sostenibles.

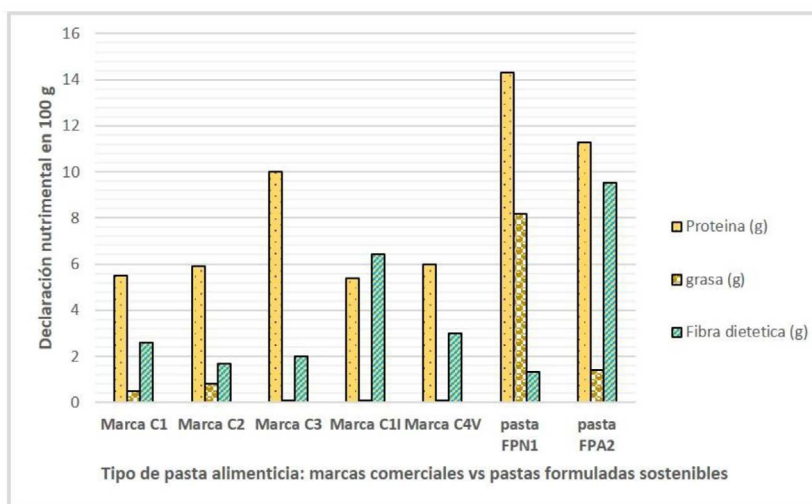


Resultados y Discusión

La formulación FPN1 a base de harina de nopal y semillas de calabaza aporta un contenido nutricional de 14.31 g de proteínas, 8.16 g de grasa, 3.54 g de cenizas y fibra dietética de 1.33 g por cada 100 g de pasta. La formulación FPA2 a base de harina de alga espirulina, chícharo, zanahoria y lentejas aporta un contenido nutricional de 11.28 g de proteínas, 1.47 g de grasa, 1.46 g de cenizas y fibra dietética de 9.51 g por cada 100 g de pasta, lo cual la hace un alimento saludable sostenible idóneo para su consumo comparado con tres pastas comerciales que se encuentran en el mercado en la localidad de Eldorado. Estas pastas son las más consumidas, las cuales fueron codificadas como Marca C1, Marca C2, Marca C3. Así mismo, se comparó con otras dos pastas comerciales:

una integral (MC1I) y una con vegetales (MC4V), las cuales muestran un aumento en el contenido de fibra dietética. Sin embargo, las pastas formuladas sostenibles muestran mejores contenidos de proteína en ambas formulaciones y un más alto contenido en fibra dietética en la formulación FPA2 (Figura 2).

Figura 2: Comparación del contenido de proteína, grasa y fibra dietética en las pastas formuladas vs las marcas comerciales más consumidas en la región.



Ambas formulaciones adquirieron una coloración verde por la incorporación de ingredientes como nopal (FPN1) y el alga espirulina (FPA2) (Figura 3). Se determinó el contenido de minerales, el cual fue de 2.1 g en FPN1 y de 1.46 g en FPA2. Los resultados del contenido de humedad de las pastas alimenticias de ambas formulaciones —FPN1 y FPA2— muestran que FPN1 fue de un 7,8 %, mientras que la FPA2 mostró un 5,03 %, respectivamente. Estos valores están dentro de lo que indica la norma NOM-247-SSA-2008, donde las pastas deben contener valores iguales o menores de 12,5 % de humedad para su conservación. Los resultados del análisis microbiológico muestran que no se detectaron *E. coli* ni *Salmonella spp.* en las pastas formuladas. Estas pastas tuvieron gran aceptación entre los participantes consumidores, mostrando buenas características organolépticas como sabor, textura y calidad.

Figura 3: Etapas del proceso de formulación de las pastas alimenticias sostenibles: (a) etapa de laminado de la FPN1, (b) etapa de precocción de FPA2 y (c) etapa de porcionado de FPA".



Conclusiones

Se obtuvo el desarrollo de dos formulaciones innovadoras en pastas alimenticias sostenibles con un alto valor nutrimental, utilizando recursos agrícolas de bajo consumo y locales de Sinaloa, tales como el nopal, la semilla de calabaza, lentejas y chícharos, con beneficios para la salud del consumidor. Y se establecieron las condiciones de proceso y estandarización en la formulación de las pastas, lo cual representa un reto en innovación y sostenibilidad alimentaria.

La formulación de la pasta FPA2 presenta una combinación de un alto contenido de proteína y fibra, lo que la hace un producto idóneo para su consumo; su bajo contenido de humedad garantiza la estabilidad microbiológica y el almacenamiento prolongado.

Referencias

- Bresciani, A., Pagani, M. A., y Marti, A. (2022). Pasta-making process: A narrative review on the relation between process variables and pasta quality. *Foods*, 11(3), 256.
- Castro Montoya, Y. A. (2024). Efecto de las condiciones de extrusión y de la adición de harina de nopal (*Opuntia ficus-indica* L.) sobre propiedades nutrimentales y nutracéuticas de pastas alimenticias libres de gluten, a base de arroz quebrado.

- Feijoo, J. L. C., Mora, E. O. E. M., Calderon, C. E. S., y Torres, R. D. (2018). Pruebas de cocción de pastas alimenticias elaboradas con harina de trigo-almidón de banano. *Cumbres*, 4(1), 63-73.
- Vargas Zamudio, E. A. (2024). Caracterización tecnofuncional, nutricional y nutracéutica de pasta alimenticia a base de amaranto/maíz azul: Actividad hipoglucemiante.
- Vásquez, K. L. R., Hualpa, E. O. C., Valarezo, J. G. D., y Maggi, V. E. M. (2024). Sustitución Parcial de Harina de Trigo Con Harina de Mote (Zea Mays) en la Producción de Pasta Enriquecida con Albahaca Deshidratada y Extracto de Espinaca. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(6), 2466-2483.

Capítulo 6

La mineralización como herramienta para la circularidad en los sistemas agroacuícolas

Garza-Torres, Rodolfo¹

Magallón-Barajas, Francisco Javier²

Ledesma López, Lucina¹

Fimbres Acedo, Yenitze Elizabeth^{1,3}

¹ Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, Unidad Nayarit (UNCIBNOR), Cd. Del conocimiento No. 23. Col. Industrial. Tepic, Nayarit, México.

² Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, Col. Palo de Santa Rita, La Paz, B.C.S., México.

Resumen

La industria acuícola crece un 10,29 % anual, pero enfrenta desafíos de sostenibilidad por efluentes que causan eutrofización y contaminación. En México hay aproximadamente 10,000 granjas, la mitad en agua dulce, de las cuales el 70,6 % realiza monocultivos; cerca del 50 % descarga sin permiso, lo que limita su desarrollo. Este estudio presenta los resultados de un experimento con mineralizadores aeróbicos durante 210 días para tratar el biofloc residual de tilapia (fracciones líquida y sólida), evaluando los niveles de nutrientes y sus ventajas. La mineralización de la fracción líquida recuperó magnesio (~2.67 mg/L) y zinc (~0.91 mg/L), y de la fracción sólida se obtuvieron altos valores de fósforo (~231 mg/L), sulfatos (~17.6 mg/L) y calcio (~755.5 mg/L), nutrientes disponibles para el cultivo de hortalizas. La mineralización convierte los residuos en nutrientes útiles, mejorando la circularidad en los sistemas agroacuícolas al convertirlos en insumos valiosos.

Introducción

Garantizar la producción de alimentos en armonía con el medio ambiente es un desafío global (Moya-Hidalgo, 2024). La acuicultura, con un crecimiento anual del 10,29 %, es clave para la soberanía alimentaria y representa el 56 % de la producción mundial de pescado (Siwach et al., 2025). Su auge se debe a la diversificación, la modernización y la adopción de tecnologías (Engle y van Senten, 2022). Sin embargo, enfrenta problemas como los efluentes que provocan eutrofización, contaminación, florecimientos algales y la muerte de especies, lo que limita su sostenibilidad (Regueiro et al., 2022). En México, hay unas 10 000 granjas acuícolas, la mitad en agua dulce, con el 70,6 % en monocultivo y sin permisos de descarga, lo que genera grandes volúmenes de efluentes y residuos, y solo el 17,3 % de los casos trata sus desechos (Betanzo-Torres et al., 2021). La economía

circular promueve el cambio del sistema lineal a uno de ciclo cerrado, mejorando la eficiencia y reduciendo los residuos mediante la tecnología y el rediseño. Técnicas como la Tecnología de Biofloc (BFT) reducen el uso de agua, espacio e infraestructura, generando microorganismos que mantienen la calidad del agua, nutren y combaten patógenos, maximizando la productividad y el reciclaje de nutrientes en tilapia (Emerenciano et al., 2021); no obstante, hay estudios que indican que, en general, en los sistemas acuícolas, los peces solo asimilan un 20-30 % del nitrógeno y un 16-70 % del fósforo del alimento, dejando el resto en efluentes (Chiquito-Contreras et al., 2022). Por otro lado, tenemos los sistemas agrícolas que dependen de fertilizantes externos (Kurniawan et al., 2025). Para lograr la integración y la circularidad de los sistemas agroacuícolas, se ha propuesto incorporar un proceso intermedio de mineralización que transforma compuestos orgánicos complejos en simples, permitiendo recuperar nutrientes como fósforo, nitrógeno y micronutrientes (Delaide et al., 2018). La mineralización del biofloc es un proceso infrecuente; por lo tanto, este estudio se enfoca en evaluarla y analizar los nutrientes recuperables, con el fin de promover procesos sostenibles y circulares en la acuicultura, con aplicación a la agricultura y la hidroponía.

Materiales y Métodos

El experimento se realizó en La Paz, B.C.S., México, en el Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste.

Unidades experimentales

Tanques de peces: Tres tanques, cada uno con una capacidad de 3000 litros y una densidad de 30 organismos por metro cúbico, alimentación del 40 % de proteína, organismos de 12 a 50 g. El experimento duró 210 días. El biofloc fue heterótrofo, con una relación C/N de 13:1.

Unidades de mineralización aeróbica: Se utilizaron tres mineralizadores aeróbicos cilíndricos-cónicos de 100 L de capacidad, con sistema de aireación mediante microburbujas.

Fracción sólida: La fracción sólida se obtuvo mediante una bomba sumergible Evans de 60 W (127 V–60 Hz; flujo máximo de 15.60 L/

min; altura de 3.08 m), fue cosechada cada tercer día, se midió la muestra total y se colocó en los mineralizadores correspondientes. Este procedimiento se repitió durante todo el experimento.

Cuantificación de componentes minerales: Se obtuvieron muestras de 50 ml (fracción líquida) y muestras sólidas (2.5 g) de cada tanque y mineralizador aeróbico al final del experimento para evaluar 15 elementos (Cuadro 1); el contenido de nitrógeno se midió mediante el método Kjeldahl, y los demás elementos se cuantificaron por espectrofotometría óptica ICP–AES VARIAN® Liberty II (Mulgrave, AUSTRALIA) en el Laboratorio de Fisiología Vegetal del Colegio de Postgraduados (COLPOS), Estado de México, México. Análisis: Se realizaron ANOVA de una vía con prueba post-hoc con Tukey-Pairwise ($p < 0.05$) con Minitab 2025®.

Resultados y Discusión

En los sistemas acuícolas, los peces solo asimilan entre el 20 % y el 30 % del nitrógeno y entre el 16 % y el 70 % del fósforo del alimento, dejando el resto en los efluentes. La búsqueda de la circularidad en los sistemas productivos ha impulsado procesos para recuperar estos nutrientes (Hidalgo et al., 2025; Shrivastava y Laasri, 2025). Es así que Zhang et al. (2021), en su análisis sistemático, concluyeron que la implementación de la mineralización anaeróbica y aeróbica en un sistema de acuaponía favorece la transformación de residuos y la diversificación de cultivos. Por otro lado, Monsees et al. (2017) resaltaron que el establecimiento de procesos mixtos mejora el crecimiento de la lechuga gracias a la movilización de nutrientes (nitrógeno y fósforo) y a la acción de los microorganismos. Los sólidos acuícolas, en condiciones anaerobias, son fuente potencial de nutrientes (Lian et al., 2024); incluso al utilizar la fracción seca, logran un 50–80 % de eficiencia en comparación con fertilizantes minerales (Brod et al., 2017). La información sobre la mineralización del biofloc es escasa (Martínez-Córdova et al., 2023). Sin embargo, es una fuente importante para la recuperación y la transformación de efluentes en nutrientes. Los resultados indican valores elevados de N y K en los tanques de cultivo. De la fracción sólida fue posible recuperar fósforo (~231 mg/L), sulfatos (~17.6 mg/L) y calcio (755.5 mg/L), valores

superiores a los encontrados en las soluciones hidropónicas comerciales, y de la fracción líquida mineralizada, microelementos como magnesio (~2.67 mg/L) y zinc (~0.91 mg/L) (Cuadro 1).

Cuadro 1. Descripción de los componentes elementales (macro y micronutrientes) obtenidos de los tanques y de las fracciones líquida y sólida de la mineralización, en comparación con las soluciones comerciales Steiner y Hoagland.

Elementos	Tanques	AMFL	AMFS	Steiner	Hoagland
Macronutrientes (mg/L)					
Nitrógeno (N)	56.0±3.5a	38.5±28.0ab	10.5±3.5b	170.0	220.0-242.0
Fósforo (P)	15.7±5.2b	29.4±19.8b	231.5±22.7a	50.0	24.0-31.0
Potasio (K)	15.4±2.3a	12.3±5.7ab	4.6±1.0b	320.0	230.0-232.0
Calcio (Ca)	65.8±16.6b	81.8±51.5b	755.7±88.7a	183.0	179.0-224.0
Magnesio (Mg)	36.0±30.8	26.1±8.8	31.5±0.8	50.0	49.0
Sulfato (S)	10.1±5.5b	7.5±0.8ab	17.6±3.2a	148.0	113.0
Micronutrientes (mg/L)					
Boro (B)	0.58±0.1a	0.61±0.1a	0.28±0.1b	1.0-2.0	0.45
Cobre (Cu)	ND	ND	ND	0.1-0.5	0.02
Hierro (Fe)	0.02±0.0b	0.03±0.0b	0.02±0.0a	3.0-4.0	7.0
Magnesio (Mn)	0.90±0.1b	2.67±1.3a	0.90±0.1b	1.0-2.0	1.0-2.0
Molibdeno (Mo)	ND	ND	ND	0.1	0.01
Zinc (Zn)	0.15±0.1b	0.91±0.7a	0.15±0.1b	0.2	0.48
Otros (mg/L)					
Sodio (Na)	53.5±10.2	47.2±28.2	53.5±10.2	-	-
Cobalto (Co)	ND	ND	ND	-	-
Selenio (Se)	ND	ND	ND	-	-

Nota: AMFL: representa los resultados obtenidos de la fracción líquida de los tanques de mineralización. AMFS: corresponde a los resultados obtenidos de la fracción sólida de los tanques de mineralización. N. D: No detectado. Letras diferentes en el mismo renglón indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$).

Estos resultados respaldan el desarrollo de procesos innovadores que integren el biofloc y ofrezcan soluciones nutritivas para el cultivo de plantas. La fracción particulada del biofloc tiene un gran potencial como nutriente vegetal, aunque requiere tratamiento o refinamiento previo a su aplicación. La mineralización del biofloc es una estrategia eficiente para promover la circularidad en sistemas agroacuícolas, convirtiendo residuos en nutrientes útiles, fortaleciendo la sostenibilidad, disminuyendo el uso de insumos y reutilizando por completo dichos residuos.

Conclusiones

La búsqueda de sistemas de producción más eficientes y la reducción de residuos han llevado al desarrollo de enfoques como los sistemas biofloc y los sistemas integrados. La incorporación de procesos de mineralización convierte los efluentes en nutrientes recuperables. Los beneficios del mineralizador aeróbico incluyen su papel como reservorio de efluentes con procesos de nitrificación y mineralización. Es crucial monitorear el sodio para identificar plantas compatibles y gestionar mejor los efluentes. Estos resultados ayudan a evaluar la viabilidad de la mineralización aeróbica como complemento de los sistemas biofloc en cultivos de hidroponía y en suelo. Aún se debe explorar el potencial del biofloc como fuente de nutrientes y recuperar nutrientes de alto valor, como el fósforo, e innovar en formulaciones específicas para distintos cultivos.

Referencias

- Betanzo-Torres, E. A., Piñar-Álvarez, M., Sierra-Carmona, C. G., Santamaría, L. E. G., Loeza-Mejía, C. I., Marín-Muñiz, J. L., y Sandoval Herazo, L. C. (2021). Proposal of ecotechnologies for tilapia (*Oreochromis niloticus*) production in Mexico: Economic, environmental, and social implications. *Sustainability*, 13(12), 6853. <https://doi.org/10.3390/su13126853>
- Brod, E., Oppen, J., Kristoffersen, A. Ø., Haraldsen, T. K., y Krogstad, T. (2017). Drying or anaerobic digestion of fish sludge: Nitrogen fertilisation effects and logistics. *Ambio*, 46(8), 852–864. <https://doi.org/10.1007/s13280-017-0927-5>

- Chiquito-Contreras, R. G., Hernández-Adame, L., Alvarado-Castillo, G., Martínez-Hernández, M. D. J., Sánchez-Viveros, G., Chiquito-Contreras, C. J., y Hernández-Montiel, L. G. (2022). Aquaculture—production system and waste management for agriculture fertilization—A review. *Sustainability*, 14(12), 7257. <https://doi.org/10.3390/su14127257>
- Delaide, B., Goddek, S., Keesman, K., y Jijakli, H. (2018). A methodology to quantify aerobic and anaerobic sludge digestion performances for nutrient recycling in aquaponics. *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement*, 22(2).
- Emerenciano, M. G. C., Fitzsimmons, K., Rombenso, A. N., Miranda-Baeza, A., Martins, G. B., Lazzari, R., Fimbres-Acedo, Y. F., y Pinho, S. M. (2021). Biofloc technology (BFT) in tilapia culture. En K. Fitzsimmons & A. N. Rombenso (Eds.), *Biology and aquaculture of tilapia*. 258–293. CRC Press.
- Engle, C. R., y van Senten, J. (2022). Resilience of communities and sustainable aquaculture: governance and regulatory effects. *Fishes*, 7(5). <https://doi.org/10.3390/fishes7050268>
- Hidalgo, D., Martín-Marroquín, J.M., Corona, F., y Verdugo, F. (2025). Waste-derived fertilizers: conversion technologies, circular bioeconomy perspectives and agronomic value. *Agronomy*, 15(9). <https://doi.org/10.3390/agronomy15092167>
- Kurniawan, S. B., Ahmad, A., Imron, M. F., Abdullah, S. R. S., Othman, A. R., y Hasan, H. A. (2025). Achieving a biocircular economy in the aquaculture sector through waste valorization. *Toxics*, 13(2), 131. <https://doi.org/10.3390/toxics13020131>
- Lian, J., He, Y., Wang, L., Liu, Y., Wang, K., Sunde, J., Rebourns, C., Liu, H., Zhu, X., Han, D., Hu, Q., y Li, M. (2024). Recovery of nutrients from fish sludge to enhance the growth of microalga *Chlorella sorokiniana* CMBB276. *Marine Pollution Bulletin*, 203, 116421. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2024.116421>
- Martínez-Cordova, L. R., Emerenciano, M. G., Miranda-Baeza, A., Pinho, S. M., Garibay-Valdez, E., y Martínez-Porchas, M. (2023). Advancing toward a more integrated aquaculture with polyculture> aquaponics> biofloc technology> FLOCponics. *Aquaculture International*, 31(2), 1057–1076. <https://doi.org/10.1007/s10499-022-01016-0>

- Monsees, H., Keitel, J., Paul, M., Kloas, y Wuertz, S. (2017). Potential of aquacultural sludge treatment for aquaponics: evaluation of nutrient mobilization under aerobic and anaerobic conditions. *Aquaculture Environment Interactions*, 9, 9–18. <https://doi.org/10.3354/aei>
- Moya-Hidalgo, J.R. (2024). La evolución hacia un sistema alimentario sostenible, seguro y saludable: nuevas tendencias alimentarias y control de los riesgos emergentes. *Journal of Human Security and Global Law*, 3, 75–104. <https://doi.org/10.5565/rev/jhsgl.43>
- Regueiro, L., Newton, R., Soula, M., Méndez, D., Kok, B., Little, D.C., Pastres, R., Johansen, J., y Ferreira, M. (2022). Opportunities and limitations for the introduction of circular economy principles in EU aquaculture based on the regulatory framework. *Journal of Industrial Ecology*, 26(6), 2033–2044. <https://doi.org/10.1111/jiec.13188>
- Shrivastava, V., y Laasri, I. (2025). Nutrient recovery strategies and agronomic performance in circular farming: a comprehensive review. *Nitrogen*, 6(3), 80. <https://doi.org/10.3390/nitrogen6030080>
- Siwach, S., Chaurasia, M., Dolkar, P., Yadav, A., Yadav, P., Themchuirin, L., Sonia, N., Kohli, D., Paswan, P., y Negi, R.K. Sustainable Aquaculture: A blueprint for achieving zero hunger. In *Biotechnology Innovations and Sustainability for zero hunger*. 136–150. CRC Press.
- Zhang, H., Gao, Y., Liu, J., Lin, Z., Lee, C.T., Hashim, H., Wu, W.M., y Li, C. (2021). Recovery of nutrients from fish sludge as liquid fertilizer to enhance sustainability of aquaponics: A review. *Chemical Engineering*, 83. <https://doi.org/10.3303/CET2183010>

Capítulo 7

Efecto de *Bacillus thuringiensis* en mezcla de con GS-omega/kappa-Hxtx-Hv1a para el control de gusanos del fruto en tomatillo (*Physalis philadelphica*) en el norte de Sinaloa

González-Molotla, Iris A.^{1,2}
Valenzuela-Escoboza, Fernando A.¹
López-Valenzuela, Blanca E.¹

¹ Universidad Autónoma de Sinaloa¹, Facultad de Agricultura del Valle del Fuerte. Calle 16 S/N Ave. Japaraqui, Juan José Ríos, Ahome, Sinaloa, México. C.P. 81110.

² irisgonzalezmol05@gmail.com

Resumen

El uso de plaguicidas convencionales ha sido una alternativa usada durante muchos años para el manejo de plagas y enfermedades en la agricultura; sin embargo, ha causado graves afectaciones en los ecosistemas. El uso desmedido y la falta de regulación en el empleo de insecticidas convencionales generan cada vez una mayor resistencia a los plaguicidas y con ello la búsqueda de nuevas alternativas para su manejo. Por lo anterior, el objetivo del presente estudio fue evaluar la eficacia del péptido GS-omega/kappa-Hv1a (ω/κ -Hv1a) en mezcla de tanque con insecticidas a base de *Bacillus thuringiensis* para el control de gusano del fruto. El experimento se estableció en bloques completos al azar con cinco tratamientos y cuatro repeticiones en comparación con un testigo absoluto, concluyendo que la mezcla de BT con el péptido (ω/κ -Hv1a) es una alternativa viable para el manejo del gusano del fruto.

Introducción

El tomate verde, tomatillo o tomate de cáscara (*Physalis philadelphica* [Lam]) es una especie cultivada en 27 estados de la República Mexicana, alcanzando una superficie cultivada de 43 505.33 ha y un volumen de producción de 694 327-t, donde Sinaloa se coloca como el principal productor a nivel nacional, aportando un volumen de 136 593-t, seguido por Zacatecas con un volumen de 79 954-t y Jalisco con 73979-t con un rendimiento promedio de 18.51 t ha⁻¹ (DIGISIAP, 2025). El tomatillo se puede establecer en un rango altitudinal que va de los 10 a 5 600 msnm, lo que lo hace susceptible a afectaciones de diversas plagas y enfermedades. El complejo “Heliothis”, conformado por *Heliothis virescens* (F.) y *Helicoverpa zea* (Boddie), representa uno de los grupos de plagas más importantes en México, por la severidad de los daños, amplia distribución y diversidad de cultivos atacados. En el tomatillo, el gusano del fruto es una

de sus principales plagas, ya que daña directamente el producto a cosechar y frecuentemente rebasa el umbral de daño económico.

El *H. virescens* representa una de las plagas más importantes en México, por la severidad de los daños, amplia distribución y diversidad de cultivos atacados. El adulto de *H. virescens* se reconoce por tener las alas anteriores de color verde amarillento a pálido, con tres bandas oblicuas claras; alas posteriores plateadas, con los márgenes oscuros y los bordes con pelos de color café; mide de 27 a 37 mm de expansión alar. El *H. virescens* no oviposita con temperaturas inferiores a los 10 °C y el mayor número de huevecillos se ha registrado con temperaturas entre los 21 y 27 °C. Durante el periodo reproductivo, las hembras pueden poner de 450 a 2000 huevecillos, depositados en forma individual cerca de las terminales fructíferas: botones florales, flores y frutos, los cuales se pueden ver a simple vista; son más o menos esféricos, de un diámetro aproximado de 0.6 mm, de 10 a 15 estrías ubicadas de la base al tope o parte apical del huevecillo; recién ovipositados son de color blanco-crema, posteriormente se tornan color crema y finalmente café oscuro. Eclosionan dos o cinco días después de la postura. Durante los primeros instares larvarios, se les encuentra en el follaje (Pérez y Moraima 2012), en el caso particular del tomatillo, una vez que inicia la fructificación, ocasionándoles perforaciones irregulares por donde penetra para alimentarse. Una característica importante que se debe considerar es que una larva se puede alimentar de varios frutos, ya que durante un periodo corto de tiempo permanece en un fruto, ocasionándole mordeduras; luego lo abandona y se desplaza a otro, originando un daño similar. Así continúa, dañando varios frutos.

El control se sugiere cuando se encuentren varios huevecillos viables por planta y/o las primeras larvas dañando frutos. Los insecticidas recomendados en primera instancia son los biológicos a base de *Bacillus thuringiensis* y el *baculovirus NPV zea*, así como el empleo de insecticidas sintéticos como diflubenzurón, el clorpirifos, lambdacialotrina, metomil, clorfenapyr, el benzoato de ememectina y el metamidofos, entre otros, a la dosis indicada en la etiqueta. En Sinaloa, esta plaga ocupa el tercer lugar en orden de importancia económica en el cultivo de tomatillo, ya que el daño en fruto varía del 15 al 20 % si no se controla en forma efectiva.

Aunado a esto, debemos considerar que *H. virescens* ha desarrollado un alto nivel de resistencia a diversos insecticidas químicos. De igual forma, Coates et al. (2008) mencionan que *H. virescens*, entre otros insectos resistentes a las endotoxinas de *Bacillus thuringiensis* (Bt), resulta un gran desafío para el uso de estos bioplaguicidas, lo que hace necesario buscar alternativas más eficaces para su manejo.

GS-omega/kappa-Hxtx-Hv1a (ω/κ -Hv1a) es un nuevo biopesticida derivado del veneno de araña con actividad contra plagas de lepidópteros. La eficacia de ω/κ -Hv1a depende de su combinación con un producto facilitador como un insecticida a base de Bt. Sin embargo, se desconoce si ω/κ -Hv1a puede ser una alternativa para el manejo de la resistencia a Bt (Ross et al., 2025). El objetivo del trabajo fue. Determinar cuál de las mezclas de *Bacillus thuringiensis* más ω/κ -Hv1a controla mejor el gusano del fruto en el cultivo de tomatillo en Sinaloa, México.

Metodología

El presente estudio se realizó en San José de Ahome, Sinaloa, durante el periodo del primero al 30 de noviembre de 2025 sobre plantas de tomatillos variedad Tequisquiapan, con etapa fenológica de botón. Con la finalidad de evaluar si realmente el péptido potencializa la acción de los insecticidas a base de BT, se emplearon estos con la mitad de la dosis recomendada por el fabricante. Se realizaron tres aplicaciones foliares a intervalos de siete días, con bomba motorizada a una presión de 40 lbs y en un volumen de agua de 400 l/ha, de los productos de manera individual de *Bacillus thuringiensis subs. Aizawai* (250 g/ha), *Bacillus thuringiensis var. Kurstaki* (250 g/ha) y mezclas de tanque de: *Bacillus thuringiensis subs. Aizawai* (250 gr/ha) más ω/κ -Hv1a (1.0 y 1.25 l/ha); *Bacillus thuringiensis var. Kurstaki* (250 gr/ha) más ω/κ -Hv1a (1.0 y 1.25 l/ha), y un testigo absoluto sin aplicar, bajo un diseño experimental de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. Cada unidad experimental estuvo constituida por tres surcos de 0.75 m de ancho por 7.0 m de largo. El tamaño de muestra fue de 20 frutos por unidad experimental, cuantificando los frutos dañados por gusano. Las evaluaciones se realizaron en el surco central de la parcela a intervalos de siete días.

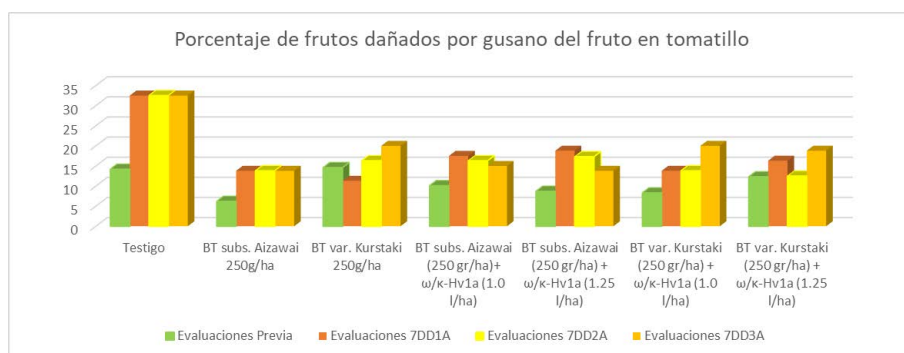
Análisis estadístico

Los datos registrados se sometieron a un análisis de varianza y a una prueba de comparación de medias (LSD, con $p \leq 0.05$) mediante el software ARM2021. El porcentaje de control se determinó mediante la fórmula de Abbott y se sometió a un análisis de varianza y a una prueba de comparación de medias.

Resultados

El experimento inició con un daño en frutos de alrededor del 9,8 % en general en las unidades experimentales. Siete días después de la primera aplicación, las poblaciones y el daño se habían incrementado; no obstante, siete días después de la segunda aplicación (Cuadro 1), estas cesaron en su incremento. Siete días después de la tercera aplicación, se observa que las parcelas tratadas con BT subs. *Aizawai* solos o en mezcla tuvieron un comportamiento similar; sin embargo, en el que la población decrece considerablemente es en la mezcla de BT subs. *Aizawai* (250 g/ha) + ω/κ -Hv1a (1.25 l/ha) (Figura 1).

Figura 1: Porcentaje de daño en fruto de fruto del tomatillo, siete días después de cada aplicación.



Cuadro 1: Promedio de frutos dañados en evaluación previa y siete días después de cada aplicación.

Tratamientos	Evaluaciones			
	Previa	7DD1A	7DD2A	7DD3A
Testigo	14.2 -	32.5 -	32.5 b ^x	32.5 a
BT subs. <i>Aizawai</i> 250g/ha	6.2 -	13 -	13.8 a	13.8 bc
BT var. <i>Kurstaki</i> 250g/ha	14.6 -	11.3 -	16.3 a	20 b
BT subs. <i>Aizawai</i> (250 gr/ha)+ ω/κ -Hv1a (1.0 l/ha)	10.1 -	17.5 -	16.3 a	15 bc
BT subs. <i>Aizawai</i> (250 gr/ha) + ω/κ -Hv1a (1.25 l/ha)	8.7 -	18.8 -	17.3 a	13.8 bc
BT var. <i>Kurstaki</i> (250 gr/ha) + ω/κ -Hv1a (1.0 l/ha)	8.3 -	13.8 -	13.8 a	20 b
BT var. <i>Kurstaki</i> (250 gr/ha) + ω/κ -Hv1a (1.25 l/ha)	12.3 -	16.3 -	12.5 a	18.8 b

X Medias con la misma letra en cada columna no son diferentes en la prueba de LSD ($p \leq 0.05$).

Conclusión

La mezcla de BT subs. *Aizawai* (250 g/ha) + ω/κ -Hv1a (1.25 l/ha) presentó menores fluctuaciones poblacionales por gusano del fruto. De igual manera, los daños visuales fueron menores a lo largo de todo el estudio, por lo que podemos concluir que esta mezcla es la mejor y la más consistente para el manejo del gusano del fruto, considerando aún que las dosis de BT fueron 50 % más bajas que las recomendadas en los productos formulados.

Referencias

- Coates, B. S., Sumerford, D. V., y Lewis, L. C. (2008). Segregation of aminopeptidase 1, cadherin, and bre5-like alleles from the European corn borer, *Ostrinia nubilalis*, from a colony resistant to *Bacillus thuringiensis* Cry1Ab toxins are not associated with F2 larval weight when fed a diet containing Cry1Ab. *Journal of Insect Science*, 8(1), 21. <https://doi.org/10.1673/031.008.2101>
- Dirección General del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. (2025). Panorama agroalimentario. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. <http://www.gob.mx/agricultura/dgsiap>
- Pérez, J. C., y Moraima, S. (2012). Ciclo de vida y reproducción de *Heliothis virescens* (F.) (Lepidoptera: Noctuidae) sobre garbanzo. *Revista de Protección Vegetal*, 27(2), 85–89. <https://www.censa.edicionescervantes.com/index.php/RPV/article/view/104/94>
- Ross, S., Yang, F., Santiago-González, J. C., Abdelgaffar, H., Kerns, D. D., Jurat-Fuentes, J. L., Sun, X., Collett, D., y Kerns, D. L. (2025). Evaluation of GS-omega/kappa-Hxtx-Hv1a and Bt toxins against Bt-resistant and -susceptible strains of *Helicoverpa zea* (Boddie) and *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith). *Pest Management Science*, 81(7), 3565–3572. <https://doi.org/10.1002/ps.8725>

Capítulo 8

Efecto de la fertilización química y orgánica en el cultivo de cebolla

Iñiguez Torres, Karina Janeth^{1, 2, 3}

*Cárdenas Flores, Antonio*⁴

*López España, Ricardo Guillermo*¹

*Figueroa Pérez, Marely Graciela*¹

*Medina Montenegro, Heidi Melania*¹

¹ Universidad Tecnológica de Culiacán

² Universidad Autónoma de Sinaloa

³ karina.iniguez@uas.edu.mx

⁴ Universidad del Golfo de California

Resumen

El lixiviado de humus de lombriz aplicado en suelo o en plantas presenta un efecto potenciador en el suelo y en el desarrollo de las plantas. La presente investigación se realizó en la Universidad Tecnológica de Culiacán, cuyo objetivo fue evaluar el efecto de la aplicación de las dosis de los tratamientos de lixiviado de humus de lombriz y solución nutritiva Steiner. Se aplicaron 9 tratamientos de fertilización orgánica y química, en un diseño experimental de bloques al azar con 4 repeticiones. Los indicadores morfológicos evaluados fueron después de 90 días: altura de planta, número de hojas, diámetro del falso tallo y diámetro del bulbo. De acuerdo con los resultados, la mayor eficacia de los indicadores evaluados se presentó en el tratamiento de lixiviado de humus de lombriz con solución Steiner con una concentración de 50 % y 50 % aplicado a los 30, 60 y 90 días.

Introducción

La cebolla blanca (*Allium cepa* L.) es una hortaliza que se puede cultivar en cualquier parte del mundo y juega un papel crucial en el crecimiento económico y el desarrollo social de las economías locales (Gómez, et al., 2025). El lixiviado de *humus* de lombriz aplicado en los fertilizantes orgánicos es una opción para suministrar nutrientes minerales a los cultivos. Entre ellos se encuentra el lixiviado de lombricomposta, que permite mejorar el suelo y optimizar la producción agrícola, aportando nutrientes a la planta y recuperando la fertilidad del suelo (García et al., 2025). En este contexto, el objetivo de la presente investigación fue evaluar el efecto de la aplicación de las dosis de los tratamientos de lixiviado de humus de lombriz y solución nutritiva Steiner

Materiales y Métodos

El experimento se realizó durante el ciclo agrícola otoño-invierno, en campo abierto en un área denominada “Lote Arroyo” en las instalaciones de la Universidad Tecnológica de Culiacán, Sinaloa, ubicada en el

km 2 de la carretera a Culiacán-Imala. Esta se ubica específicamente a 24°50'30" de latitud norte y 107°50'30" de longitud este, a una altura de 58 metros sobre el nivel del mar (msnm).

La siembra se realizó de forma manual en semilleros de 200 cavidades con los sustratos Peat moss y vermiculita 50/50. Se sembraron 1500 semillas de cebolla blanca; se colocó una semilla por cada cavidad. Se establecieron 9 surcos con una longitud de 5 m cada uno; además, se instaló un sistema de riego por goteo. A los 40 días después de la siembra, se realizó el trasplante de forma manual, en un diseño de dos hileras con una distancia entre cada plántula de 15 cm.

La fertilización química se realizó con soluciones nutritivas Steiner de acuerdo con la recomendada para este cultivo y con diferentes concentraciones según el tratamiento a aplicar, mientras que la fertilización orgánica se aplicó con lixiviado de *humus* de lombriz con diferentes diluciones de acuerdo a los porcentajes señalados en el Cuadro 1. La fertilización se realizó por medio del riego por goteo. La primera aplicación fue realizada a los 10 días después del trasplante (ddt), continuando la misma cada 15 días de acuerdo con el desarrollo del cultivo.

Cuadro 1. Tratamientos fertilización lixiviado y Steiner

	Tratamiento	%	Concentraciones
1	Control	0/0	0/0
2	Lixiviado/Solución Steiner	50/0	66.5L/0
3	Lixiviado/Solución Steiner	100/0	133L/0
4	Lixiviado/Solución Steiner	0/50	0/200mL
5	Lixiviado/Solución Steiner	50/50	66.5L/200mL
6	Lixiviado/Solución Steiner	100/50	133L/200mL
7	Lixiviado/Solución Steiner	0/100	0/400mL
8	Lixiviado/Solución Steiner	50/100	66.5L/400mL
9	Lixiviado/Solución Steiner	100/100	133L/400mL

Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar con nueve tratamientos y cuatro réplicas. De cada réplica se tomaron 10 plantas al azar, las cuales fueron evaluadas con los indicadores morfológicos: altura de planta, número de hojas, diámetro del falso tallo (estos indicadores se evaluaron a los 30, 60 y 90 ddt) y el diámetro del bulbo (a los 100 ddt). Los resultados se procesaron estadísticamente con el programa

estadístico InfoStat versión 20. Se realizó un análisis de varianza y una comparación múltiple de medias con la prueba de Tukey, con un nivel de significancia 0.05.

Resultados y Discusión

El Cuadro 2 contiene los valores promedio para la altura de la planta a los 30, 60 y 90 días. En esta se puede observar, de acuerdo a los valores numéricos, que el mayor promedio de altura de planta se presenta con el lixiviado/solución Steiner 50/50 %, aplicado a los 90 días con 46.0 cm, y el más bajo correspondió al lixiviado/solución Steiner 0/50 %, aplicado a los 90 días con 29.30 cm.

Cuadro 2. Valores promedios altura de planta

Dosis de aplicación	Aplicaciones		
	30 días	60 días	90 días
Control 0 %	20.50	25.5	41.7
L/SS 50/0 %	26.19	29.19	32.55
L/SS 100/0 %	25.61	30.50	45.10
L/SS 0/50 %	25.78	26.78	29.30
L/SS 50/50 %	33.22	38.22	46.00
L/SS 100/50 %	28.47	32.47	39.35
L/SS 0/100 %	22.16	25.1	29.47
L/SS 50/100 %	30.40	31.4	32.20
L/SS 100/100 %	25.53	28.3	33.28

L/SS* Lixiviado/Solución Steiner

A los 30, 60 y 90 días de realizadas las evaluaciones, las tres dosis superaron al control (Cuadro 3), lo que indica que la aplicación del extracto acuoso influyó en el desarrollo de esta variable morfológica. De acuerdo con los promedios obtenidos, el mayor valor corresponde a lixiviado/solución Steiner 50/50 % aplicado a los 90 con 17.72 cm, y el valor más bajo fue para lixiviado/solución Steiner 100/100 % 11.12 cm aplicado a los 90 días.

Cuadro 3. Valores promedio en diámetro de falso tallo

Cuadro 3. Valores promedio en diámetro de falso tallo

Dosis de aplicación	Aplicaciones		
	30 días	60 días	90 días
Control 0 %	8.08	10.80	14.91
L/SS 50/0 %	9.46	10.45	12.98
L/SS 100/0 %	8.57	8.57	15.18
L/SS 0/50 %	7.20	9.20	12.34
L/SS 50/50 %	9.73	12.70	17.72
L/SS 100/50 %	8.76	13.76	16.29
L/SS 0/100 %	6.17	8.20	11.45
L/SS 50/100 %	8.06	9.60	14.95
L/SS 100/100 %	6.99	8.20	11.12

L/SS* Lixiviado/Solución Steiner

Los valores promedio en número de hojas se muestran en el Cuadro 4. Los promedios no muestran un valor significativo. Sin embargo, se puede observar que el mayor promedio de número de hojas se presentó con lixiviado/solución Steiner 50/50 %, aplicado a los 90 días 8.90, y el más bajo corresponde a lixiviado/solución Steiner 0/100 %, aplicado a los 90 días con un promedio de 7.32.

Cuadro 4. Valores promedio en número de hojas

Dosis de aplicación	Aplicaciones		
	30 días	60 días	90 días
Control 0 %	5.00	6.20	7.95
L/SS 50/0 %	4.68	5.68	7.32
L/SS 100/0 %	5.28	6.28	7.67
L/SS 0/50 %	4.98	6.28	7.20
L/SS 50/50 %	5.58	6.50	8.90
L/SS 100/50 %	5.13	6.80	8.12
L/SS 0/100 %	4.30	5.30	7.10
L/SS 50/100 %	4.90	5.90	7.80
L/SS 100/100 %	4.40	5.30	7.37

L/SS* Lixiviado/Solución Steiner

El Cuadro 5 muestra los resultados obtenidos en la evaluación de esta variable que no mostró diferencia estadística; el mayor diámetro de bulbos fue con lixiviado/solución Steiner 100/50 % con 26.12 cm y el promedio más bajo corresponde a lixiviado/solución Steiner 100/100 % con 21.20 cm. Ambas aplicaciones fueron a los 100 días.

Cuadro 5. Valores promedio en diámetro de bulbo

Dosis de aplicación	Aplicaciones
	100 días
Control 0 %	23.40
L/SS 50/0 %	22.60
L/SS 100/0 %	22.10
L/SS 0/50 %	22.37
L/SS 50/50 %	25.82
L/SS 100/50 %	26.12
L/SS 0/100 %	20.45
L/SS 50/100 %	22.30
L/SS 100/100 %	21.20

L/SS* Lixiviado/Solución Steiner

Las dosis de aplicación con mayor concentración de lixiviado de humus de lombriz mostraron tener un mejor efecto en el valor promedio del diámetro de bulbo, con respecto a las dosis de mayor concentración de la solución Steiner.

Dentro de los efectos positivos de la aplicación de cualquier materia orgánica, se encuentran presentes las oligosacarinas, ya que se desprenden de la pared celular por acción enzimática y regulan la tasa de crecimiento. Esto sucede inicialmente con el incremento de actividad en la rizósfera, por lo que la planta incrementa su eficiencia en la absorción de nutrientes. Adicionalmente, puede aprovechar los compuestos húmicos lábiles contenidos en los lixiviados para potenciar el intercambio gaseoso y fomentar la concentración de azúcares e incrementar su biomasa foliar y consiguiente producción creciente (Alcívar et al., 2021).

De acuerdo con los resultados, la mayor eficacia del tratamiento del lixiviado de *humus* de lombriz con solución Steiner corresponde a una concentración de 50/50 % aplicada a los 30, 60 y 90 días, demostrando tener el mejor rendimiento de acuerdo con las variables morfológicas evaluadas. Eso se puede atribuir como complemento al buen nivel de fertilidad establecido por el análisis del suelo, ya que estos tienen concentraciones idóneas de macro y microelementos.

Aunque el vermicompost y sus lixiviados también aportan macronutrientes al suelo, varios estudios evidencian que el uso de estos productos no provee el suficiente nitrógeno para las diferentes funciones metabólicas de las plantas, como los fertilizantes químicos convencionales, debido

a su alta resistencia a la degradación y la baja velocidad de disponibilidad y mineralización de los nutrientes a partir de los abonos orgánicos. Esto pudo influir en los resultados obtenidos de manera individual; sin embargo, al combinar los lixiviados y en mayor dosis, se incrementa la efectividad del producto (Alcívar et al., 2021). Esto podría estar relacionado con los resultados del tratamiento que presentó mayor eficacia en indicadores evaluados.

Conclusiones

El efecto de la aplicación de las dosis de tratamientos del biofertilizante lixiviado de humus de lombriz y de la solución nutritiva Steiner demostró que la dosis más favorable para obtener una mejor producción de cultivo de cebolla fue precisamente donde existía una mayor concentración del biofertilizante.

Referencias

- Alciva, L. L. M., Vera, R. J. H., Arévalo, S. O., Arévalo, S. B., Pachar, O. L., y Castillo, R. C. (2021). Aplicación de lixiviados de vermicompost y respuesta agronómica de dos variedades de pimiento. *Revista Colombiana de Ciencias Animales*, 13(1), 1–10. <https://doi.org/10.24188/recia.v13.n1.2021.793>
- García, S. J. C., Sánchez, V. M., Pérez, H. H., y Méndez, L. A. (2025). Efecto del tipo de lixiviado de lombricomposta sobre el crecimiento, rendimiento y calidad de maíz. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 28(109), 1–12.
- Gómez, M. A., Ramos, L. L., y Leyva, H. S. (2025). Panorama actual de la producción y comercialización de cebolla blanca (*Allium cepa* L.) en México: Una revisión de literatura. En L. L. Ramos y H. S. Leyva (Eds.), *Agronegocios desde una visión analítica*. Astra Editorial. 71–88.

Capítulo 9

Efecto antimicrobiano de extractos metanólicos y fermentado de *morinda citrifolia* sobre *pythium* sp. Y *sclerotium rolfsii*

Ley López, Nancy^{1,2}

Medina López, Raymundo¹

Yáñez Juárez, Moisés Gilberto¹

Hinojosa Gómez, Jeny³

López Beltrán, Miguel Armando¹

González Balcázar, Antonio¹

¹ Facultad de Agronomía, Universidad Autónoma de Sinaloa. Carretera Culiacán-Eldorado Km 17.5, Aparatado Postal 25, CP. 80000, Culiacán, Sinaloa, México

² nancyley@uas.edu.mx

³ Laboratorio de Tecnología de Alimentos. Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. Coordinación Culiacán, carretera Eldorado Km 5.5, Campo el Diez, CP. 80110, Sinaloa, México

Resumen

Se evaluó la efectividad biológica de extractos metanólicos (fruto y hoja) y fermentado de fruta de *Morinda citrifolia* sobre *Pythium sp.* y *Sclerotium rolfii* con la técnica de envenenamiento en medio de cultivo. Se obtuvo efectividad inhibitoria con los extractos y fermentado; se observó un mayor efecto con el fermentado de fruto para ambos fitopatógenos y con mayor efectividad sobre el oomiceto, alcanzando 94,05 % a las 24 h; mientras que para *S. rolfii* obtuvo 59,75 % a las 24 h. Esta información aporta una alternativa de control sobre fitopatógenos ambientalmente amigable y queda como perspectiva realizar más estudios para caracterizar e investigar los mecanismos que inhiben a estos fitopatógenos.

Introducción

El noni (*Morinda citrifolia*) es una especie arbórea de origen tropical, clasificada taxonómicamente dentro de la familia *Rubiaceae* (Liu et al., 2024), que es nativa del sudeste asiático, Polinesia y Sudamérica. Actualmente se ha expandido a regiones tropicales y subtropicales a nivel mundial, incluyendo a México, Hawái, India y algunas islas del Pacífico (Hou et al., 2025). El árbol de noni presenta rápido crecimiento y alcanza hasta 10 m de altura en condiciones óptimas. Posee un tronco recto y ramificado con frutos ovalados de superficie rugosa que, al madurar, adquieren tonalidades blanco-amarillentas. Pese a su olor y sabor intenso, los frutos destacan por sus propiedades medicinales utilizadas en jugo, infusión y aplicaciones tópicas, además de su actividad antimicrobiana sobre fitopatógenos (Danial et al., 2025). En México, el principal método de control para fitopatógenos son los agroquímicos; sin embargo, su uso excesivo ha ocasionado daños, por lo cual se están buscando alternativas más amigables con el medio ambiente, como los extractos vegetales (Coyotl-Pérez et al., 2025). El cultivo de berenjena (*Solanum melongena*

L.) es susceptible al ataque de *Pythium spp.*, oomiceto fitopatógeno que provoca la pudrición basal del tallo, caracterizada por una pudrición húmeda en la base del tallo y en las raíces, hasta provocar muerte de la planta (Franco et al., 2023). La incidencia de la enfermedad es mayor en plantas jóvenes. Otro fitopatógeno de gran importancia fitosanitaria en el cultivo de chile (*Capsicum annuum*) es *Sclerotium rolfsii*; es un hongo habitante del suelo con un amplio rango de hospederos, superior a 500 especies. Su distribución es mundial, con mayor prevalencia en regiones tropicales y subtropicales, y afecta plántulas, plantas herbáceas y leñosas, así como raíces carnosas, bulbos y frutos en contacto con el suelo (Ley-López et al., 2025). En este contexto, el objetivo del presente estudio fue determinar la actividad antifúngica del extracto metanólico obtenido de diferentes partes de *M. citrifolia* sobre microorganismos fitopatógenos de importancia agrícola.

Materiales y Métodos

Material biológico

Las cepas de los fitopatógenos *Pythium sp.* y *S. rolfsii* fueron proporcionadas por el laboratorio de Enfermedades de Hortalizas en la Facultad de Agronomía (UAS); estos microorganismos se reactivaron en medio de cultivo papa dextrosa agar (PDA) y se preservaron e incubaron a una temperatura de 26 ± 1 °C. Asimismo, las partes de la planta de noni utilizadas para este estudio se obtuvieron en la localidad geográfica $24^{\circ}62'48.32''N$, $107^{\circ}44'36.68''W$ de FA-UAS; el presente trabajo se llevó a cabo con la colaboración del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A.C., Unidad Culiacán.

Obtención de extractos vegetales y fermentado.

Las muestras (fruto y hoja) de *M. citrifolia* se liofilizaron en un FreeZone Triad Benchtop Freeze Dryer (LABCONCO, USA); posteriormente, para la extracción, se pesaron 2.5 g de muestra liofilizada, homogenizándola

con 20 mL de metanol, y se dejaron en agitación por 24 h a 200 rpm a temperatura ambiente en un agitador (BENCHMARK, USA). Después, la muestra se centrifugó en una HERMLE Z 36 HK (Alemania) a 10 000 rpm por 15 min a 4°C y finalmente el sobrenadante se recolectó y se almacenó a -20°C para su posterior análisis (Ogbeide et al., 2025). Para el fermentado del fruto de noni (sin daños o signos de infección), se lavaron y desinfectaron mediante inmersión (hipoclorito de sodio al 1 % durante 5 min) y se colocaron en frascos de vidrio previamente esterilizados. Se incubaron en condiciones anaerobias a una temperatura controlada de 30 ± 2 °C durante un periodo de 7 a 14 d. Finalizado el tiempo de fermentación, el producto se filtra mediante gasa estéril y el fermento obtenido se colocó en frascos herméticos de vidrio ámbar a 4 °C hasta su posterior uso (Guardiola et al., 2025).

Técnica de envenenamiento con extractos metanólicos (fruto y hoja) y fermentado de fruto de noni sobre *Pythium* sp. y *S. rolfsii*

Para esta evaluación se empleó la técnica de envenenamiento del medio de cultivo propuesta por Danial et al. (2025) con ligeras modificaciones. La prueba consistió en la preparación del medio de cultivo, papa dextrosa agar (PDA), que se esterilizó a 121°C por 15 min. Posteriormente, el medio se vació en cajas de Petri de 90 x 15 mm y, cuando alcanzó una temperatura aproximada de 50°C, se adicionaron los extractos metanólicos de fruto y hoja o fermentado del fruto con una concentración de 7 mg mL⁻¹ para los extractos metanólicos y 100 µL del fermentado. En el centro de cada caja de Petri con medio envenenado se colocó un disco con micelio de 0.6 cm de diámetro de los fitopatógenos (*Pythium* sp. y *S. rolfsii*). Las cajas fueron incubadas a temperaturas de 26 ± 2 °C y el crecimiento radial del micelio se midió cada 24 h y cuando los tratamientos testigos alcanzaron un crecimiento aproximado de 4 cm para ambos fitopatógenos, que fue aproximadamente a las 48 y 120 h, respectivamente. Para la efectividad biológica de los extractos vegetales de distintas partes de la planta, se obtuvo mediante el crecimiento micelial del fitopatógeno (*S. rolfsii* y *Pythium* sp.) expuestos con los extractos.

Para esta técnica se empleó la siguiente fórmula: Eficiencia de inhibición (EI%) = $\{(A-B)/A\} \times 100$, donde EI = Porcentaje de eficiencia de inhibición, A = Crecimiento radial del control y B = Crecimiento radial del patógeno (Ley-López et al., 2024).

Análisis estadístico

Se utilizó un diseño completamente al azar por patógeno y los datos obtenidos fueron analizados mediante un análisis de varianza (ANDEVA) en el programa estadístico Minitab 19. Las comparaciones de medias se realizaron mediante la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$).

Resultados y Discusión

Efectividad biológica de los extractos metanólicos (fruto y hoja) y fermentado de fruto de *M. citrifolia* sobre *Pythium sp.* y *S. rolfsii*

El crecimiento micelial de *Pythium sp.* y *S. rolfsii* fue afectado con la presencia de extractos metanólicos (fruto y hoja) y fermentado de fruto de noni. Se registraron diferencias significativas entre los tratamientos mediante el análisis estadístico con la comparación de medias (Tukey, $p \leq 0.05$). En el bioensayo en la inhibición micelial frente a *Pythium sp.*, los tratamientos evaluados mostraron diferencias significativas respecto al testigo desde las 24 h de incubación. El tratamiento con fermentado de fruto de noni presentó la mayor inhibición del crecimiento micelial del oomiceto con crecimiento radial de 0.13 y 0.89 cm a las 24 y 48 h, respectivamente (Cuadro 1). Asimismo, este tratamiento registró una efectividad inhibitoria de 94,05 % y 80,28 % a las 24 y 48 h, respectivamente (Cuadro 1). Aunque la eficiencia de los extractos y del fermentado del noni sobre *S. rolfsii* fue similar a la observada en *Pythium sp.*, se detectaron diferencias significativas entre los tratamientos y se mantuvo la misma secuencia de efectividad. No obstante, la efectividad inhibitoria fue menor en *S. rolfsii* en comparación con la registrada en el oomiceto, con 59,75 % a las 24 h, 43,27 % a las 72 h y 34,44 % a las 120 h (Cuadro 2).

Cuadro 1. Efectividad inhibitoria de los extractos metanólicos (fruto y hoja) y fermentado de fruto de *M. citrifolia* sobre el crecimiento micelial de *Pythium* sp. a nivel in vitro.

Tratamientos	Efecto antimicrobiano de extractos metanólicos y fermentado de noni sobre <i>Pythium</i> sp. \pm DE			
	24 h		48 h	
	CM*	EI**	CM	EI
EM (fruto)	1.81 \pm 0.12 b***	13.69 \pm 2.46 b	4.33 \pm 0.13 a	3.89 \pm 2.37 b
EM (hoja)	1.84 \pm 0.05 b	12.5 \pm 5.93 b	4.4 \pm 0.11 a	2.22 \pm 1.96 b
F (fruto)	0.13 \pm 0.23 c	94.05 \pm 11.02 a	0.89 \pm 0.97 b	80.28 \pm 21.62 a
Control	2.07 \pm 0.11 a	--	4.5 \pm 0.00 a	--

*CM (crecimiento micelial (cm)); **EI (Efectividad inhibitoria (%)); ***Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes de acuerdo a Tukey ($P \leq 0.05$). DE=Desviación estándar

Cuadro 2. Efectividad inhibitoria de los extractos metanólicos (fruto y hoja) y fermentado de fruto de *M. citrifolia* sobre el crecimiento micelial de *S. rolfsii* a nivel in vitro.

Tratamientos	Efecto antimicrobiano de extractos metanólicos y fermentado de noni sobre <i>S. rolfsii</i> \pm DE					
	24 h		72 h		120 h	
	CM*	EI**	CM	EI	CM	EI
EM (fruto)	0.38 \pm 0.02 b***	22.50 \pm 4.75 b	1.73 \pm 0.11 b	33.65 \pm 3.41 b	3.36 \pm 0.18 c	25.28 \pm 5.44 b
EM (hoja)	0.39 \pm 0.02 b	20.50 \pm 4.63 b	1.80 \pm 0.08 b	30.77 \pm 4.11 b	3.66 \pm 0.24 b	18.61 \pm 4.10 c
F (fruto)	0.20 \pm 0.03 c	59.75 \pm 6.54 a	1.48 \pm 0.15 c	43.27 \pm 5.72 a	2.95 \pm 0.14 d	34.44 \pm 3.14 a
Control	0.53 \pm 0.09 a	--	2.59 \pm 0.11 a	--	4.50 \pm 0.00 a	--

*CM (crecimiento micelial (cm)); **EI (Efectividad inhibitoria (%)); ***Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes de acuerdo a Tukey ($P \leq 0.05$). DE=Desviación estándar.

Los resultados obtenidos concuerdan con estudios previos que indican que *M. citrifolia* presenta variabilidad significativa en la concentración y el tipo de metabolitos secundarios, según la parte de la planta (hoja,

fruto y raíz) (Ogbeide et al., 2025; Hou et al., 2025). Por lo que esta diversidad de fitoquímica puede atribuirse a la diferenciación funcional de los tejidos vegetales e influye en la biosíntesis y acumulación de compuestos bioactivos (Hou et al., 2025). Asimismo, se ha reportado que la eficiencia de extracción de metabolitos bioactivos depende en gran medida de la polaridad del solvente empleado, como el metanol, eficaz para la recuperación de compuestos fenólicos y otros metabolitos secundarios (Hou et al., 2025). Por lo anterior, en el presente estudio el solvente metanólico favorece la extracción de dichos compuestos. No obstante, los resultados obtenidos sugieren que el proceso de fermentación favorece el incremento de la concentración de compuestos bioactivos; esto puede deberse a la biotransformación de precursores (Guardiola et al., 2025). Este hallazgo indica que, si bien la selección del solvente es un factor determinante en la extracción, la fermentación desempeña un papel clave en el contenido de compuestos bioactivos. En este contexto, queda como perspectiva caracterizar e investigar los mecanismos que inhiben a estos fitopatógenos (*Pythium* y *S. rolfsii*) y correlacionar perfiles químicos con la actividad antifitopatógena.

Conclusiones

Se registró una efectividad inhibitoria de los extractos metanólicos de fruto y hoja, así como del fermentado de fruto de *M. citrifolia*, sobre los fitopatógenos *Pythium sp.* y *S. rolfsii*. Destacó el fermentado de fruto por alta efectividad contra el oomiceto. En conjunto, esta investigación aporta información sobre una alternativa potencial de control sobre fitopatógenos ambientalmente amigable, además de contribuir conocimiento científico sobre el uso de productos naturales y perspectivas orientadas a su validación y aplicación.

Referencias

Coyotl-Pérez, W. A., Flores-Hernández, M., Ramírez-Díaz, C. A., y Villa-Ruano, N. (2025). Alternativas agroecológicas para contrarrestar enfermedades en cultivos de *Capsicum*. *Revista Mexicana de Fito-patología*, 43(SPE).

- Danial, N. D. N., Asib, N., Sadi, T., y Ismail, S. I. (2025). Evaluation of *Morinda citrifolia* Leaf Extract Against *Phytophthora palmivora* in Controlling Stem Canker on Durian (*Durio zibethinus*). *Malaysian Applied Biology*, 54(1), 24-37.
- Franco, J. D. D. M., del Rosario García, S. A. M., Reyes, M. M., Martínez, L. S., Almonte, I., Tineo, E. S. y Vitta, N. (2023). Principales géneros de hongos fitopatógenos asociados a enfermedades en vegetales orientales en La Vega, República Dominicana. *APF*, 12(1).
- Guardiola, E.N., Sumitro, S.B. y Widyarti, S. (2025). La fermentación natural de calabaza amarga (*Momordica charantia*) y fruto de noni (*Morinda citrifolia*) en miel aumenta la concentración total de fenoles, flavonoides y antioxidantes. En *BIO Web of Conferences*. 154. EDP Sciences.
- Hou, S., Ma, D., Wu, S., Hui, Q. y Hao, Z. (2025). *Morinda citrifolia* L.: Una revisión exhaustiva sobre fitoquímica, efectos farmacológicos y potencial antioxidante. *Antioxidantes*, 14(3), 295.
- Ley-López, N., Basilio-Heredia, J., Cruz-Lachica, I., Márquez-Zequera, I., Medina-López, R., Martín-Hernández, C. S., & García-Estrada, R. S. (2025). Fatty acid composition of lipopeptides with antifungal activity synthesized by *Bacillus amyloliquefaciens*. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 43(3).
- Ley-López, N., Medina-López, R., Hinojosa-Gómez, J., López-Beltrán, M. A., Estrada-Acosta, M. D., Cázarez-Flores, L. L., y Yáñez-Juárez, M. G. (2024). Bioprospecting of rhizobacteria with antagonistic activity against *Fusarium* spp., a parasite of cucumber (*Cucumis sativus*). *Agro Productividad*.
- Liu, X., Lin, X., Hu, X., Li, C., Wang, L. y Fei, T. (2024). Fruto y subproductos de noni (*Morinda citrifolia*): Una revisión exhaustiva de su composición química, efectos beneficiosos para la salud, evaluación de la seguridad y aplicaciones industriales. *Tendencias en Ciencia y Tecnología de los Alimentos*, 153, .
- Ogbeide, O.K., Aghedo, O.N., Akhidenor, F.I., Dibie, E.N., y Iyasele, J.U. (2025). Constituyentes fitoquímicos cualitativos y cuantitativos, actividades antioxidantes y estudios antimicrobianos del extracto de metanol del tallo de *Morinda citrifolia*. *Ciencias de la Fitoquímica*, 4(2), 98-106.

Capítulo 10

Diversidad de recursos genéticos de ajonjolí (*Sesamum indicum* L.)

Llaven Valencia, Genny^{1,2}
*García León, Elizabeth*¹
*Tavitas Fuentes, Leticia*¹
*Pérez Rubio, Verónica*³
*Hernández Hernández, Aidé*⁴
*Santacruz Varela, Amalio*⁵
*Castillo González, Fernando*⁴

¹ INIFAP-Campo Experimental Valle del Fuerte

² llaven.genny@inifap.gob.mx

³ Centro de Investigación en Alimentación

⁴ Desarrollo-Culiacán; Tecnológico Nacional de México -Campus Guasave

⁵ Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo

Resumen

Este estudio se enfoca en contribuir al conocimiento de la diversidad genética entre poblaciones criollas de ajonjolí recolectadas en el occidente de México. La evaluación se realizó durante dos ciclos agrícolas (verano 2022 y 2023) en Campo Experimental Valle del Fuerte (INIFAP), utilizando un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones. Se analizaron variables de rendimiento y calidad. Los resultados mostraron diferencias significativas entre las poblaciones evaluadas. El color de la testa del grano varió de blanco a crema y marrón, y se correlacionó con variaciones en el contenido de grasas y proteínas totales. Se identificaron 10 poblaciones destacadas, con un rendimiento superior a 0.600 t ha⁻¹, grasa total (42 a 60 %) y proteína (14 a 24 %), lo que evidencia la existencia de diversidad entre poblaciones. En conjunto, los resultados sugieren una amplia diversidad genética de poblaciones criollas de ajonjolí en México, con una notable adaptación a distintos nichos ecológicos.

Introducción

El ajonjolí (*Sesamum indicum* L.) es una oleaginosa valiosa por su valor nutricional y su diversidad genética. Es fundamental para la seguridad alimentaria, ya que permite afrontar el cambio climático, plagas y enfermedades (FAO 2019). Su aceite, rico en ácidos grasos insaturados y antioxidantes, ofrece beneficios para la salud (Dar et al., 2019). Las semillas de ajonjolí contienen entre 20 y 25 % de proteínas, variando entre poblaciones (Sharma et al., 2014). A pesar de la variabilidad genética observada en las colecciones de germoplasma, el mejoramiento genético del ajonjolí avanza lentamente, debido a la preferencia de los agricultores por las variedades locales y la poca disponibilidad de variedades mejoradas (Qureshi, et al., 2022). Es necesaria más investigación para identificar nuevos genes y generar variedades de ajonjolí de México con mejores

características de rendimiento y calidad. El objetivo de este trabajo es generar conocimiento sobre la diversidad de poblaciones de ajonjolí.

Materiales y Métodos

Diseño experimental

Se colectaron 57 poblaciones de ajonjolí en los estados de Michoacán, Oaxaca, Guerrero, Sinaloa y Sonora. Se evaluaron en verano (julio-diciembre 2022) en el INIFAP-Campo Experimental Valle del Fuerte, utilizando un diseño en bloques completos al azar con tres repeticiones. El manejo agronómico se realizó según la Agenda Técnica 2015 de INIFAP para el cultivo de ajonjolí en la región noroeste de México. Se analizaron variables como el porcentaje de grasas totales, porcentaje de proteínas totales, Cromo y Hue; para estas últimas se evaluaron las 57 más 16 poblaciones criollas.

Análisis estadístico de los datos

Se realizó análisis de varianza para cada variable, mediante el procedimiento GLM del software SAS versión 9.1 (SAS Institute, 2004). Se realizó un análisis de componentes principales y un análisis de conglomerados para obtener el dendrograma correspondiente (Johnson, 2000).

Resultados y discusión

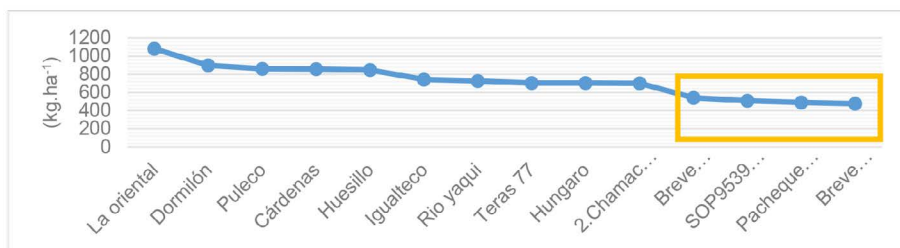
Se detectaron diferencias estadísticas significativas en el 75 % de los caracteres agronómicos y en la calidad del grano, resultando en diferencias marcadas entre poblaciones (Cuadro 1).

Cuadro 1. Cuadros medios para variables de calidad en 57 poblaciones de ajonjolí.

Fuente de variación	Grados de libertad	Proteínas totales (%)	Grasas totales (%)	Luminosidad (%)	Croma (%)	Hue (%)
Repetición	2	0.330698	0.241316	0.74	0.36	0.10
Poblaciones	57	26.059922*	67.900974*	88.90*	30.94*	9.95*
Error	227	0.81	0.33	0.15	0.24	0.081
Media		20.62	48.91	58.08	31.08	74.44
C.V (%)		4.36	1.17	0.67	1.59	0.38

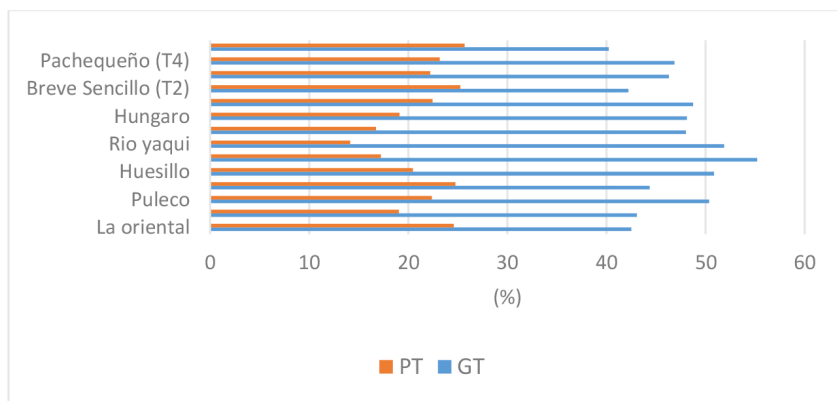
*= significativas a $P \leq 0.01\%$

La selección empírica que los productores han aplicado de manera local ha permitido mantener la variabilidad, conservando las variantes de mejor adaptación en México bajo diferentes suelos y altitudes, permitiendo niveles de sanidad, tolerancia a estrés hídrico y las condiciones climáticas (Zhou et al., 2018). Influyendo en arquitectura de planta y capacidad de rendimiento (Kadkhodaie et al., 2014).

Figura 1. 10 poblaciones con mayor rendimiento (kg ha⁻¹).

El color de la testa está relacionado con mayor o menor contenido de proteínas de hasta un 24,8 % y grasas totales, entre 42,5 y 55,0 %. Hus-sain et al. (2018) indican que el ajonjolí de color blanco es de mayor uso para alimento y producción de aceite (Figura 2).

Figura 2. Proteínas y grasas en 10 poblaciones con mayor potencial.



Resultados de componentes principales

El análisis de componentes principales (CP) indicó que con el primer componente es posible explicar el 95 % de la variación total entre los tres atributos evaluados para las poblaciones y el primer vector característico presenta asociaciones positivas con Brillantez, Cromo y Hue (cuadro 2), reflejando una distribución equilibrada entre las tres variables. El segundo componente presenta asociaciones negativas, indica menor brillantez y tonalidad, lo que refiere a poblaciones con color de testa oscuro. El tercer componente muestra asociación negativa en tonalidad con valor -0.798; se relaciona con testas de muy baja tonalidad.

Cuadro 2. Valores y vectores propios del análisis de componentes principales para 73 poblaciones de ajonjolí, para las tres variables de color de testa.

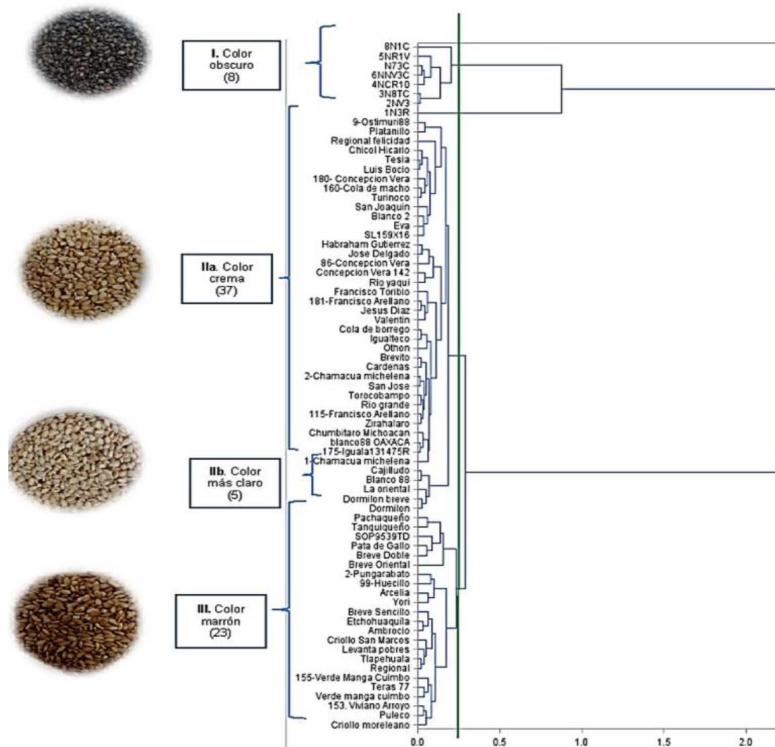
	CP1	CP2	CP3
Valor propio	2.8636	0.1032	0.0332
Proporción de variación explicada	0.9545	0.0344	0.0111
Proporción acumulada	0.9545	0.9889	1.0000
Vectores propios			
Variables	Prin1	Prin2	Prin3
Brillantez (L*)	0.576287	-0.618789	0.533847
Cromaticidad (Croma)	0.571694	0.772031	0.277729
Tonalidad (Hue)	0.584002	-0.145146	-0.79867

Proporción: Fracción de la varianza global explicada por cada CP; Acumulada: fracción de la varianza global explicada por el CP de referencia más los anteriores.

Análisis de conglomerados

El análisis de conglomerados permitió la agrupación de poblaciones con diferente tonalidad de colores claros. Se muestra en el dendrograma con diferencias notables a la distancia superior de 2.0 el grupo 1 con ocho poblaciones de testa de color oscuro; a la distancia cercana a 0.35 se separan dos grupos, se observa el grupo 2, con dos subgrupos, el 2a con 37 poblaciones de testa de color cremoso, y el 2b con cinco poblaciones de testa de color más claro o blanco. Y el grupo 3 con 23 poblaciones de testa de color de beige a ocre.

Figura 3. Dendrograma con relaciones de similitud en poblaciones de ajonjolí (*Sesamum indicum* L) de colores claros y oscuros, con base a Brillantez (L*), Croma (C*) y Hue (H*).



Conclusiones

En México existe una amplia diversidad de materiales criollos de ajonjolí, adaptados a distintos nichos ecológicos, lo que se refleja en variaciones en rendimiento, contenido de grasas y proteínas, así como en la predominancia regional del color de la testa. Esta diversidad constituye un recurso estratégico para atender desafíos agronómicos, industriales y de mercados especializados, ya que la integración de la selección tradicional con estrategias para inducir variabilidad puede favorecer el desarrollo de variedades mejoradas con alto valor productivo y nutricional.

Referencias

- Dar, A. A., Kancharla, P. K., Chandra, K., Sodhi, Y. S., y Arumugam, N. (2019). Assessment of variability in lignan and fatty acid content in the germplasm of *Sesamum indicum* L. *Journal of Food Science and Technology*, 56(2), 976–986. <https://doi.org/10.1007/s13197-018-03564-x>
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). (2019). El patrimonio para la biodiversidad mundial para la alimentación y la agricultura: en resumen: Roma, Italia. Comisión de Recursos Genéticos para la Alimentación y Agricultura. Disponible en <http://www.fao.org/3/ca3229en/CA3229EN.pdf>
- Hussain, S. A., Hameed, A., Ajmal, I., Nosheen, S., Suleria, H. A. R., y Song, Y. (2018). Effects of sesame seed extract as a natural antioxidant on the oxidative stability of sunflower oil. *Journal of Food Science and Technology*, 55(10), 4099–4110. <https://doi.org/10.1007/s13197-018-3336-2>
- Kadkhodaie, A., Razmjoo, J., Zahedi, M., y Pessarakli, M. (2014). Oil Content and Composition of Sesame (*Sesamum indicum* L.) Genotypes as Affected by Irrigation Regimes. *Journal of the American Oil Chemists' Society*. 91. 1737-1744. <https://doi.org/10.1007/s11746-014-2524-0>

Capítulo 11

Respuesta de crecimiento del chile chiltepín (*Capsicum annuum* var. *glabriusculum*) bajo dos sistemas de producción

Medina-Montenegro, Heidi Melania¹

Ramírez Ceballos, Joana Belén²

Benavides-Mendoza, Adalberto¹

Cabrera-De la Fuente, Marcelino¹

López-Velázquez, Jordi Gerardo²

Alvarez-Mares, Vicente de Jesús²

Zazueta Torres, Norma Delia³

Peralta-Manjarrez, Rocío Maricela⁴

¹ Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Calz Antonio Narro 1923, Buenavista, 25315 Saltillo, Coahuila

² Universidad Tecnológica de Culiacán, Culiacán-Imala Km.

³ Los ángeles, 80014 Culiacán Rosales, Sinaloa. 2, Tecnológico Nacional de México/ ITS Eldorado, Av. Tecnológico S/N Col. Rubén Jaramillo, CP. 80450.Eldorado, Sinaloa, México

⁴ rperaltam@hotmail.com

Resumen

El chiltepín (*Capsicum annum var. glabriusculum*) es un recurso fitogenético de importancia cultural y productiva en México, cuyo comportamiento agronómico bajo distintos sistemas de producción aún es poco documentado. El objetivo de este estudio fue evaluar el desarrollo vegetativo y el estado fisiológico del chiltepín cultivado en invernadero y campo abierto, bajo condiciones de acolchado y dos tipos de fertilización (orgánica y convencional). Se establecieron ocho tratamientos en un diseño de bloques completos al azar con cinco repeticiones. Se midieron altura de planta, diámetro de tallo, número de ramas e índice de clorofila (SPAD). Los resultados mostraron diferencias altamente significativas ($p < 0.05$) entre tratamientos para todas las variables evaluadas. En general, el cultivo en invernadero promovió un mayor crecimiento vegetativo y mayor contenido de clorofila, mientras que el campo abierto, especialmente sin acolchado, presentó los valores más bajos. Estos resultados evidencian la alta plasticidad fenotípica del chiltepín y confirman que el ambiente de cultivo es un factor determinante para optimizar su desarrollo.

Introducción

En México existe una amplia diversidad de chiles, entre ellos el chiltepín (*Capsicum annum var. glabriusculum*), un recurso silvestre de gran importancia cultural y agroeconómica presente en diversos ecosistemas del país. La variación morfológica observada entre poblaciones silvestres de chiltepín indica la existencia de una considerable diversidad fenotípica en regiones como Querétaro y Guanajuato, lo cual tiene implicaciones para su conservación y aprovechamiento sustentable (Ramírez Novoa et al. 2018). Aunado a ello, trabajos recientes han explorado la diversidad genética y variación de marcadores genómicos en poblaciones mexicanas de chiltepín, proporcionando importantes recursos para estudios de

adaptación y mejora genética (Moreno-Contreras et al., 2024). Asimismo, se ha documentado la variación morfológica de frutos entre genotipos de chile piquín de diferentes regiones del noreste y centro de México, lo que contribuye a la caracterización de descriptores útiles para identificación y selección (Alcalá-Rico, 2023). Además, investigaciones agronómicas han evaluado la respuesta de plántulas de chiltepín inoculadas con micorrizas, destacando su potencial para mejorar el establecimiento y crecimiento bajo distintos tipos de suelo (Pérez et al., 2023). El objetivo de este estudio fue evaluar el desarrollo del chiltepín en campo abierto e invernadero, con el fin de generar información que fortalezca prácticas agronómicas más eficientes y sostenibles.

Materiales y métodos

El establecimiento del cultivo se realizó en las instalaciones de la Universidad Tecnológica de Culiacán, Sinaloa, ubicada en el Km 2 de la carretera a Culiacán-Imala. Se realizó un manejo básico de un paso de subsuelo, tres pasos de rastra, dos bordeos y finalmente se realizará el empareje y escarificación. Se establecieron ocho tratamientos resultantes de la combinación de tres factores principales: ambiente de cultivo (invernadero y campo abierto), uso de acolchado (con y sin acolchado) y tipo de fertilización (orgánica y convencional). Cada tratamiento representó una condición específica para evaluar el efecto de estas variables. Cada tratamiento se estableció con el mismo número de plantas y se aplicaron prácticas de manejo homogéneas, excepto por las variaciones propias de cada condición experimental. La fertilización orgánica consistió en la aplicación de insumos certificados, mientras que la fertilización convencional se realizó con fuentes minerales recomendadas para el cultivo. El acolchado utilizado fue plástico agrícola. Las variables a estudiar fueron: altura de planta, diámetro de tallo, número de ramas e índice SPAD. La altura de planta se midió (en cm) cada dos semanas desde la base hasta el ápice para evaluar el crecimiento longitudinal. El diámetro de tallo se registró (en mm) con un vernier digital calibrado, midiendo a 2 cm sobre la base del tallo y evitando zonas irregulares, con el fin de asegurar precisión y uniformidad en los datos. El contenido de clorofila (SPAD) se determinó

usando un SPAD-502, realizando tres lecturas por planta en la hoja más joven completamente expandida y en un horario fijo.

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar, con ocho tratamientos y cinco repeticiones. Se realizaron pruebas de normalidad, de homogeneidad de varianzas y análisis de varianza (ANOVA). Las medias se compraron con la prueba de Tukey con un nivel de significancia de $P < 0.05$ Para todos los análisis se utilizó el paquete estadístico Minitab 17.

Cuadro 1. Descripción de tratamientos.

Trat	Descripción
T1	Invernadero con acolchado y fertilización orgánica
T2	Invernadero con acolchado y fertilización convencional
T3	Invernadero sin acolchado y fertilización orgánica
T4	Invernadero sin acolchado y fertilización convencional
T5	Campo abierto con acolchado y fertilización orgánica
T6	Campo abierto con acolchado y fertilización convencional
T7	Campo abierto sin acolchado y fertilización orgánica
T8	Campo abierto sin acolchado y fertilización convencional

Nota. El cuadro 1 muestra las combinaciones de ambiente, acolchado y tipo de fertilización utilizadas en el experimento.

Resultados y discusión

Los resultados obtenidos (Cuadro 2) mostraron diferencias marcadas en el desarrollo del chiltepín (*Capsicum annum var. glabriusculum*) entre los dos ambientes evaluados. En general, el invernadero promovió un crecimiento significativamente superior en todas las variables de crecimiento y fisiología (altura, diámetro de tallo, número de ramas y contenido de clorofila SPAD), mientras que el campo abierto mostró un desempeño menor, influido por condiciones ambientales más restrictivas.

Cuadro 2. Características de crecimiento e índice de clorofila en plantas de chiltepín (*Capsicum annuum* var. *glabriusculum*) bajo dos sistemas de producción.

TRATAMIENTOS	Altura (CM)	Diámetro de tallo (mm)	Número de ramas	Índice de clorofila (SPAD)
T1 INV ACOL ORG	33.44 B	5.95 AB	8.76 AB	51.12 A
T2 INV ACOL CONV	32.28 B	5.47 B	10.00 A	48.08 ABC
T3 INV SIN ACOL ORG	36.04 AB	5.71 AB	6.64 BCD	51.80 A
T4 INV SIN ACOL CONV	42.20 A	6.73 A	7.84 ABC	49.80 AB
T5 CAM ACOL ORG	22.80 CD	5.74 AB	7.08 BCD	48.76 AB
T6 CAM ACOL CONV	25.24 C	6.02 AB	7.24 BCD	48.96 AB
T7 CAM SIN ACOL ORG	17.88 D	3.69 C	4.60 D	44.96 BC
T8 CAM SIN ACOL CONV	19.88 CD	3.25 C	5.84 CD	42.72 C
ANOVA				
Valor – p	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
C.V. (%)	25.9	24.58	42.6	13.11

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

La altura de planta mostró diferencias altamente significativas entre tratamientos, sobresaliendo el tratamiento T4. Este resultado coincide con recientes investigaciones, donde el chiltepín cultivado bajo condiciones protegidas presenta mayor desarrollo vegetativo atribuido a la reducción del estrés térmico y la mayor disponibilidad hídrica (Pérez et al., 2023).

La variación obtenida en este estudio es típica de especies silvestres con fuerte plasticidad fenotípica. La mayor altura en invernadero sugiere que esta especie responde favorablemente a entornos con temperaturas más estables, mínima fluctuación del microclima y menor efecto del viento. En contraste, los tratamientos en campo abierto sin acolchado

mostraron los valores más bajos debido a factores adversos como radiación directa, estrés hídrico y alta evaporación.

En conjunto, estos resultados sugieren que la altura es un rasgo altamente sensible a las condiciones ambientales, y que el invernadero ofrece el ambiente óptimo para maximizar este componente del crecimiento.

El diámetro de tallo también presentó diferencias significativas entre tratamientos (Cuadro 2), sobresaliendo el tratamiento T4. Esta tendencia se alinea con estudios donde el ambiente protegido permite una mayor acumulación de biomasa estructural en *Capsicum* debido a condiciones estables y eficientes en el uso del agua (Mc Caughey-Espinoza et al., 2020).

La variabilidad moderada observada es consistente con los cambios fisiológicos que experimentan plantas sometidas a microambientes diferentes. El tallo más grueso observado en invernadero es ventajoso, ya que está asociado a mejor vigor, mayor resistencia mecánica y capacidad para sostener la carga de fruto en etapas posteriores.

En campo abierto, la mayor oscilación térmica y la limitación hídrica pueden haber limitado el engrosamiento del tallo, lo cual explica los valores reducidos registrados en los tratamientos sin acolchado en ambos tipos de fertilización.

El número de ramas mostró una mayor variabilidad (Cuadro 2), lo que sugiere que este rasgo depende fuertemente del vigor individual y de respuestas específicas de cada planta. Esta variabilidad es común en *Capsicum annuum var. glabriusculum*, cuya morfología arbustiva tiende a mostrar diferencias marcadas entre individuos, incluso bajo condiciones controladas (Ramírez Novoa et al., 2018). Sin embargo, los tratamientos T1 y T2 presentaron mayor ramificación, lo cual se asocia a mejores condiciones microambientales y nutricionales. Un mayor número de ramas es relevante porque favorece mayor área foliar y potencialmente mayor producción de flores y frutos. En campo abierto, los valores más bajos sugieren que el estrés ambiental inhibió la formación de brotes laterales. Esto coincide con estudios que reportan que temperaturas extremas y sequía reducen la ramificación en especies silvestres de *Capsicum* (Balderas-Quezada et al., 2023).

El contenido de clorofila, expresado en unidades SPAD, mostró diferencias altamente significativas entre tratamientos ($p < 0.0001$). Sobre-

saliendo los tratamientos T1 y T3, lo que indica mejor estado fisiológico y nutricional bajo invernadero.

La mayor acumulación de clorofila en este ambiente se relaciona con una mayor eficiencia fotosintética y una mayor disponibilidad de nutrientes como N, Mg y Fe, esenciales para la síntesis de clorofila (McCaughey-Espinoza et al., 2020).

En campo abierto, los valores SPAD más bajos reflejan el efecto del estrés térmico y la reducción de la eficiencia fotosintética por exceso de radiación o déficit hídrico. La literatura reciente confirma que el chiltepín modula su contenido de clorofila en respuesta al ambiente, mostrando niveles más altos en condiciones protegidas (Pérez et al., 2023).

Conclusiones

El sistema de producción influyó de manera significativa en el crecimiento y estado fisiológico del chiltepín, siendo el invernadero el ambiente que favoreció mayores valores de altura, diámetro de tallo, ramificación y contenido de clorofila. El uso de acolchado y la fertilización, particularmente en condiciones protegidas, contribuyeron a mejorar el microambiente y la eficiencia fisiológica de las plantas. En contraste, el cultivo en campo abierto sin acolchado mostró limitaciones asociadas al estrés ambiental. Los resultados confirman la elevada plasticidad fenotípica de *Capsicum annuum* var. *glabriusculum* y sugieren que su manejo bajo sistemas protegidos representa una estrategia agronómica viable para mejorar su establecimiento y desarrollo, contribuyendo a su aprovechamiento productivo y conservación.

Referencias

Alcalá-Rico, J. S. G. J., Ramírez-Meraz, M., Maldonado-Moreno, N., Borja-Bravo, M., Camposeco-Montejo, N., y López-Benítez, A. (2023). Variación morfológica en frutos de genotipos de chile piquín (*Capsicum annuum* var. *glabriusculum*) del Noreste y Centro de México. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 10(2). <https://doi.org/10.19136/era.a10n2.3482>

- Balderas Quezada, K. I., Piña Ramírez, F. J., García Muñoz, S. A., Soto Parra, J. M., y Yáñez Muñoz, R. M. (2023). Chile piquín (*Capsicum annuum* var. *glabriusculum*): Tesoro picante de la naturaleza. *Revista Biológico Agropecuaria Tuxpan*, 11(2), 18–23. <https://doi.org/10.47808/revistabioagro.v11i2.485>
- Mc Caughey-Espinoza, D. M., Buitimea-Cantúa, G. V., Buitimea-Cantúa, N. E., Ayala-Astorga, G. I., y Ochoa-Meza, A. (2020). Propiedades fisicoquímicas y rendimiento de frutos de chile chiltepín (*Capsicum annuum* var. *glabriusculum* Dunal) cultivados bajo diferentes condiciones de crecimiento. *IDESIA (Chile)*, 38(3), 77–86. <https://doi.org/10.4067/S0718-34292020000300077>
- Moreno-Contreras, V. I., Delgado-Gardea, M. C. E., Ramos-Hernández, J. A., Méndez-Tenorio, A., Varela-Rodríguez, H., Sánchez-Ramírez, B., Muñoz-Ramírez, Z. Y., y Infante-Ramírez, R. (2024). Genome-wide identification and characterization of SNPs and InDels of *Capsicum annuum* var. *glabriusculum* from Mexico based on whole genome sequencing. *Plants*, 13(22). <https://doi.org/10.3390/plants13223248>
- Pérez, M. P., Valenzuela Alamilla, L., De la Cruz Ricardez, D., Santos Valencia, J., y López Castañeda, A. (2023). Desarrollo de plántulas de chile amashito (*Capsicum annuum* var. *glabriusculum*) inoculadas con micorrizas en dos tipos de suelo. *REVISTA IPSUMTEC*, 6(6), 71–79. <https://doi.org/10.61117/ipsumtec.v6i6.55>
- Ramírez Novoa, U. I., Cervantes Ortiz, F., Montes Hernández, S., Raya Pérez, J. C., Cibrián Jaramillo, A., y Andrio Enriquez, E. (2018). Diversidad morfológica del chile piquín (*Capsicum annuum* L. var. *glabriusculum*) de Querétaro y Guanajuato, México. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 9(6), 1159-1170. <https://doi.org/10.29312/remexca.v9i6.1581>

Capítulo 12

Caracterización nutrimental de un biol líquido a base de residuos de pescado

Peña García, Kelly J¹

Rojas Pérez, Héctor^{1,2}

Zazueta Torres, Norma D.¹

Román Román, Leonardo²

Mejía Delgadillo, Mario A.²

Colón Sandoval, Alejandra³

Luna Maldonado, Alejandro I.³

Contreras Salazar, Ernesto⁴

¹ Tecnológico Nacional de México/ ITS Eldorado, Av. Tecnológico S/N Col. Rubén Jaramillo, CP. 80450. Eldorado, Culiacán Rosales Sinaloa., México

² hector.rp@eldorado.tecnm.mx

³ Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de agronomía, Ex Hacienda el Canadá, C. P. 66050 Gral. Escobedo Nuevo León, México

⁴ Tecnológico Nacional de México/ IT de Culiacán, Juan de dios Bátiz No. 310 Pte., Col. Guadalupe, C.P. 80220 Culiacán Rosales, Sinaloa, México

Resumen

El presente trabajo de investigación busca alternativas para tratar los residuos que se generan en el proceso de fileteado del pescado, para evitar malos olores y fuentes de contaminación. Es de gran importancia aprovechar los residuos de pescado creando un abono líquido orgánico (biofertilizante), lo que genera un impacto positivo con el fin de erradicar el uso inadecuado de estos residuos orgánicos. Además, el abono líquido orgánico reduce la dependencia de los productos químicos en distintos cultivos, mejorando las características físicas, químicas y microbiológicas del suelo, generando una producción más amigable con el medio ambiente. Bajo la anterior justificación, el trabajo de investigación tuvo como objetivo caracterizar los contenidos de macro y micronutrientes de un biofertilizante líquido a base de residuos de pescado. La elaboración del biofertilizante líquido a base de residuos de pescado se llevó a cabo mediante el método anaeróbico con biodigestores artesanales, utilizando residuos de pescado al 0, 5, 10 y 15 %. Los análisis correspondientes se realizaron en un laboratorio particular acreditado bajo el estricto procedimiento que marcan las normas. En cuanto a los contenidos de NO_3 , P, K, Ca y S, se observó diferencia significativa con respecto al testigo. Para contenidos de Fe, Cu, Mn y B, se encontró diferencia significativa entre los tratamientos. Para alcanzar contenidos óptimos de P, K, Ca, S y Zn, se recomienda mezclar en la solución el 10 % de residuos de pescado; para NO_3 , Fe, Cu, Mn y B, es del 5 % y el 15 % para Mg.

Introducción

El uso continuo de fertilizantes químicos ha ido degradando las tierras, reduciendo la calidad de los suelos y cada vez va siendo más necesario usar una mayor cantidad de fertilizantes químicos para obtener rendimientos redituables. La utilización de los biofertilizantes permite disminuir

los insumos químicos y reducir el impacto ambiental desfavorable, lo que permite obtener ahorros económicos, mejorar la salud general de las plantas y regenerar paulatinamente las características físicas, químicas y biológicas de los suelos (Gómez et al., 2010).

Villegas et al. (2018) definen un biol como una fuente de nutrientes producto de la descomposición anaeróbica de los desechos orgánicos que se puede obtener por dos métodos: a) Como lixiviado líquido resultante de la descomposición anaeróbica o biodigestión de materia orgánica, que aparece como residuo líquido resultante de la fermentación metanogénica de los desechos orgánicos, generalmente en un biodigestor que tiene como objetivo principal la producción de biogás; b) Preparación artesanal para la obtención del abono líquido, bioestimulante, rico en nutrientes, y se le puede obtener mediante la filtración al separar la parte líquida de la sólida (Villegas et al., 2018). Los indicadores de calidad de los biofertilizantes a base de residuos de pescado propuestos por Suárez (2009) para macronutrientes son: Nitrógeno (N) > 700, fósforo (P₂O₃) > 170, potasio (K₂O) > 1300, calcio (CaO) > 1800 y azufre (SO₃) > 170 mg L⁻¹. Mientras que los indicadores para micronutrientes propuestos por Sahu y colaboradores (2017) son: Hierro (Fe) > 20.4, Cobre (Cu) > 0.41, Manganeso (Mn) > 4.11, Zinc (Zn) > 5.25 y Boro (B) > 1.0 mg L⁻¹.

En Eldorado, Sinaloa, se lleva a cabo la pesca de lisa (*Mugil cephalus*), donde la parte comestible del pescado es aproximadamente el 60 % y alrededor del 40 % (vísceras, cabeza, colas, aletas) son desechados, ocasionando contaminación al medio ambiente.

El presente estudio centró su atención en la búsqueda de alternativas para aprovechar los subproductos de pescado que son desechados por la industria pesquera, con el fin de elaborar un biofertilizante preparado mediante el tratamiento de los residuos de pescado de lisa a través de un biofermentado anaeróbico. En ese sentido, la propuesta se enfoca básicamente en demostrar, partiendo de estudios experimentales, su potencial como biofertilizante, como alternativa económicamente rentable para los productores agrícolas del estado de Sinaloa.

Materiales y métodos

La elaboración del biofertilizante se realizó en el área de bioinsumos ubicada en las instalaciones del Instituto Tecnológico Superior de Eldorado, ubicado en Av. Tecnológico S/N, Colonia Rubén Jaramillo en Eldorado, Culiacán, México. El proceso de elaboración del biol líquido consistió en la recolección de los residuos de pescado (vísceras, cabeza, colas, aletas) de lisa (*Mugil cephalus*) en Eldorado. Se hizo el lavado de los residuos con agua potable, para luego licuarlo en una licuadora industrial marca Osterizer. Una vez licuados, se procedió a realizar la mezcla de los ingredientes (estiércol fresco de bovino, melaza, levadura, leche tibia) y se aforó 20 L de capacidad de cada biodigestor, dejándose fermentar anaeróbicamente durante 90 días. Una vez transcurrido este tiempo, se realizó el colado del biol con el objetivo de separar los sólidos del líquido para luego tomar una muestra de un litro y ser enviada a un laboratorio autorizado (REG. COFEPRIS 09092) para su respectivo análisis físico y químico. Se utilizó un diseño completamente al azar, con 4 tratamientos (Cuadro 1) y 4 repeticiones cada uno. Para determinar el efecto de los tratamientos, se realizó el análisis de varianza (ANOVA) de rango múltiple, considerando un experimento completamente al azar. Para el análisis de varianza se utilizó el programa Statistical Package for Social Sciences (SPSS) y para la comparación de medias de las variables en estudio, el paquete estadístico versión 1.0 de la FAUANL elaborado por Olivares (2012). Para la comparación de valores medios se utilizó la prueba de diferencia mínima significativa DMS ($p < 0.05$).

Cuadro 1. Tratamientos

Ingredientes	T1	T2	T3	T4
Residuos de pescado (%)	0	5	10	15
Estiércol fresco de bovino (kg)	6	6	6	6
Melaza (g)	400	400	400	400
Levadura (g)	50	50	50	50
Leche tibia (ml)	200	200	200	200
Agua aforar (L)	20	20	20	20

Resultados y discusiones

En cuanto a los contenidos de NO_3 , se observó diferencia significativa del testigo (T1) con respecto a los T2, T3 y T4, mientras que los T4 y T3 mostraron diferencia significativa con respecto al testigo (T1) en lo que se refiere al contenido de P, K, Ca y S (Cuadro 2). Determinando que con el 10 % de residuos de pescado se logran contenidos óptimos de P, K, Ca y S, para Mg con el 15 %, y para NO_3 con el 5 %. Con base en los indicadores de calidad propuestos por Suárez (2009), nuestros resultados se encuentran dentro de los rangos propuestos por el autor.

Cuadro 2. Contenido de macronutrientes (mgL^{-1}) de un biofertilizante a base de residuos de pescado.

Tratamiento	Macronutrientes (mgL^{-1})					
	NO_2	P_2O_5	K_2O	Ca	Mg	S
T4 (15% RP)	1429 a	3350 a	23700 a	3440 a	2350 a	2280 a
T3 (10% RP)	1263 a	2925 ab	20825 ab	3225 ab	1830 ab	2030 a
T2 (5% RP)	1291 a	2700 bc	18250 b	2963 b	1550 bc	1400 b
T1 (Testigo SRP)	1015 b	2425 c	14050 c	2660 c	1380 c	980 c

RP; Residuos de pescado, SRP; Sin residuos de pescado. Medias con letras distintas en cada columna son significativamente diferentes ($\text{DMS} < 0.5$).

Los tratamientos T2, T3 y T4 mostraron diferencias significativas respecto al testigo (T1), para los contenidos de Fe, Cu, Mn y B (Cuadro 3), mientras que en los tratamientos T3 y T4 se observaron diferencias significativas

respecto al testigo (T1), con contenido de Zn, por lo que la dosis óptima de residuos de pescado para obtener óptimos contenidos de Fe, Cu, Mn y B es de 5 %. Por Zn es del 10 % de residuos de pescado. Con base en los parámetros estudiados por Sahu et al. (2017), nuestros resultados superan los contenidos de micronutrientes registrados por el autor.

Cuadro 3. Contenido de micronutrientes (mgL⁻¹) de un biofertilizante a base de residuos de pescado.

Tratamiento	Micronutrientes (mgL ⁻¹)				
	Fe	Cu	Zn	Mn	B
T4 (15% RP)	1356 a	198 a	189 a	963 a	82 a
T3 (10% RP)	1230 a	166 a	174 ab	863 a	78 ab
T2 (5% RP)	1234 a	166 a	165 bc	850 a	78 ab
T1 (Testigo SRP)	997 b	116 b	151 c	673 b	71 b

RP; Residuos de pescado, SRP; Sin residuos de pescado. Medias con letras distintas en cada columna son significativamente diferentes (DMS \leq 0.5).

Conclusiones

Para alcanzar contenidos óptimos de P, K, Ca, S y Zn, se recomienda mezclar en la solución el 10 % de residuos de pescado; para NO₃, Fe, Cu, Mn y B, es del 5 % y el 15 % para Mg.

Referencias

- Gómez, C. M. A., Schwentesius, R. R., Ortiga, R. J., y Gómez, T. L. (2010). Situación y desafíos del sector orgánico en México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 1(4), 593–608.
- Olivares, E. S. (2012). Diseños experimentales [Material de curso]. Facultad de Agronomía, Universidad Autónoma de Nuevo León.
- Sahu, B. B., Sahu, U., Tripathy, U., Barik, N., Agnibesh, A., Paikaray, A., Mohapatra, S., Senapati, S., y Sundaray, J. (2017). Fusion of sugar industry and fish processing industry waste products in developing high value organic fertilizer and feed supplement. *International Journal of Fisheries and Aquatic Research*, 2(4), 6–18.
- Suárez, S. D. M. (2009). Caracterización de un compuesto orgánico producido en forma artesanal por pequeños agricultores en el departamento del Magdalena [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia]. Repositorio Institucional UNAL. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/3270>
- Villegas, E. J. A., Reyes, P. J. J., Nieto, G., Ruiz, E. F. H., Cruz, F. A., y Murillo, A. B. (2018). Bioestimulante Liplant®: Su efecto en *Solanum lycopersicum* (L.) cultivado en suelos ligeramente salinos. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 9(SPE20), 4137–4147.

Capítulo 13

Impacto del uso de agua de minisplit en el crecimiento y desarrollo de chile (*Capsicum Spp*)

*Sánchez Rodríguez, Juan Fernando*¹

*Angulo Olivas, Sofía*²

*Cruz Hernández, Magdalena*²

*Molares Lucero, José Dolores*¹

*Cázarez Flores, Luz Llarelly*³

*Zazueta Torres, Norma Delia*⁴

¹ Preparatoria Carlos Marx, Universidad Autónoma de Sinaloa. Av. Corregidora de Querétaro, S/N, Esq. con ferrocarril, col. Independencia, Costa Rica, Sinaloa.

² Bienestar Universitario, Universidad Autónoma de Sinaloa. Miguel Tamayo Espinosa de los Monteros 2358, Desarrollo Urbano Tres Ríos, 80050 Culiacán Rosales, Sin.

³ Facultad de Agronomía, Universidad Autónoma de Sinaloa. Carretera Culiacán-Eldorado km 17.5. C. P. 80000. Culiacán, Sinaloa, México. *Autor de correspondencia (Luzcazare@uas.edu.mx).

⁴ Tecnológico Nacional de México/ITS Eldorado, Av. Tecnológico S/N, col. Rubén Jaramillo, CP.80450, Eldorado, Culiacán, Sinaloa, México.

Resumen

La utilización del agua condensada extraída de unidades de minisplit representa una ventaja significativa para la producción de plantas, especialmente en contextos de escasez hídrica como lo es el estado de Sinaloa. Este recurso, producto de la condensación de la humedad ambiental, es esencialmente agua destilada, lo que la hace de alta pureza y libre de sales, cloro y otros minerales comúnmente presentes en el agua, además de tener un pH ligeramente ácido, esto ayudando en la absorción de nutrientes del suelo. El objetivo de esta investigación fue monitorear el impacto del uso del agua de minisplit en el desarrollo fisiológico en plantas de chile (*Capsicum spp*). Las plántulas se trasplantaron en almácigos a campo abierto. Se aplicó un diseño de bloque completamente al azar, cinco repeticiones y tres tratamientos: agua corriente (agua de la llave), agua de minisplit y la combinación 1:1 (agua corriente-agua minisplit). Se evaluaron las variables de respuesta a partir de los 43 ddt. Para evaluar variables de crecimiento como altura, diámetro de tallo, número de hojas y ancho de hoja, se seleccionaron 30 plantas al azar por tratamiento. Las variables evaluadas se sometieron al paquete estadístico Minitab 18, mediante el ANOVA y comparación de medias con la prueba Tukey ($p \leq 0.05$). Se logró obtener plantas de buena calidad en parámetros fisiológicos como altura, diámetro de tallo y número de hojas con el uso de agua de minisplit.

Introducción

El agua de condensación de aires acondicionados emerge como un recurso hídrico alternativo y sostenible para la producción de hortalizas, especialmente en entornos urbanos y regiones áridas como el estado de Sinaloa. Esta agua es de alta pureza; al ser esencialmente destilada, carece de sales, cloro y patógenos, lo que la hace idónea para el riego de

cultivos sensibles. Su ligera acidez (pH ~5.5-6.5) puede incluso mejorar la disponibilidad de nutrientes como el hierro y el manganeso en el suelo.

Estudios demuestran que, al eliminar el estrés salino y químico asociado al agua de riego convencional, las plantas pueden optimizar sus procesos metabólicos. Por ejemplo, Chen et al. (2022) observaron en plantas de pepino (*Cucumis sativus*) un aumento del 25 % en la tasa fotosintética neta y una mayor eficiencia del fotosistema II (Fv/Fm) cuando se regaban con agua de condensación.

Esta mejora en la fisiología se traduce directamente en rendimiento. Un estudio fundamental de Gunawardena et al. (2021) demostró que el riego con agua de condensación en lechuga (*Lactuca sativa* L.) produjo un rendimiento de biomasa fresca un 18 % mayor y una eficiencia en el uso del agua (WUE) un 22 % superior en comparación con el agua potable, sin detectar bioacumulación de metales pesados.

Resultados similares se observan en cultivos frutales; Al-Hamed et al. (2023) reportaron que en tomate (*Solanum lycopersicum*), este recurso mejoró significativamente el número de flores por planta (en un 15 %) y el peso promedio de los frutos (en un 12 %), atribuyendo el beneficio a la óptima disponibilidad de agua sin estrés salino. Para cultivos de hoja, Lee y Wang (2022) encontraron que la espinaca (*Spinacia oleracea*) regada con agua de condensación presentó un contenido de clorofila un 14% más alto y una reducción del 30 % en la incidencia de necrosis marginal de las hojas, un trastorno fisiológico asociado al exceso de cloruros. Más allá del rendimiento, Mahmood et al. (2021) cuantificaron el impacto sistémico, destacando que su aprovechamiento puede reducir la huella hídrica azul de un invernadero en hasta un 40 %, transformando un subproducto del consumo energético en un pilar para la agricultura circular y la seguridad alimentaria urbana resiliente al clima.

Materiales y métodos

La presente investigación se realizó en el campo experimental de la preparatoria Carlos Marx de la Universidad Autónoma de Sinaloa.

Se trasplantaron plántulas de chile Caribe el 11 de febrero de 2025. Se fertilizó con solución Steiner. Se aplicó un diseño de bloque completa-

mente al azar, cinco repeticiones y tres tratamientos: agua corriente (agua de la llave), agua de minisplit y la combinación 1:1 (agua corriente-agua minisplit). El experimento constó de 50 plantas por cada tratamiento. La aplicación de los tratamientos se ejecutó a partir de que las plantas desarrollaron la tercera hoja verdadera (15 días después del trasplante, ddt) mediante los riegos. Se evaluaron las variables de respuesta a partir de los 43 ddt. Para evaluar variables de crecimiento como altura, diámetro de tallo, número de hojas y ancho de hoja, se seleccionaron 30 plantas al azar por tratamiento.

Las variables evaluadas se sometieron al paquete estadístico Minitab 18, mediante el ANOVA y comparación de medias con la prueba Tukey ($p \leq 0.05$).

Resultados y discusión

En altura no se presentaron diferencias estadísticas entre tratamientos ($p \leq 0.05$); las plantas tratadas con agua de minisplit superaron a las plantas tratadas con agua corriente en 25% (Cuadro 1). En diámetro de tallo se presentó similitud con las plantas tratadas con agua de minisplit y aquellas tratadas con agua corriente. En número de hojas, las plantas tratadas con agua de minisplit superaron al testigo en 8%, aunque sin diferencias significativas.

Cuadro 1. Crecimiento de plantas de chile regadas con agua corriente y minisplit

Dosis	Altura (cm)	Diámetro (mm)	Hojas (N)	Ancho Hoja (cm)
Agua corriente	46.40 ab	0.72 a	85.60 a	4.32 a
Agua Minisplit	58.20 a	0.72 a	92.60 a	4.18 a
Mixto	53.57 b	0.64 a	85.24 a	4.14 a

Medias con diferentes letras dentro de cada columna muestran diferencias estadísticas con la prueba Tukey ($P \leq 0.05$).

Estos resultados son similares a los encontrados por Al-Harbi et al. (2018), que nos dice que el riego con agua de aire acondicionado puede tener

un impacto positivo en la altura de ciertas hortalizas de hoja, como la lechuga (*Lactuca sativa* var. Romana). Esto se debe principalmente a que este recurso hídrico alternativo presenta una baja concentración de sales y carece de cloro, factores que reducen el estrés osmótico en las raíces y favorecen la absorción de agua y nutrientes, promoviendo así la elongación del tallo, además de que exhiben un follaje más denso y hojas de mayor tamaño en comparación con aquellas irrigadas con agua de la red municipal.

De manera similar, se ha observado que el riego con agua de aire acondicionado promueve un incremento significativo en el diámetro del tallo de plantas como la albahaca (*Ocimum basilicum*). Este efecto positivo se atribuye a que la calidad química del agua condensada, particularmente su baja conductividad eléctrica, facilita una mejor disponibilidad y absorción de nutrientes esenciales para el desarrollo estructural de la planta (Khan et al., 2021). Un tallo más grueso se asocia con una mayor capacidad de transporte de savia y una mejor resistencia mecánica.

En conjunto, la evidencia muestra que el uso de agua de condensación no solo sustituye un recurso, sino que actúa como un bioestimulante indirecto, mejorando la función fisiológica integral de la planta.

Conclusión

Se logró obtener plantas de buena calidad en parámetros fisiológicos como altura, diámetro de tallo y número de hojas con el uso de agua de minisplit, esto debido a que principalmente este recurso hídrico alternativo presenta una baja concentración de sales y carece de cloro, así como un pH ligeramente ácido, factores que reducen el estrés osmótico en las raíces y favorecen la absorción de agua y nutrientes.

Referencias

Al-Harbi, M., Al-omran, A., & Alharbi, A. (2018). Utilizing of condensed water from air conditioners as a non-conventional water resource for irrigation. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 17(2), 213-219. <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2016.05.004>

- Al-Hamed, S. A., Wahby, M. F., & Alabdullah, S. M. (2023). Utilizing air-conditioner condensate water to improve tomato production under arid conditions: Physiological and yield responses. *Journal of Arid Environments*, 208, 104887. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2022.104887>
- Chen, L., Zhao, X., & Wu, F. (2022). Physiological responses of cucumber plants to irrigation with air conditioner condensate water: Photosynthetic performance and osmotic adjustment. *Scientia Horticulturae*, 293, 110727. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2021.110727>
- Gunawardena, S. D. A. U., Jayawardana, D. T., & Thilakarathne, B. M. P. I. (2021). Suitability of air conditioner condensate water for irrigation of lettuce (*Lactuca sativa* L.): A study on growth, yield, and heavy metal accumulation. *Agricultural Water Management*, 245, 106577. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106577>
- Khan, S., Al-Ghamdi, S. G., & Koc, M. (2021). Sustainable irrigation using non-conventional water resources: Benefits and potential risks of condensate water from air conditioning systems. *Agricultural Water Management*, 243, 106462. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106462>
- Lee, J., & Wang, H. (2022). Effects of reclaimed condensate water from air conditioning systems on growth and nutrient content of spinach (*Spinacia oleracea*). *Horticulturae*, 8(3), 215. <https://doi.org/10.3390/horticulturae8030215>
- Mahmood, A., Bakhsh, A., & Hassan, S. (2021). Sustainable utilization of air conditioner condensate water for irrigation purposes. *Journal of Cleaner Production*, 321, 128963. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.128963>

Capítulo 14

Eficacia de tratamientos químicos y biológicos contra *Fusarium nygamai* asociado a la marchitez del frijol

Sánchez-López Ramón, Manuel¹

Vega-Gutiérrez, Tomás Aarón¹

López-Orona, Carlos Alfonso¹

Tirado-Ramírez, Martín Abraham¹

Mendoza-Medrano, Daniel¹

Payan-Arzápalo, María Alejandra¹

Cázarez-Flores, Luz Llarely¹

**Autor de correspondencia ramonsanchezmex@gmail.com*

¹ Maestría en Ciencias Agropecuarias, Facultad de Agronomía, Universidad Autónoma de Sinaloa, Carretera Culiacán-Eldorado km 17.5, Apartado Postal 25, C P. 80000. Culiacán, Sinaloa, México.

Resumen

La pudrición y marchitez de la raíz provocada por *Fusarium nygamai* es una enfermedad emergente en frijol (*Phaseolus vulgaris*) que ocasiona pérdidas productivas en Sinaloa. El objetivo de este trabajo fue evaluar la eficacia de tratamientos químicos y biológicos, así como combinaciones de ambos, en la reducción de incidencia y severidad de la enfermedad, y en la mejora de parámetros de crecimiento en condiciones de vivero. Se evaluaron seis tratamientos: T1 = *Trichoderma spp.*, T2 = *Streptomyces spp.*, T3 = *Bacillus subtilis*, T4 = Fungimex, T5 = Cobrathane WP y T6 = Testigo (sin tratamiento). El diseño fue completamente al azar con 3 repeticiones por tratamiento (maceta = unidad experimental). Durante el desarrollo del cultivo se evaluaron las siguientes variables: incidencia de enfermedad, índice de severidad, altura de planta y ancho del tallo.

Introducción

Fusarium spp. es un patógeno de suelo de gran importancia en leguminosas; recientemente, *Fusarium nygamai* ha sido reportado asociado a pudrición y marchitez radical en frijol, provocando pérdidas en regiones productoras como Sinaloa (Smith et al., 2018; López y Torres, 2020). El manejo tradicional se basa en fungicidas químicos, pero la resistencia, residuos y restricciones ambientales promueven alternativas biológicas como el hongo *Trichoderma spp.* y bacterias antagonistas como *Bacillus spp.* La integración de agentes biológicos con fungicidas sistémicos a dosis reducidas es una estrategia de manejo integrado de enfermedades (MIE) que puede mejorar el control y reducir impactos ambientales (Harman et al., 2004; Mercado-Blanco y Bakker, 2007). El objetivo de este estudio fue evaluar la eficacia de tratamientos químicos y biológicos para controlar *F. nygamai*, agente causal de la marchitez de plántulas de frijol bajo condiciones controladas en Sinaloa.

Materiales y métodos

El experimento se llevó a cabo en el vivero del Laboratorio de Fito-protección de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Sinaloa, en Culiacán, Sinaloa, México. El desarrollo del cultivo y el estudio se realizaron entre los meses de enero a mayo de 2024. La cepa de *Fusarium nygamai* utilizada en esta investigación se obtuvo a partir de plantas de frijol (*Phaseolus vulgaris*) que presentaban síntomas de pudrición de raíz, recolectadas en un predio agrícola del Valle de Culiacán. Los tejidos afectados fueron sometidos a un proceso de desinfección superficial y posteriormente sembrados en medio papa-dextrosa-agar (PDA). El hongo fue purificado mediante el método de punta de hifa hasta obtener un cultivo monospórico, y su identificación se realizó con base en características morfológicas descritas por Leslie y Summerell, 2006.

La siembra de semillas de frijol se estableció en macetas previamente desinfectadas; se utilizó un sustrato compuesto por turba, perlita y suelo agrícola estéril. Una vez que las plantas alcanzaron la etapa de primera hoja trifoliada y se encontraban adecuadamente establecidas, se procedió a la inoculación con *Fusarium nygamai*. La suspensión conidial se preparó a partir de cultivos activos en PDA, ajustando la concentración a un nivel patogénico suficiente para garantizar la expresión de la enfermedad. La inoculación se aplicó directamente al sustrato, asegurando un contacto adecuado entre la suspensión fúngica y el sistema radical de las plántulas. Posterior a la inoculación, las plantas se mantuvieron bajo el manejo rutinario del vivero, permitiendo su desarrollo natural durante el ciclo del experimento.

Se evaluaron seis tratamientos con el objetivo de determinar su eficacia en la reducción de la enfermedad: T1 = *Trichoderma* spp., T2 = *Streptomyces* spp., T3 = *Bacillus subtilis*, T4 = Fungimex, T5 = Cobrathane WP y T6 = Testigo (sin tratamiento). El experimento se estableció bajo un diseño completamente al azar, con tres repeticiones por tratamiento, considerando a cada maceta como unidad experimental. Los tratamientos fueron aplicados de acuerdo con las recomendaciones técnicas correspondientes a cada agente biológico o químico.

Durante el desarrollo del cultivo se evaluaron variables fitopatológicas y morfológicas con el propósito de determinar el efecto de los tratamientos sobre la enfermedad causada por *Fusarium nygamai*. La incidencia de enfermedad se determinó con el porcentaje de plantas que mostraron síntomas visibles, mientras que la severidad se cuantificó mediante una escala visual previamente establecida que consideró la progresión del daño en la raíz y el tallo. Adicionalmente, se registraron variables de crecimiento como altura de planta, medida desde el cuello de la raíz hasta el ápice, y el diámetro del tallo, evaluado con un vernier digital a nivel del primer entrenudo. La información generada permitió estimar la eficacia de los tratamientos evaluados tanto en la reducción de la enfermedad como en el impacto sobre el desarrollo vegetativo del cultivo.

Resultados y discusión

Se evaluó el efecto individual de seis tratamientos sobre variables de crecimiento y sanidad del cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris L.*), considerando altura de planta, ancho de planta, número de plantas muertas. Los tratamientos evaluados fueron: T1 = *Trichoderma spp.*, T2 = *Streptomyces spp.*, T3 = *Bacillus subtilis*, T4 = Fungimex, T5 = Cobrathane WP y T6 = Testigo.

El análisis estadístico no mostró diferencias significativas ($p \leq 0.05$) entre los tratamientos evaluados en las variables de plantas muertas y nodulación, por lo que se aceptó la hipótesis nula, indicando que los tratamientos químicos y biológicos presentaron una eficacia comparable en la reducción de los efectos asociados a la pudrición y marchitez radicular causada por *Fusarium nygamai* en el cultivo de frijol bajo las condiciones del estudio. La ausencia de diferencias estadísticas sugiere que la presión del patógeno y la respuesta del cultivo estuvieron fuertemente moduladas por factores edafoclimáticos, así como por la microbiota nativa del suelo, los cuales pueden limitar o enmascarar la acción específica de los tratamientos aplicados. Diversos autores señalan que la eficacia de agentes biológicos y productos químicos puede verse reducida en etapas fenológicas tempranas, cuando las condiciones de humedad, temperatura y disponibilidad de nutrientes favorecen el establecimiento del patógeno

o la competencia microbiana en la rizosfera (Guzmán Rodas, 2016; Smith y Read, 2008). No obstante, el comportamiento similar entre tratamientos indica un potencial efecto supresivo general sobre *F. nygamai*, lo que resalta la importancia de integrar estas estrategias dentro de un manejo integrado de enfermedades radicales del frijol.

En contraste, al analizar las variables de crecimiento vegetativo, se observaron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos. En particular, el Tratamiento 1 (*Trichoderma spp.*) presentó valores superiores de altura y ancho de planta en comparación con el resto de los tratamientos, lo que evidencia un efecto favorable sobre el desarrollo vegetativo del cultivo. Este resultado coincide con lo reportado por Harman et al. (2004) y Vinale et al. (2008), quienes señalan que *Trichoderma spp.* actúa como promotor del crecimiento vegetal mediante mecanismos como la producción de metabolitos bioactivos, estimulación del sistema radical y mejora en la eficiencia de absorción de nutrientes.

Si bien los tratamientos T2 (*Streptomyces spp.*) y T3 (*Bacillus subtilis*) han sido reportados como agentes con potencial bioestimulante y antagonista de patógenos del suelo, en el presente estudio su efecto sobre las variables evaluadas no mostró diferencias significativas respecto al testigo. De manera similar, los tratamientos químicos T4 (Fungimex) y T5 (Cobrathane WP) no presentaron ventajas significativas en el crecimiento vegetativo, lo que sugiere que su acción se limita principalmente al control preventivo de patógenos, sin un efecto directo sobre el desarrollo morfológico de la planta.

Conclusión

Bajo las condiciones del presente estudio, la producción de grano de frijol no presentó diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos evaluados y el testigo. No obstante, las plantas que recibieron el tratamiento T1 (*Trichoderma spp.*) mostraron un comportamiento agronómico superior, reflejado en un mayor vigor, altura y ancho de planta, lo que indica un efecto positivo sobre el crecimiento y desarrollo vegetativo del cultivo.

Estos resultados sugieren que la aplicación de *Trichoderma* spp. puede contribuir a mejorar la condición fisiológica y estructural de la planta, aun cuando su impacto directo sobre el rendimiento en grano no sea evidente bajo las condiciones evaluadas. Un mayor desarrollo vegetativo podría conferir ventajas agronómicas relevantes, como una mayor tolerancia al estrés biótico y abiótico y un mejor aprovechamiento de los recursos disponibles, por lo que su inclusión en programas de manejo integrado del cultivo de frijol representa una alternativa viable y sustentable.

Referencias

- Altomare, C., Norvell, W. A., Björkman, T., & Harman, G. E. (1999). Solubilization of phosphates and micronutrients by the plant-growth-promoting and biocontrol fungus *Trichoderma harzianum*. *Applied and Environmental Microbiology*, 65(7), 2926–2933.
- Brent, K. J., & Hollomon, D. W. (2007). *Fungicide resistance: The assessment of risk (FRAC Monograph No. 2)*. Global Crop Protection Federation.
- Guzmán Rodas, E. G. (2016). *Efecto de microorganismos benéficos en el desarrollo del cultivo de frijol* (Tesis de licenciatura/maestría). Universidad Nombre.
- Harman, G. E., Howell, C. R., Viterbo, A., Chet, I., & Lorito, M. (2004). *Trichoderma* species—Opportunistic, avirulent plant symbionts. *Nature Reviews Microbiology*, 2(1), 43–56. <https://doi.org/10.1038/nrmicro797>
- Howell, C. R. (2003). Mechanisms employed by *Trichoderma* spp. in the biological control of plant diseases: The history and evolution of current concepts. *Plant Disease*, 87(1), 4–10. <https://doi.org/10.1094/PDIS.2003.87.1.4>
- Kloepper, J. W., Ryu, C. M., & Zhang, S. (2004). Induced systemic resistance and promotion of plant growth by *Bacillus* spp. *Phytopathology*, 94(11), 1259–1266. <https://doi.org/10.1094/PHYTO.2004.94.11.1259>
- Leslie, J. F., & Summerell, B. A. (2006). *The Fusarium laboratory manual*. Blackwell Publishing.

- López, R., & Torres, A. (2020). Primeros reportes de *Fusarium nygamai* asociado a pudrición radical en frijol. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 12(3), 45–52.
- Mercado-Blanco, J., & Bakker, P. A. H. M. (2007). Interactions between beneficial rhizobacteria and soil-borne pathogens: Insights into the molecular mechanisms. *Current Opinion in Plant Biology*, 10(4), 386–391. <https://doi.org/10.1016/j.pbi.2007.05.006>
- Smith, D., Pérez, L., & Gómez, H. (2018). Diversidad de *Fusarium* asociados a enfermedades radiculares en leguminosas del noroeste de México. *Fitopatología Mexicana*, 41(1), 23–34.
- Smith, S. E., & Read, D. J. (2008). *Mycorrhizal symbiosis* (3rd ed.). Academic Press.
- Vinale, F., Sivasithamparam, K., Ghisalberti, E. L., Marra, R., Woo, S. L., & Lorito, M. (2008). *Trichoderma*–plant–pathogen interactions. *Soil Biology & Biochemistry*, 40(1), 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2007.07.002>

Capítulo 15

Actividad antibacteriana de extractos vegetales frente a *Staphylococcus aureus* y *Escherichia coli*

Vargas Monter, Jorge¹

Librado Osornio, Jarehtzi²

Zúñiga Estrada, Erick Alfredo¹

Rodríguez Ortega, Leodan Tadeo

Avilés Valencia, Ruth Montserrat¹

Álvarez Álvarez, Celeste¹

Gómez Hernández, Daniela¹

Sifuentes Saucedo, Diana María^{1*}

*dmsifuentes@upfim.edu.mx**

¹ Universidad Politécnica de Francisco I. Madero, Ingeniería en Producción Animal

² Universidad Politécnica de Francisco I. Madero, maestría en Ciencias en Desarrollo Agrotecnológico Sustentable

Resumen

El objetivo fue evaluar la actividad antibacteriana in vitro de extractos hidroalcohólicos de *Turnera diffusa* (EHTd) y *Alternanthera pungens* (EHAp), así como del hidrolato de *Lippia graveolens* (HLg), frente a cepas de *Escherichia coli* y *Staphylococcus aureus* aisladas de campo. Los extractos hidroalcohólicos se obtuvieron mediante maceración y el hidrolato por destilación por arrastre de vapor, a partir de material vegetal colectado en el Valle del Mezquital, Hidalgo, México. Las cepas bacterianas se aislaron de muestras de leche con mastitis y de heces de lechones con signos de colibacilosis para su identificación por pruebas morfológicas y bioquímicas. La actividad antibacteriana se determinó mediante la concentración mínima inhibitoria (CMI) y la concentración mínima bactericida (CMB) utilizando el método de macrodilución en caldo. Los datos se analizaron mediante análisis de varianza (ANOVA) y prueba de Tukey. Los resultados mostraron diferencias significativas entre los tratamientos evaluados ($p < 0.01$). El HLg presentó la mayor actividad antibacteriana, con valores de CMI de 3.10 mg/mL frente a *E. coli* y 0.39 mg/mL frente a *S. aureus*. El EHAp mostró actividad intermedia, mientras que el EHTd presentó la menor actividad. En todos los tratamientos, la relación CMB/CMI fue igual a 4, lo que indica un efecto bactericida. Además, *S. aureus* mostró mayor susceptibilidad que *E. coli*. Los resultados sugieren que estos extractos tienen actividad antibacteriana que podría estar asociada a sus compuestos, por lo que se sugiere seguir investigando la composición química de los extractos y su posible uso en el tratamiento clínico de patologías asociadas a las bacterias estudiadas.

Introducción

La porcicultura y la ganadería bovina en México contribuyen a la producción de carne y leche para la alimentación de la población, favoreciendo la seguridad alimentaria y el desarrollo económico del sector pecuario

(FAO, 2019); sin embargo, la productividad de estos sistemas se ve afectada por enfermedades infecciosas como las diarreas en lechones y la mastitis en bovinos, las cuales generan pérdidas económicas por morbilidad, mortalidad, disminución de la producción y aumento en los costos del manejo sanitario.

El control de estas enfermedades de origen bacteriano se ha basado tradicionalmente en el uso de tratamientos químicos convencionales, particularmente antibióticos y antimicrobianos de amplio espectro. Si bien estos fármacos han mostrado eficacia terapéutica, su uso excesivo o inadecuado ha favorecido la aparición de bacterias resistentes a los antimicrobianos, lo que representa un riesgo creciente tanto para la sanidad animal como para la salud pública (Fairbrother et al., 2020 y García et al., 2025). Asimismo, la presencia de residuos de antibióticos en carne y leche constituye un riesgo para el consumidor y limita la comercialización de productos pecuarios, especialmente en sistemas orientados a la producción artesanal y sostenible (Morsy et al., 2024). Ante esta problemática, en los últimos años se buscan alternativas naturales para el control de microorganismos patógenos en la producción animal, destacando el uso de extractos vegetales que contienen compuestos bioactivos como flavonoides, taninos, alcaloides, terpenos con actividad antibacteriana (Zaragoza et al., 2020). Estudios recientes evidencian que estos compuestos inhiben el crecimiento bacteriano mediante distintos mecanismos, como la alteración de la membrana celular, la inhibición de enzimas esenciales y la interferencia en los procesos metabólicos bacterianos (Morsy et al., 2024).

A pesar de los avances en el estudio de compuestos naturales con actividad antimicrobiana, persiste la necesidad de evaluar de manera sistemática especies vegetales con potencial biológico, particularmente aquellas utilizadas en la medicina tradicional, pero con evidencia científica limitada o inconsistente. En este sentido, *Turnera diffusa*, *Alternanthera pungens* y *Lippia graveolens* son plantas con uso en la medicina tradicional y han sido reportadas con contenido en metabolitos secundarios con potencial antimicrobiano (Baez et al., 2019; Singla et al., 2022 y Vargas et al., 2025); sin embargo, estas plantas han sido escasamente evaluadas en el ámbito antimicrobiano frente a bacterias de importan-

cia en la producción animal (Reyes et al., 2020 y Méndez et al., 2024). Por ello, ante el incremento de la resistencia bacteriana y la necesidad de desarrollar alternativas terapéuticas para la producción pecuaria, el objetivo del presente estudio fue evaluar la actividad antibacteriana in vitro de extractos vegetales de *Turnera diffusa* y *Alternanthera pungens* in vitro frente a cepas aisladas en campo de *Staphylococcus aureus* y *Escherichia coli*.

Materiales y métodos

Obtención de extractos

El material vegetal fue colectado en octubre de 2025 en la comunidad de Tunititlán, municipio de Chilcuautla, en el estado de Hidalgo, México, perteneciente al valle del Mezquital. Las plantas colectadas fueron *Turnera diffusa*, *Alternanthera pungens* y *Lippia graveolens*; posteriormente, se llevaron a las instalaciones de la Universidad Politécnica de Francisco I. Madero.

Las hojas de *Turnera diffusa* y *Alternanthera pungens* se secaron a temperatura ambiente, se separaron y molieron para obtener extractos hidroalcohólicos. Para ello, 250 g de material vegetal de cada especie se maceraron en una solución de agua destilada y etanol (70:30 v/v) durante 48 h con agitación constante. Posteriormente, los extractos se secaron en estufa a 45 °C hasta la eliminación del etanol, obteniéndose extractos secos que fueron almacenados en frascos ámbar a 4 °C. En el caso de *Lippia graveolens*, se realizó destilación por arrastre de vapor de 250 g de hojas mediante un sistema tipo Clevenger, obteniéndose una fase oleosa (aceite esencial) y una fase acuosa (hidrolato), el cual se conservó en frasco ámbar a 4 °C.

Aislamiento e identificación bacteriana

El aislamiento de cepas se realizó a partir de muestras de leche positivas a mastitis subclínica grado 3 de la prueba de California (CMT). Las muestras fueron colectadas de forma aséptica directamente de los

cuartos mamarios infectados de las vacas del módulo de bovinos de la Universidad Politécnica de Francisco I. Madero, en frascos estériles y conservadas a 4 °C para su análisis. Las muestras de heces se recolectaron directamente del recto de lechones con signos clínicos de colibacilosis; mediante palpación con guante estéril se obtuvo material fecal para resguardo en frasco estéril a 4 °C. Se realizaron diluciones seriadas de cada muestra, se sembraron en placas de agar sangre y agar MacConkey para su aislamiento bacteriano. Las placas se incubaron a 37 °C durante 48 h; posteriormente, se aislaron las colonias obtenidas por método de estría para obtener cultivos puros. Se identificaron las bacterias mediante morfología colonial, pruebas de tinción de Gram y pruebas de catalasa. *Escherichia coli* se identificó por colonias lisas, circulares y de color rosado en agar MacConkey, indicativas de fermentación de lactosa. En el caso de *Staphylococcus aureus*, se identificó en agar Sal y Manitol como resultado de la fermentación del manitol. Estas características permitieron diferenciar ambas especies con base en su morfología colonial.

Actividad antibacteriana

La actividad antibacteriana de los extractos se determinó a través de la Concentración Mínima Inhibitoria (CMI) y la Concentración Mínima Bactericida (CMB) por el método de macrodilución en caldo en tubo de acuerdo con las directrices del CLSI. El efecto bactericida o bacteriostático se determinó a partir de la relación entre la concentración mínima bactericida (CMB) y la concentración mínima inhibitoria (CMI). Se consideró que un extracto presentó efecto bacteriostático cuando la relación CMB/CMI fue > 4 , mientras que se clasificó como bactericida cuando dicha relación fue ≤ 4 , de acuerdo con lo reportado por Zaragoza-Bastida et al. (2020).

Se realizó ensayo de macrodilución por triplicado en tubos estériles, adicionando 2 mL de caldo Muller-Hinton a cada tubo (Hulankova et al., 2024). A partir de una solución madre de cada extracto y por diluciones seriadas, se evaluaron por triplicado concentraciones de los extractos de 200 a 0.18 mg/mL. Se preparó una suspensión bacteriana ajustada al patrón de 0.5 de McFarland (1.5×10^8) para realizar la inoculación

bacteriana de 100 μL por tubo. Se incluyó un control positivo (caldo y suspensión bacteriana) y un control negativo (extracto y caldo). Los tubos se incubaron por 24 h a 37 °C y la CMI se determinó como la menor concentración del extracto en la que no se observó crecimiento bacteriano visible, evidenciado por ausencia de turbidez en el medio. Para la determinación de la concentración mínima bactericida (CMB), a partir de los tubos donde no existió crecimiento visible, se tomaron 10 μL y se sembraron por extensión en agar Mueller Hilton en placas por triplicado y se incubaron a 37 °C por 24 h. La CMB se determinó como la menor concentración del extracto que evidenció la ausencia de crecimiento bacteriano en la superficie del agar.

Análisis estadístico

Se utilizó el análisis de varianza (ANOVA) para comparar la actividad antimicrobiana de los extractos y la prueba de Tukey, para determinar diferencias significativas, con un nivel de significancia del 95 %, con la versión 18 del software Minitab.

Resultados y discusión

Se encontraron diferencias en la actividad antibacteriana de los extractos hidroalcohólicos ($p < 0.01$) de *A. pungens* (EHAp) y de *T. diffusa* (EHTd), así como del hidrolato de *L. graveolens* (HLg). Esto indica que tanto el tipo de extracto como la bacteria influyen significativamente en las concentraciones mínimas inhibitorias (CMI) y las concentraciones mínimas bactericidas (CMB), por lo que la respuesta antibacteriana depende de la combinación de ambos factores (Figura 1 y Figura 2). El HLg presentó la mayor actividad inhibitoria frente a las bacterias evaluadas, registrando valores de CMI de 3.10 mg/mL para *E. coli* y 0.39 mg/mL para *S. aureus*. Por su parte, el extracto EHAp mostró una actividad inhibitoria intermedia con valores de 6.25 mg/mL frente a *E. coli* y 1.56 mg/mL frente a *S. aureus*. En contraste, el extracto EHTd presentó los valores más altos de CMI, aproximadamente 12.5 mg/mL

para ambas bacterias, lo que indica una menor capacidad inhibitoria en comparación con los otros extractos. Se encontraron diferencias significativas en la interacción tratamiento-bacteria; se observó que *S. aureus* presentó mayor sensibilidad a los extractos vegetales en comparación con *E. coli* (Figura 1).

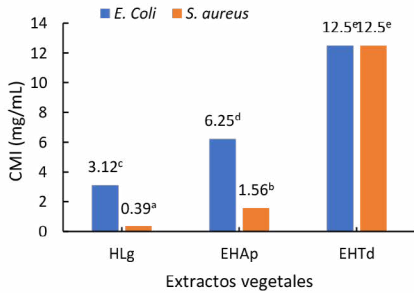


Figura 1. Concentración Mínima Inhibitoria (CMI) en mg/mL de extractos vegetales frente a *E. coli* y *S. aureus*

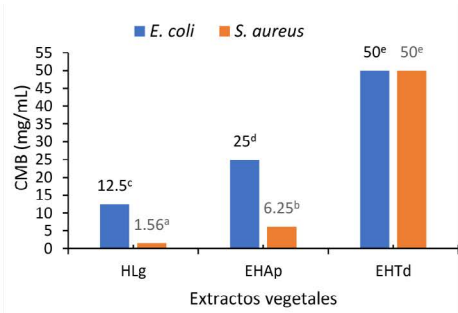


Figura 2. Concentración Mínima Bactericida (CMB) en mg/mL de extractos vegetales frente a *E. coli* y *S. aureus*

Se encontró mayor actividad bactericida para el HLg con CMB de 12.5 mg/mL frente a *E. coli* y 1.56 mg/mL frente a *S. aureus*. Las CMB para el extracto EHAp fueron de 25 mg/mL para *E. coli* y 6.25 mg/mL para *S. aureus*, indicando una actividad bactericida moderada. En cambio, el extracto EHTd registró los valores más elevados de CMB, 50 mg/mL frente a ambas bacterias, lo que sugiere una menor eficacia bactericida.

En todos los tratamientos evaluados, la relación CMB/CMI fue igual a 4, lo que indica un efecto bactericida frente a ambas bacterias, de acuerdo con los criterios aceptados para la evaluación de la actividad antimicrobiana de extractos vegetales. Sin embargo, los resultados muestran que HLg fue el extracto con mayor actividad antibacteriana, seguido de EHAp, mientras que EHTd presentó la menor actividad. Además, se observó que la bacteria Gram positiva (*S. aureus*) fue más susceptible a los extractos vegetales que la bacteria Gram negativa (*E. coli*), lo cual podría estar relacionado con las diferencias estructurales en la pared celular de ambos microorganismos. Estos resultados concuerdan con estudios recientes que reportan una alta eficacia de derivados de *L. graveolens* frente a *S.*

aureus aislado de mastitis bovina, incluyendo cepas multirresistentes, lo que refuerza su potencial como alternativa fitoterapéutica (Reyes et al., 2020 y Castillo et al., 2023). La menor susceptibilidad en *E. coli*, lo cual puede estar asociado a las características morfológicas de la membrana externa rica en lipopolisacáridos de las bacterias Gram negativas y a la creciente prevalencia de resistencia antimicrobiana en sistemas intensivos de producción (Fairbrother et al., 2020). El efecto antibacteriano observado sugiere realizar los estudios fitoquímicos de los extractos evaluados, para la identificación de los compuestos que podrían estar asociados con el daño celular de las bacterias.

Conclusión

Los extractos vegetales evaluados tienen actividad antibacteriana in vitro frente a *Escherichia coli* y *Staphylococcus aureus*, patógenos de importancia en *colibacilosis porcina* y *mastitis bovina*. El hidrolato de *Lippia graveolens* fue el tratamiento con mayor actividad antibacteriana y, por sus bajas concentraciones inhibitorias, podría tener viabilidad como componente en formulaciones naturales para el tratamiento de afecciones bacterianas. Asimismo, la actividad moderada observada en el extracto de *Alternanthera pungens* y la menor actividad antibacteriana del extracto de *Turnera diffusa* sugieren seguir estudiando su formulación y su composición fitoquímica, que permita orientar su aplicación para el cuidado de la salud animal.

Referencias

- Báez-Parra, K. M., Soto-Beltrán, M., López-Cuevas, O., Basilio Heredia, J., Alcaraz-Meléndez, L., & Angulo-Escalante, M. A.. (2019). Actividad Antimicrobiana in vitro de extractos metánolicos y hexánicos de *Turnera diffusa* contra patógenos comunes de vías urinarias. *Revista bio ciencias*, 6(spe), e670. <https://doi.org/10.15741/revbio.06.nesp.e670>
- Castillo, F., Hernández-Ochoa, L., González-Coloma, A., & López-Orenes, A. (2023). Antimicrobial activity of *Lippia graveolens* essential

- oil against multidrug-resistant *Staphylococcus aureus* isolated from bovine mastitis. *Journal of Applied Microbiology*, 134(5), 1–11. <https://doi.org/10.1111/jam.15877>
- Fairbrother, J. M., Nadeau, É., & Gyles, C. L. (2020). *Escherichia coli* in postweaning diarrhea in pigs: An update on bacterial types, pathogenesis, and prevention strategies. *Animal Health Research Reviews*, 21(1), 1–13. <https://doi.org/10.1017/S1466252319000152>
- FAO. (2019). *The future of livestock in Latin America*. Organización de las Naciones Unidas. <https://doi.org/10.4060/cd1334es>
- García Alarcón, Z. N., Alderete Gutiérrez, J. de J., Rodríguez Trejo, C., Leal Rodríguez, J. A., Olave Leyva, J. I., & Martínez Juárez, V. M. (2025). Resistencia a antimicrobianos en bovinos leche y bovinos carne y su posible impacto en la salud pública a nivel mundial. *Boletín de Ciencias Agropecuarias del ICAP*, 11(21), 21–29. <https://doi.org/10.29057/icap.v11i21.13111> repository.uaeh.edu.mx
- Hulankova, R. (2024). Methods for Determination of Antimicrobial Activity of Essential Oils In Vitro—A Review. *Plants*, 13(19), 2784. <https://doi.org/10.3390/plants13192784>
- Méndez-Pfeiffer, P., Ballesteros-Monrreal, M. G., Leyva, M., Ortega-García, J., Montañón-Leyva, B., Aguilar-Martínez, M., & Valencia-Rivera, D. E. (2024). Actividad antioxidante, antiproliferativa y antibacteriana de extractos de *Phoradendron californicum*, una planta parásita del noroeste de México. *Biotecnia*, 26, e2286. <https://doi.org/10.18633/biotecnia.v26i0.2286>
- Morsy, Z. M., Ghaly, M. F., & Elariny, E. Y. (2024). Antibacterial activity of plant phytochemicals against antibiotic-resistant bacteria isolated from meat. *Journal of Advanced Veterinary Research*, 14(3), 475–480. <https://doi.org/10.21608/javr.2024.1708>
- Reyes, G., Pérez-Vázquez, A., Ramírez-Sánchez, H., & Flores-Hernández, A. (2020). Actividad antibacteriana del aceite esencial de *Lippia graveolens* frente a *Staphylococcus aureus* aislado de mastitis bovina. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 11(4), 1023–1034. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v11i4.5123>
- Singla R. K., Dhir V., Madaan R., Kumar D., Singh Bola S., Bansal M., Kumar S., Dubey A. K., Singla S., Shen B. (2022). The Genus

- Alternanthera: Phytochemical and Ethnopharmacological Perspectives. *Front Pharmacol.* 2022 Apr 11;13:769111. doi: 10.3389/fphar.2022.769111
- Vargas-Monter, J., Rivero-Pérez, N., Valladares-Carranza, B., Ojeda-Ramírez, D., Noguez-Estrada, J., & Zaragoza-Bastida, A. (2025). *Lippia graveolens* y su actividad contra bacterias asociadas a mastitis bovina: Revisión bibliográfica. *Abanico veterinario*, 16, e2024-34. Epub 04 de julio de 2025. <https://doi.org/10.21929/abavet2025.2>
- Zaragoza-Bastida, A., Flores-Aguilar, S.C., Aguilar-Castro, L.M., Morales-Ubaldo, A.L., Valladares-Carranza, B., Rangel-López, L., Olmedo-Juárez, A., Rosenfeld-Miranda, C.E., Rivero-Perez, N. (2020). Antibacterial and Hemolytic Activity of *Crotalus Triseriatus* and *Crotalus Ravus* Venom. *Animals* 2020, 10, 281. <https://doi.org/10.3390/ani10020281>

Capítulo 16

Evaluación productiva y sanitaria de dos materiales genéticos de mora (*Rubus spp.*) en Rionegro, Antioquia

Grisales-Vásquez, Nancy Yohana

Orozco-Orozco, Luz Fanny¹

Sierra Martínez, Kemis Lisset¹

Espitia Negrete, Laura¹

Sepulveda Ortega, Stella¹

Martínez Saldarriaga, Jaison¹

Sánchez Betancourt, Erika Patricia²

Herrera Jiménez, Sergio³

¹ Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA) Centro de Investigación La Selva. ngrisales@agrosavia.co

² Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA) Centro de Investigación Tibaitatá.

³ Incauca S.A.S.

Resumen

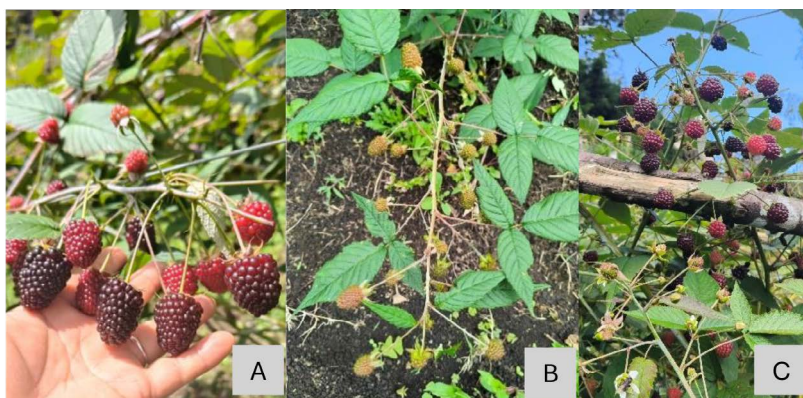
Con el objetivo de validar la respuesta de dos genotipos avanzados de mora (*Rubus spp.*): M020 (origen Guapante-Semilla, sin espinas) y M022 (origen San Antonio-Semilla, con espinas), pertenecientes a la colección de trabajo en mora de AGROSAVIA, se estableció un ensayo en la finca Mi Valle, vereda Santa Bárbara, municipio de Rionegro, Antioquia. La siembra se realizó bajo un esquema de parcelas semicomerciales con 100 plantas por genotipo, a una distancia de 2.5 m entre plantas y surcos. Se evaluaron variables fenológicas, productivas y fitosanitarias. La fenología incluyó los días a formación de botón floral, plena floración y primera cosecha; el rendimiento se estimó a partir de la cosecha total de frutos por genotipo y la sanidad vegetal se evaluó mediante observación directa en 10 plantas al azar por parcela. Ambos genotipos presentaron formación de botón floral a los 154 días después de la siembra (DDS), plena floración a los 215 DDS y primera cosecha a los 266 DDS. El genotipo M020 registró una producción acumulada mensual de 4.63 kg·planta⁻¹ y el M022 con 4.41 kg·planta⁻¹. La comparación de rendimientos mediante la prueba no paramétrica de Wilcoxon no mostró diferencias significativas entre genotipos ($p > 0.05$). Referente a la respuesta fitosanitaria, se observó que el mildiú polvoso en hojas fue la enfermedad más frecuente en ambos materiales, mientras que la antracnosis en racimo fue más frecuente en M020. En general, los resultados indican una adecuada adaptación de ambos genotipos a las condiciones del Oriente antioqueño.

Introducción

La mora (*Rubus spp.*) es uno de los frutales más importantes para la agricultura familiar en Colombia (Figura 1A). Es una fuente de ingresos y empleo para pequeños y medianos productores y una alternativa agroindustrial en varias regiones del país, beneficiando a cerca de 6000

familias campesinas, principalmente en Cundinamarca, Santander, Valle del Cauca, Antioquia, Huila, Caldas, Quindío y Risaralda (Franco y Bernal Estrada, 2020). El desarrollo de variedades adaptadas a diferentes ambientes es fundamental para garantizar la sostenibilidad del cultivo (Lobo et al., 2007). Esto implica evaluar germoplasma proveniente de colecciones de trabajo y bancos de germoplasma, con el fin de identificar genotipos que combinen atributos de rendimiento, calidad y resistencia a factores bióticos y abióticos (Gotor et al., 2008). La diversidad genética de mora disponible en el país representa una oportunidad para generar cultivares que respondan a las demandas del mercado y a retos ambientales y agronómicos tales como el cambio climático y la incidencia de limitantes fitosanitarias (Lobo et al., 2007).

Figura 1. A. Fruto de mora (*Rubus glaucus*) en madurez de cosecha. Genotipos evaluados: B. con espinas (M022) y C. sin espinas (M020)



Materiales y métodos

El experimento se ubicó en la finca Mi Valle, en la vereda Santa Barbara (Rionegro-Antioquia), localizada en 06°13'5" N y 75°21'36" W a una altura de 2162 msnm. Se evaluaron dos genotipos avanzados de mora: M022 (origen San Antonio-Semilla, con espinas, Figura 1B) y M020 (origen Guapante-Semilla, sin espinas, Figura 1C). Los genotipos hacen parte de una colección de trabajo de *Rubus*, mantenida en el Centro de

Investigación Tibaitatá de AGROSAVIA en Mosquera, Cundinamarca, Colombia. Se realizaron visitas mensuales de enero a noviembre de 2025 para observar respuesta de adaptación y fenología de los materiales. En la etapa vegetativa se registraron: Días a formación de botón floral, días a plena floración y días a primera cosecha. Durante todo el ciclo se realizó evaluación de incidencia y severidad de las enfermedades: antracnosis (*Colletotrichum spp.*), mildiú vellosa (*Peronospora sp.*), mildiú polvoso (*Oidium sp.*) y moho gris (*Botrytis cinerea*); basados en las metodologías desarrolladas por Botero et al. (2003) y Saldarriaga et al. (2017), así como las principales plagas del cultivo (áfidos, trips, comedores y perforadores de hojas). En la etapa productiva se registró el rendimiento en $\text{kg}\cdot\text{planta}^{-1}$ y el número de plantas cosechadas.

Las plantas se establecieron bajo un esquema de parcelas semicomerciales conformadas por 100 plantas por genotipo, a una distancia de 2.5 m entre planta y 2.5 m entre surco, ocupando un área de 625 m² por parcela y una densidad de 1600 plantas/ha. El análisis se realizó bajo la premisa de comparar el material y su interacción. Se realizó comparación de medias usando chi cuadrado ($P < 0.05$) y estadística no paramétrica para evaluar la incidencia y distribución de las limitantes fitosanitarias en el ciclo productivo.

Resultados y Discusión

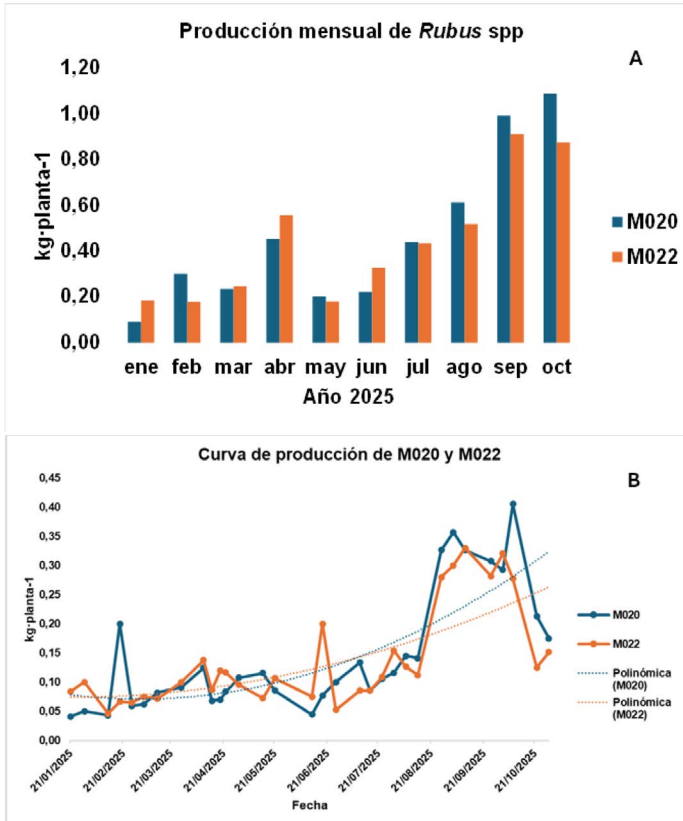
Durante el experimento, la formación de botones florales inició a los 154 días después de la siembra en campo, extendiéndose hasta los 215 días, momento en el cual se alcanzó la plena floración. Posteriormente, la primera cosecha se registró a los 266 días. Este comportamiento fenológico es similar al reportado para el cultivo de *Rubus glaucus* (mora de Castilla) en Colombia, donde se indica que la producción puede iniciar entre 7 y 9 meses después del establecimiento del cultivo, dependiendo de las condiciones de manejo y del ambiente (DANE, 2013).

La cosecha de frutos se realizó con una frecuencia semanal entre enero y octubre de 2025, para un total de 32 cosechas. El rendimiento se estimó a partir del promedio de producción por planta cosechada en cada parcela experimental. La producción promedio acumulada mensual (Figura 2A)

mostró que el genotipo M020 alcanzó un total de $4.63 \text{ kg}\cdot\text{planta}^{-1}$; por su parte, el genotipo M022 registró $4.41 \text{ kg}\cdot\text{planta}^{-1}$. En ambos genotipos, la dinámica productiva evidenció un incremento progresivo hacia la segunda mitad del ciclo, concentrándose los mayores niveles de producción en septiembre y octubre, con rendimientos de $7.4 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ para M020 y $7.05 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ para M022. Estos valores superan el rendimiento promedio nacional reportado para el cultivo de mora ($6.5 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$) según Agronet (2025), lo que sugiere un buen desempeño productivo de ambos genotipos bajo las condiciones agroecológicas del sitio experimental.

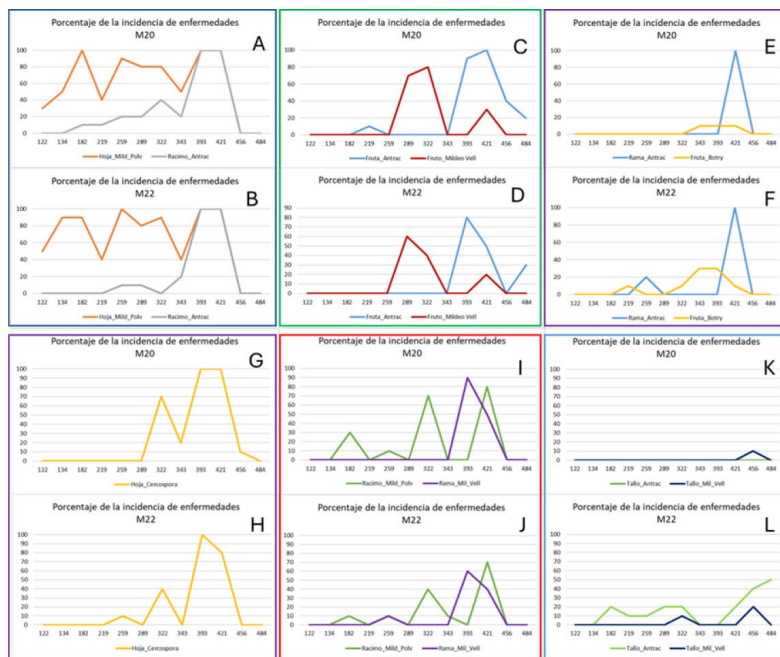
Se compararon los rendimientos de M020 y M022 mediante la prueba no paramétrica pareada de Wilcoxon, sin encontrarse diferencias significativas entre fechas ($W = 186.5$; $p = 0.2254$). Además, se ajustaron modelos de regresión polinómica de segundo grado para describir la dinámica productiva, con ajustes moderados ($R^2 \approx 0.37$ para M022 y $R^2 \approx 0.28$ para M020) (Figura 2B).

Figura 2. A) Producción mensual por genotipo de mora (M020 y M022) a través del tiempo. B Producción mensual y ajustes polinómicos de dos variedades de mora (M020 y M022), en Rio-negro, Antioquia)



En cuanto a la expresión de daños por insectos fitófagos, se encontró que los daños más comunes se asociaron a áfidos, comedores y perforadores de hojas, mientras que pulgones o áfidos en ramas y trips se presentaron con menor incidencia en ambos genotipos. Se puede concluir que ambos genotipos presentan picos y baches similares para la incidencia de insectos fitófagos, lo que permite inferir que no hay un efecto del genotipo sobre la incidencia de los insectos.

Figura 2. Expresión de síntomas compatibles con enfermedades en el cultivo de mora en el genotipo M020 A B Y C y en el genotipo M022 D, E y F en la parcela de Santa Barbara, Rionegro, Antioquia



En las figuras 2A y 2B se observa que el mildiú polvoso en hojas se presentó en todas las fases del cultivo, con expresión similar en ambos genotipos. La antracnosis en racimo fue más frecuente en M020, en el cual se presentó desde los 134 DDS, mientras que en M022 se presentó a partir de los 259 DDS. Por su parte, en las Figuras 2C y 2D, se observa que la antracnosis en fruto presentó mayor incidencia a partir de los 343 DDS, con comportamiento similar en ambos genotipos, al igual que el mildiú veloso en fruto..

En Figura 2E y Figura 2F, la antracnosis en rama aumentó hacia el final del ciclo en ambos genotipos, alcanzando 100 % de incidencia a los 421 DDS. Por su parte, la presencia de los síntomas de Cercospora en hoja (Figura 2G y 2H) apareció a los 219 DDS en M022 y a los 289 DDS en M020, manteniéndose en este último hasta los 456 DDS.

En las Figuras 2I y 2J, se observa que el mildiú polvoso en racimo y el mildiú vellosa en rama no mostraron diferencias entre genotipos, presentando dos picos de incidencia (a los 322 DDS y entre 393 y 421 DDS). Mientras que en las figuras 2K y 2L se observa que la incidencia de antracnosis y mildiú vellosa en tallo fue baja en ambos genotipos, encontrándose que en M020 no se presentó antracnosis en tallo y registró solo un 10 % de incidencia en mildiú vellosa en una evaluación, mientras que M022 mostró incidencias de 10–20 % durante la mayor parte del ciclo.

De acuerdo con lo reportado por Hernandez et al. (2018), entre las principales limitantes fitosanitarias del cultivo de mora se encuentran patógenos como *Colletotrichum* sp., *Alternaria* sp., *Oidium* sp., *Peronospora* sp., *Botrytis* sp., *Phoma* sp. y *Fusarium* sp., siendo los más frecuentes en el sistema productivo *Colletotrichum*, *Alternaria* y *Oidium*. De manera similar, González et al. (2023) señalan que las enfermedades de mayor importancia económica en el cultivo corresponden a la antracnosis causada por *Colletotrichum gloeosporioides*, la pudrición del fruto ocasionada por *Botrytis cinerea*, el mildiú polvoso causado por *Oidium* sp. y la roya. Los resultados obtenidos en el presente estudio son consistentes con estos reportes, ya que el mildiú polvoso en hojas fue una de las enfermedades más frecuentes durante todo el ciclo del cultivo, presentándose con una expresión similar en ambos genotipos evaluados. Asimismo, la antracnosis se manifestó en diferentes órganos de la planta, evidenciando comportamientos diferenciados según el tejido afectado y la etapa del cultivo.

En particular, la antracnosis en racimo mostró una aparición más temprana y mayor frecuencia en el genotipo M020, mientras que en M022 su presencia fue más tardía. Por otra parte, la antracnosis en fruto presentó un incremento notable hacia etapas avanzadas del ciclo productivo, con una dinámica similar entre genotipos, al igual que el mildiú vellosa en fruto. De manera complementaria, la antracnosis en rama incrementó progresivamente hacia el final del ciclo, alcanzando incidencias del 100 % en ambos genotipos. Estos patrones sugieren que, aunque algunas enfermedades presentan una presión fitosanitaria generalizada en el sistema productivo, la temporalidad y expresión de ciertos patógenos pueden variar entre materiales, lo que evidencia la importancia de considerar la interacción genotipo × ambiente en la evaluación sanitaria y en los procesos de selección de materiales promisorios para sistemas productivos de mora.

Conclusiones

Los genotipos avanzados mostraron diferencias significativas en producción. Las enfermedades más prevalentes fueron mildiú polvoso, mildiú veloso y *Botrytis*, con alta incidencia en la etapa productiva del cultivo.

El monitoreo constante y el manejo oportuno de plagas y enfermedades son esenciales para sostener la productividad. La variabilidad genética y la respuesta diferencial por ambiente son oportunidades para generar cultivares adaptados a zonas específicas y resistencia a enfermedades.

Referencias

- Agronet. (2025). *Área, producción y rendimiento agrícola en Colombia*. Observatorio de Información Rural y Agropecuaria. https://agronet.gov.co/estadisticas/agricola?producto_nacional=05230101&ciclo_nacional_filter=&producto_municipal=05230101#municipal
- Botero M.J; Castellanos P.A; Zuluaga L.E. (2003). Identificación de enfermedades asociadas al cultivo de mora (*Rubus glaucus Benth.*), en un sistema agroforestal en el municipio de Santa Rosa de Cabal (Risaralda). En: Evaluación de especies forestales con potencial de tutores vivos en la producción de mora (*Rubus glaucus Benth.*). *Boletín de Investigación. CORPOICA-PRONATTA. Manizales*. p. 25-30.
- Castellanos González, L., Vera Peña, M. S., & Calderón Gutiérrez, J. A. (2023). Enfermedades fúngicas en mora (*Rubus spp.*) en los municipios de Pamplona y Pamplonita Norte de Santander. *@limentech, Ciencia y Tecnología Alimentaria*, 21(2), 69–84. <https://doi.org/10.24054/limentech.v21i2.262>.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). (2013). Boletín mensual: Insumos y factores asociados a la producción agropecuaria. *El cultivo de la mora de Castilla frutal de clima frío moderado, con propiedades curativas para la salud humana* (No. 17).
- Franco, G., y Bernal Estrada, J. A. (Comps.). (2020). *Tecnología para el cultivo de la mora (Rubus glaucus Benth.)*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA). <https://doi.org/10.21930/agrosavia.manual.7403251>.

- Gotor, E., Alercia, A., Rao, VR, Watts, J. y Caracciolo, F. (2008). La actividad de información científica de Bioversity International: las listas de descriptores. *Recursos genéticos y evolución de cultivos*, 55, 757
- Hernández Pachón, D. M., Árdila Panesso, S. M., Díaz Jiménez, J. S., Perilla Gómez, M. A., Cubillos Pedraza, D. D., Serrano Sánchez, J. C., ... Pulido Ortíz, N. L. (2018). Caracterización de agentes causales de enfermedades en el cultivo de mora (*Rubus glaucus*) en la finca manantial en la vereda sabaneta, municipio de La Vega, Cundinamarca. *Ciencias Agropecuarias*, 4(1), 9–17. <https://doi.org/10.36436/24223484.239>
- Lobo M.; Medina C.; Delgado O.; & Bermeo A. (2007). Variabilidad morfológica de la colección colombiana de lulo (*Solanum quitoense* Lam.) y especies relacionadas de la sección Lasiocarpa. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 60: 3939-3964.
- Saldarriaga, A., Franco, G., Díaz, C. A. y Múnera, G. E. (2017). *Manual de campo para reconocimiento, monitoreo y manejo de las enfermedades de la mora (Rubus glaucus Benth.)*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA).

Capítulo 17

Efecto de enmiendas agrícolas en suelos alcalinos de Santiago de Anaya, Hidalgo

Tovar Mendoza, Luz Hazel¹

Ponce Lira, Brenda^{1}*

Lara Viveros, Francisco Marcelo²

Orozco Gregorio, Héctor Óscar¹

**Autor de correspondencia: bponce@upfim.edu.mx*

¹ Universidad Politécnica de Francisco I. Madero, Carretera Tepatepec-San Juan Tepa km. 2, 42660, Francisco I. Madero, Hidalgo, México.

² Department of Biosciences and Agrotechnology, Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA), Saltillo 25294, México.

Resumen

La avena (*Avena sativa*) es un cultivo estratégico en México, con una producción nacional de 38 159.54 millones de toneladas en 2024. Conocer la fertilidad en suelos alcalinos es fundamental para el desarrollo de este cultivo. El pH alcalino disminuye la disponibilidad de fósforo y la solubilidad de potasio y nitrógeno principalmente; por otra parte, la textura del suelo está íntimamente relacionada con las fracciones de arena, limo y arcilla, las cuales condicionan la mayoría de las propiedades fisicoquímicas del suelo. La materia orgánica, por su parte, tiene una gran influencia sobre la densidad real y aparente y con ello, la porosidad para la regulación de aire, la capacidad de retención de agua y nutrientes. Aunado a lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de estiércol, minerales y reguladores de crecimiento sobre algunas propiedades fisicoquímicas del suelo en el cultivo de avena. Se aplicaron métodos de la NOM-021-RECNAT-2000 y un diseño experimental de bloques completamente al azar, análisis estadístico en R. Los resultados indicaron que el tratamiento Avena-Estiércol alcanzó un pH de 8.73 y un %Mo de 2.3; Avena-Estiércol-Minerales obtuvo valores de densidad aparente (Dap) de 1.5 mg cm⁻³ y la textura fue de tipo franco-arenoso con 19 % arcilla, 69 % arena y 12 % limo; por último, Avena-Estiércol-Minerales-Reguladores de crecimiento presentó una densidad real (Dr) de 1.30 mg cm⁻³ y un %Ep de 33.76, significativamente superior al testigo. En conclusión, se recomienda la aplicación de estiércol para mejorar la fertilidad y productividad del suelo cultivado con avena en estas condiciones.

Introducción

La avena (*Avena sativa*) es un cultivo importante con 38 159.54 millones de toneladas de grano cosechadas a nivel nacional en 2024 (SIAP, 2024).

La superficie sembrada con avena se ha incrementado de 450 000 a 700 000 hectáreas para grano y forraje respectivamente, lo que atribuye a la demanda de forraje y su repercusión con la economía del agricultor y a la gran adaptabilidad del cultivo a zonas altas, frías y lluviosas y a ambientes semiáridos (Villaseñor-Mir et al., 2024). En Hidalgo, la agricultura es principalmente de temporal; esta representa el 75 % de la superficie sembrada; el 25 % restante corresponde a la modalidad de riego. Al mismo tiempo, la interpretación de un análisis de suelo permite determinar la calidad de fertilidad y conocer el grado de suficiencia o deficiencia en parámetros fisicoquímicos. La avena es un cultivo poco exigente en el suelo; se adapta a terrenos muy diversos, aunque prefiere suelos profundos y arcilloarenosos, o suelos que retengan humedad; se adapta a pH entre 5 y 7 (Solly, 2020) (Calderón, 2024). La avena no tolera suelos compactos; el buen drenaje está directamente relacionado con la presencia de macroporos, que facilitan la aireación y el movimiento del agua; por lo tanto, requiere de un suelo con porosidad del 40 % al 60 %; algunos estudios han reportado una densidad aparente (Dap) de 1.32 g cm⁻³ a 1.42 g cm⁻³ junto con una densidad real (Dr) de 1.2 y 1.8 g cm⁻³ para permitir un desarrollo radicular óptimo (Oviedo et al., 2012). La avena es sensible a la salinidad, es por eso que requiere de suelos con una conductividad eléctrica (CE) menor a 1 dS/m (Tinoco Vega y Pacheco Deudor, 2025). En la actualidad, existe interés por encontrar alternativas de fertilización o enmiendas orgánicas a través del uso de mejoradores de suelo. Por lo anterior, el objetivo del presente trabajo es evaluar el efecto de mejoradores de suelo sobre las propiedades fisicoquímicas en suelos cultivados con *A. sativa* para potencializar la productividad agrícola en suelos alcalinos.

Materiales y métodos

Localización del área de estudio

La presente investigación se realizó en suelos agrícolas del municipio de Santiago de Anaya, Hidalgo. En el ejido El Mezquital, en las coordenadas

de N 20° 37' 3" W -99° 02' 11" y N 20° 22' 22" W 99° 01' 05". Se realizó una muestra compuesta con base en la NOM-021-RECNAT-2000. Se utilizaron cuatro tratamientos; el primero consistió en la siembra de 100 kg ha⁻¹ de avena y el suministro de 135 kg ha⁻¹ estiércol, 2.5 kg ha⁻¹ de diatomea y 11.300 kg ha⁻¹ de microelementos (A-ES-MIN), el segundo tratamiento incluyó 100 kg ha⁻¹ de avena con 135 kg ha⁻¹ de estiércol, 2.5 kg ha⁻¹ diatomea, 11.300 kg ha⁻¹ de microelementos y 600 g de reguladores de crecimiento (A-ES-MIN-REG), en el tercer tratamiento se utilizaron 100 kg ha⁻¹ de avena y 135 kg ha⁻¹ de estiércol (A-ES), finalmente se estableció un tratamiento testigo en el cual únicamente se sembró avena sin aplicación adicional de insumos (A-T).

La determinación de textura se realizó mediante el método AS-09 y el pH por el método AS-24, el porcentaje de materia orgánica (Mo) por medio del método AS-07, la densidad aparente (Dap) por AS-03 y densidad real (Dr) por AS-04; todo con base en la NOM-021-RECNAT-2000.

Diseño experimental

Se empleó el software R-Core Team versión 2025 para examinar los datos adquiridos. Utilizando un diseño experimental de bloques completos al azar, se llevó a cabo un análisis de varianza de una vía (o dos vías) con análisis post hoc de Tukey con un nivel de significancia del 95 %.

Resultados y discusiones

La clase textural se presenta en la Tabla 1, donde todos los tratamientos establecidos presentan textura franco arenosa, la misma que se reporta en zonas aledañas (Santander et al., 2024) y coincide con la interpretación de la densidad aparente con base en la NOM-021-RECNAT-2000 en una clasificación de tipo arenoso. No obstante, Hernández Muñoz en 2023 menciona que este parámetro requiere de tiempo y constancia para modificar y beneficiar las propiedades físicas y químicas del suelo; afortunadamente, en todos los casos, el porcentaje de las partículas de arena es mayor, lo que garantiza el desarrollo de la avena.

Tabla 1. Propiedades físicoquímicas del suelo para cada tratamiento establecido

VARIABLES	A-ES-MIN	A-ES-MIN-REG	A-ES	A-T
pH	8.740.01a	8.750.02a	8.730.02a	8.790.01a
Textura	Franco arenoso 19 % arcilla 69 % arena 12 % limo	Franco arenoso 15 % arcilla 69 % arena 16 % limo	Franco arenoso 15 % arcilla 68 % arena 15 % limo	Franco arenoso 19 % arcilla 70 % arena 11 % limo
% Mo	2.060.30a	2.190.05a	2.320.01	1.010.00b
Densidad aparente (g cm ⁻³)	1.50.12b	1.70.22a	1.50.30a	1.70.22a
Densidad real (g cm ⁻³)	1.320.12a	1.300.12a	1.320.12a	1.350.10a
Espacio poroso (%Ep)	28.67.12b	33.766.12a	25.63.12b	30.330.12a

Literales distintas entre columnas son significativamente diferentes (Tukey, $p \leq 0.05$). Donde: A: avena; ES: estiércol; MIN: minerales; REG: Reguladores de crecimiento, CE es conductividad eléctrica, % Mo es porcentaje de materia orgánica.

Oviedo et al., en 2012, reporta que las texturas de la zona de Tula de Allende pasaron de franco arcillo arenoso a franco arcilloso a lo largo de los años, en consecuencia de una ligera modificación de este parámetro como resultado del sistema de riego por inundación y la cercanía a zonas industriales de la región. Por consiguiente, en este proyecto los porcentajes de arcilla incrementaron de 1 % a 2 %, el porcentaje de arena se redujo de 1 % a 3 % y el porcentaje de limo incrementó de 2 % a 4 %, respectivamente, como resultado de la incorporación de abonos orgánicos en los tratamientos antes mencionados. En este sentido, se reporta diferencias significativas (Tukey $p \leq 0.05$) en el %Mo y el %Ep; ambos resultados reportan porcentajes altos a excepción del testigo, lo que demuestra que la Dr y la Dap permiten ratificar el %Ep para el tratamiento A-ES-MIN-REG, el cual, permite mejorar la estructura del suelo, y reservar nutrientes para propiciar un suelo fértil y lograr una expansión radicular; esto demuestra que con el uso de reguladores de crecimiento

existe la estimulación en la división y elongación celular del cultivo avena (Tinoco Vega y Pacheco Deudor, 2025). Finalmente, el estiércol incorporado en el cultivo de avena (A-ES) generó ácidos orgánicos y sustancias húmicas con la descomposición de la materia orgánica, lo que permitió amortiguar el pH en la rizosfera. Por lo anterior, se promueve utilizar el estiércol en suelos alcalinos debido a que forman quelatos con Fe^{2+} , Mn^{2+} , Zn^{2+} y Cu^{2+} , evitando su precipitación en suelos alcalinos y manteniéndolos disponibles para el desarrollo del cultivo de avena.

Conclusiones

Los resultados en el tratamiento de estiércol (A-ES) lograron reducir el pH (8.73) e incrementar la materia orgánica (2.3 %), lo que favorece la retención y liberación de nutrientes en suelos alcalinos. Por último, se sugiere realizar un análisis integral de macronutrientes y micronutrientes, así como de la población y actividad microbiana, que permita diseñar un plan de manejo óptimo para el cultivo de avena.

Referencias

- Hernández Muñoz, p. (2023). *Uso de un mejorador de suelo para la modificación edafológica de las propiedades físico-químicas*. Universitat Politècnica de València. <https://riunet.upv.es/handle/10251/197915>
- Oviedo, F. M. C., Herrera, M. L., Hernández, R. B., Sandoval, O. A., Lucho-Constantino, C. A. & Santamaría, M. I. R. (2012). Degradación del suelo en el Distrito de riego 003 Tula, Valle del Mezquital, Hidalgo, México. *Revista Científica UDO Agrícola*, 12, 873-880. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6104338>
- Santander, J. S., Lira, B. P., Arteaga, K. A. & Camarillo, J. P. P. (2024). Physicochemical characterization of agricultural soils under a traditional system in the Mezquital Valley, Hidalgo. *South Florida Journal of Development*, 5, e3937-e3937. DOI: 10.46932/sfjdv5n5-017 <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6104338>
- Siap, D. G. D. S. D. I. A. Y. P. (2024). *Anuario Estadístico de la Producción Agrícola*. Producción Agrícola. SIAP. https://nube.agricultura.gob.mx/cierre_agricola/

- Tinoco Vega, D. N. & Pacheco Deudor, Y. R. (2025). *Efecto de reguladores de crecimiento en el rendimiento y calidad de triticale forrajero (X Triticosecale Wittmack) asociado con avena cultivado a 4107 msnm–Junín*. <http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/5119>
- Villaseñor-Mir, H. E., Hortelano-Santa Rosa, R., Martínez-Cruz, E. & Huerta-Espino, J. (2024). Zafiro, variedad de avena para condiciones de temporal en México. *Revista fitotecnia mexicana*, 47, 325-328. <https://doi.org/10.35196/rfm.2024.3.325>
- Gómez Calderón, A. D. (2024). *Aplicación de heces del cuy (Cavia porcellus) como abono orgánico en la producción de 4 variedades de avena (Avena sativa L.) en condiciones ecológicas de San Pedde Pillao, provincia Daniel Alcides Carrión–2022*. <http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/5099>

Capítulo 18

Evaluación de tres cultivares comerciales de tomate para el manejo de *Rotylenchulus reniformis* bajo condiciones de invernadero

Valdez-Morales, María Trinidad^{1*}

Tovar Pedraza, Juan Manuel²

Carrillo Fasio, José Armando²

Osuna Rodríguez, José Manuel¹

* marivaldez2890@gmail.com

¹ Universidad Autónoma de Sinaloa Facultad de Agronomía Carretera Culiacán-Eldorado km. 17.5 Culiacán, Sinaloa, México. C.P. 80000.

² Centro de investigación en Alimentación y Desarrollo, Coordinación Culiacán, Laboratorio de Fitopatología. Carretera Culiacán-Eldorado km. 5.5, Col. Campo el Diez, Culiacán, Sinaloa, México. C.P. 80129.

Resumen

El nematodo reniforme *Rotylenchulus reniforme* afecta fuertemente diversos cultivos, incluido el tomate (*Solanum lycopersicum L.*). Existen muchos cultivares de tomate en el mercado; sin embargo, falta evaluar la susceptibilidad de ellos para el desarrollo de *R. reniformis*. El objetivo de este estudio fue determinar la respuesta de cultivares comerciales de tomate para el manejo de *R. reniformis* bajo condiciones de invernadero. Se germinaron tres diferentes tipos de tomates (bola, saladette y cherry) correspondientes a los cultivares Imperial, Sweetelle y Byelsa, respectivamente. A los 25 días después de la germinación, se trasplantaron en macetas con sustrato estéril. La inoculación de *R. reniformis* se llevó a cabo usando dos concentraciones (2000 y 5000 juveniles/planta) y un testigo sin inocular para cada cultivar de tomate. Cada tratamiento constó de tres réplicas y las evaluaciones se realizaron a los 90 días después de la inoculación (ddi). Las variables evaluadas fueron: altura de la planta, peso del fruto, factor de reproducción (FR) del nematodo y porcentaje de necrosis de raíz. Los testigos sin inocular mostraron mayor altura de las plantas y mayor peso de los frutos; el cultivar Sweetelle fue el más afectado con la presencia de *R. reniformis*, ya que la altura de las plantas y el peso de los frutos se redujo en un 30.2 y 54%, respectivamente, con respecto al testigo sin inocular. No obstante, el cv. Sweetelle fue el menos preferido por el nematodo, debido a que presentó menor FR; además, fue estadísticamente diferente ($P=0.01$) a los cvs. Imperial y Byelsa.

Introducción

México es el principal exportador de tomate (*Solanum lycopersicum L.*) a nivel mundial. Sin embargo, este cultivo es afectado de manera significativa por nematodos lesionadores, siendo el nematodo reniforme *Rotylenchulus reniformis* la especie más predominante en este hospe-

dante (Ye, 2018). El nematodo reniforme se considera uno de los 10 principales nematodos fitoparásitos en función de su impacto económico e importancia científica (Jones et al. 2013; Faske y Sisson 2024). En comparación con la mayoría de los nematodos fitoparásitos, *R. reniformis* está ampliamente adaptado a diferentes tipos de suelos, incluidos suelos con alto contenido de limo y arcilla, y puede colonizar profundamente el suelo y mantenerse en un estado anhidrobiótico para sobrevivir el invierno (Robinson, 2007). Todas estas características dificultan la eliminación de este nematodo de los suelos infestados, además de que las estrategias de manejo para este nematodo dependen de los nematicidas químicos, ya sea que se utilicen como parte de un programa de manejo integrado o como una estrategia de control individual. La utilización de cultivares resistentes para el manejo de *R. reniformis* es una opción que se ha estudiado desde hace varios años, por lo que la identificación de marcadores de resistencia a nematodos es esencial para el desarrollo de cultivares comerciales (Soto-Ramos et al., 2023). Por ejemplo, estudios demostraron que, en el cultivo de algodón, la combinación de nematicidas y cultivares resistentes puede potencialmente extender las temporadas en las que se podría producir un cultivar resistente sin necesidad de una rotación de cultivos para manejar nematodos fitoparásitos (Sikora et al., 2021). Recientemente, se reportó al nematodo *R. reniformis* afectando cultivos vegetales como berenjena, pepino y tomate en Sinaloa, el cual es el principal estado productor de vegetales en México (Valdez-Morales et al., 2024). Sin embargo, se carece de información básica respecto a la eficacia de estrategias de manejo de este nematodo. Por lo anterior, el objetivo de este estudio fue determinar la respuesta de cultivares comerciales de tomate para el manejo de *R. reniformis* bajo condiciones de invernadero.

Materiales y métodos

Semillas de tomate tipo bola, saladette y cherry se germinaron en charolas con sustrato (*peat moss*) estéril. A los 25 días después de la germinación, se trasplantaron en macetas con sustrato estéril. La inoculación de *R. reniformis* se llevó a cabo usando dos concentraciones de inóculo (2000

y 5000 juveniles/planta) y un testigo sin inocular para cada cultivar de tomate. Noventa días después de la inoculación (ddi), se retiraron las plantas, se lavaron las raíces con agua de la llave y se registraron los datos de altura de plantas, peso de frutos totales, factor de reproducción (FR) del nematodo y porcentaje de necrosis en raíz, el cual se determinó con una escala subjetiva. Para obtener el FR, se extrajeron los nematodos de la raíz y del suelo por medio de la técnica de tamiz-embudo y extracción de huevos y se cuantificaron directamente en el microscopio biológico.

Diseño experimental. Se usó un diseño experimental de bloques completamente al azar con nueve tratamientos y tres réplicas. El factor de reproducción se determinó con la fórmula $RF = Pf/Pi$, donde Pi es la población inicial de nematodos al momento de la inoculación y Pf es el número final de nematodos al momento de la extracción de cada raíz.

Análisis estadístico. Los datos obtenidos se transformaron a $\log(x + 1)$ para estandarizar la varianza. Las medias transformadas se compararon mediante la prueba LSD de Fisher ($P < 0.05$) con la versión 9.3 del software SAS (SAS Institute, Cary, North Carolina, EE. UU.).

Resultados y discusión

El nematodo se reprodujo en los tres cultivares evaluados (Imperial, Sweetelle y Byelsa). Los testigos sin inocular mostraron mayor altura de las plantas y mayor peso de los frutos. El tratamiento donde se inoculó la mayor densidad poblacional de *R. reniformis* (5000/planta) presentó menor altura de las plantas y menor peso de los frutos. En el cultivar imperial, la presencia de *R. reniformis* afectó la altura de las plantas y el peso de los frutos se redujo 25.9 y 27.1 %, respectivamente, con respecto al testigo sin inocular (Cuadro 1). En el cv. Byelsa la presencia de *R. reniformis* afectó el crecimiento de las plantas y la calidad de los frutos, los cuales redujeron su tamaño y peso 22.5 y 53.2 % con respecto al testigo sin inocular. En dichas variables, el cv. Sweetelle fue el más afectado con la presencia de *R. reniformis*, ya que la altura de las plantas y el peso de los frutos se redujo en un 30.2 y 54 %, respectivamente. Sin embargo, el cv. Sweetelle fue el menos preferido por el nematodo, debido a que mostró menor FR; además, fue estadísticamente diferente ($P=0.01$)

a los cvs. Imperial y Byelsa en densidades de 2000 y 5000 juveniles de *R. reniformis*/maceta (Cuadro 1). En cuanto al porcentaje de necrosis, los tres cultivares fueron estadísticamente iguales. Aunque el nematodo se reprodujo en menor porcentaje en el cv. Sweetelle, la severidad de los síntomas fue estadísticamente igual en las tres cultivares. Es decir, aunque el cv. Sweetelle fue el menos preferido por el nematodo y fue el más susceptible a los síntomas ocasionados por *R. reniformis*. La posible causa de este resultado puede deberse a que, si bien la información sobre cultivares de tomate resistentes a *R. reniformis* es escasa, existe información sobre otros cultivos como algodón con estudios sobre genes de resistencia (Turner et al., 2023). Se ha identificado resistencia a *R. reniformis* en al menos 10 de las 50 especies de algodón; la especie *G. longicalyx* mostró inmunidad a *R. reniformis* (Li et al., 2018). En diversas especies de algodón, se han identificado seis genes de resistencia a *R. reniformis*, que van desde la acción dominante parcial, la dominante y la recesiva (Khanal et al., 2018). En el cultivo de tomate, McEwan et al. (2014) reportaron siete genotipos resistentes a *R. reniformis*. En cultivo de tomate se han aislado y caracterizado con éxito genes de resistencia a *M. incognita* y al nematodo del quiste (*Globodera rostochiensis*) (Weaver et al., 2007). Resultados similares se han demostrado en otros estudios donde señalaron que existen genes con resistencia a *R. reniformis*, tal es el caso de cultivares de algodón, garbanzo y soya (Bhuyan et al., 2024; Loreto et al., 2024). Estos genes de resistencia están relacionados con la patogenicidad y activan sustancias inhibidoras de proteasas que impiden el desdoblamiento de las proteínas (Bhuyan et al., 2024; Loreto et al., 2024).

Cuadro 1. Resultados de altura de planta, peso de frutos, factor de reproducción y porcentaje de necrosis en tres cultivares comerciales de tomate con distintas concentraciones de inóculo de *R. reniformis*.

Cultivar	Concen- tración de inóculo	Altura de la planta (cm)	Peso de frutos (kg)	FR	Necrosis (%)
Imperial	0	109.5 ± 1.9 a	2.10 ± 0.05 a	0 c	0 b
	2000	92.6 ± 3.0 b	1.79 ± 0.02 b	2.28 ± 0.09 a	73.3 ± 4.2 a
	5000	81.1 ± 2.1 c	1.53 ± 0.02 c	1.52 ± 0.02 b	81.6 ± 4.0 a
Swetelle	0	227.0 ± 4.6 a	0.47 ± 0.01 a	0 c	0 c
	2000	178.1 ± 5.1 b	0.45 ± 0.02 a	1.19 ± 0.10 a	81.6 ± 1.6 b
	5000	158.3 ± 3.5 c	0.20 ± 0.03 b	0.73 ± 0.08 b	90.0 ± 0 a
Byelsa	0	126.5 ± 2.0 a	1.67 ± 0.09 a	0 c	0 b
	2000	110.6 ± 1.7 b	0.94 ± 0.01 b	2.39 ± 0.10 a	75.0 ± 5.0 a
	5000	98.0 ± 2.0 c	0.78 ± 0.03 b	1.65 ± 0.06 b	81.6 ± 4.0 a

*Medias con diferentes letras en una misma columna difieren estadísticamente según la Prueba de Fisher ($p \leq 0.05$).

Conclusiones

Este estudio mostró que existen diferencias en la susceptibilidad de tres cultivares comerciales de tomate en relación con el factor de reproducción de *R. reniformis*. Se recomiendan estudios posteriores con mayor detalle e incluir más variedad de cultivares de tomate para establecer un manejo integrado de *R. reniformis* de bajo impacto al medioambiente.

Referencias

- Bhuyan, P., Devi, G., Bhagawati, S., & Pathak, D. (2024). Evaluation of some new nematicides for the management of reniform nematode (*Rotylenchulus reniformis*) on tomato (*Solanum lycopersicum* L.). *Journal of Experimental Agriculture International*, 46(6), 492-499. <https://doi.org/10.9734/jeai/2024/v46i62501>
- Jones JT, Haegeman A, Danchin EG, Gaur HS, Helder J, Perry RN. (2013). Top 10 plant-parasitic nematodes in molecular plant pathology. *Mol Plant Pathol*. 14(9):946–61. <https://doi.org/10.1111/mpp.12057>.
- Faske, T., and Sisson, A. (2024). *Cotton disease loss estimates from the United States - 2023*. Crop Protection Network. CPN-7001-23. <https://doi.org/10.31274/cpn-20240219-0>
- Khanal, C., McGawley, E. C., Overstreet, C., Stetina, S. R., Myers, G. O., Kularathna, M. T., & Godoy, F. M. C. (2018). Reproduction and pathogenicity of endemic populations of *Rotylenchulus reniformis* on cotton. *Nematropica*, 48, 68–81.
- Li, X. Q., Xu, K., Liu, X. M., & Zhang, P. (2020). A systematic review on secondary metabolites of *Paecilomyces* species: chemical diversity and biological activity. *Planta Medica*, 86(12), 805-821. <https://doi:10.1055/a-1196-1906>
- Loreto, R. B., da Silva, S. A., & Machado, A. C. Z. (2024). *Management of Rotylenchulus reniformis in soybean using genetic and biological approaches*. Tropical Plant Pathology, 1-7.
- McEwan, R. E., Kantety, R., Nyaku, S. T., Lawrence, K., van Santen, E., & Sharma, G. C. (2014). Relative response of four tomato species to *Rotylenchulus reniformis* infestation. *American Journal of Plant Sciences*, 2014. <https://doi.org/10.4236/ajps.2014.51009>
- Robinson AF. (2007). Reniform in US cotton: When, where, why, and some remedies. *Annual Review of Phytopathology* 45:263–288. <https://doi.org/10.1146/annurev.phyto.45.011107.143949>.
- SIAP. (2025). *Servicio de información agroalimentaria y pesquera. Secretaria de agricultura y desarrollo rural* (online). www.gob.mx/siap. Accessed 22 oct 2025

- Soto-Ramos, C., Wheeler, T. A., Shockey, J., & Monclova-Santana, C. (2023). Rotation of cotton (*Gossypium hirsutum*) cultivars and fallow on yield and *Rotylenchulus reniformis*. *Journal of Nematology*, 55(1). <https://doi.org/10.2478/jofnem-2023-0024>
- Turner, A. K., Graham, S. H., Potnis, N., Brown, S. M., Donald, P., & Lawrence, K. S. (2023). Evaluation of and nematode-resistant cotton cultivars with supplemental Corteva Agriscience nematicides. *Journal of Nematology*, 55(1).
- Valdez-Morales, M. T., Carrillo-Fasio, J. A., García-Estrada, R. S., Correia, K. C., Cruz-Lachica, I., Marquez-Zequera, I., & Tovar-Pedraza, J. M. (2024). Occurrence of the reniform nematode *Rotylenchulus reniformis* parasitizing cucumber and eggplant in Mexico. *Plant Health Progress*, <https://doi.org/10.1094/PHP-10-23-0087-BR>
- Weaver, D. B., Lawrence, K. S. and van Santen, E. (2007). Reniform nematode resistance in upland cotton germplasm. *Crop Science*. 47(1), 19-24. <http://dx.doi.org/10.2135/cropsci2006.02.0130>
- Ye, W. (2018). Nematodes of agricultural importance in North and South Carolina. *Plant parasitic nematodes in sustainable agriculture of north America: Vol. 2-Northeastern, Midwestern and Southern USA*, 247-276002E

Capítulo 19

Efecto de bioestimulantes en la capacidad antioxidante y contenido de compuestos fenólicos en maíz (*Zea mays L.*) en el noroeste de Sinaloa

*Valle Castillo, Carmen Elena¹
López Valenzuela, Blanca Elvira¹
Magallanes Tapia, Marco Antonio²
Escoboza Valenzuela, Fernando Alberto¹
Valdez Morales, Maribel^{2*}*

**Carmenelenavalle8@gmail.com*

¹ Universidad Autónoma de Sinaloa, Facultad de Agricultura del Valle del Fuerte, Calle 16 y Avenida Japaraqui, CP 81110. Juan José Ríos, Ahome, Sinaloa, México.

² CIIDIR-Unidad Sinaloa, Instituto Politécnico Nacional, Blvd. Juan de Dios Bátiz Paredes 250 Col. San Joachin. CP. 81100, Guasave, Sinaloa, México. mvaldezmo@ipn.mx

Resumen

El maíz (*Zea mays L.*) es un cultivo fundamental para la seguridad alimentaria, particularmente en México, donde su productividad se ve limitada por condiciones de estrés abiótico asociadas al cambio climático, como variaciones térmicas y degradación del suelo. Estas condiciones inducen la generación de especies reactivas de oxígeno, provocando estrés oxidativo en las plantas. En este contexto, los bioestimulantes agrícolas representan una alternativa sostenible para mejorar la fisiología vegetal y fortalecer los mecanismos de defensa antioxidante. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto individual y combinado de *Trichoderma spp.*, quitosano y lixiviados de humus sobre la capacidad antioxidante y el contenido de compuestos fenólicos en plantas de maíz cultivadas en invernadero durante los ciclos otoño-invierno 2023-2024 (o-i) y primavera-verano 2024 (p-v). Se establecieron nueve tratamientos, incluyendo controles con agua y urea. La actividad antioxidante se determinó mediante el método DPPH, expresada como equivalentes de Trolox y porcentaje de actividad antioxidante (% ARA); el contenido de fenoles totales se cuantificó mediante el método de Folin-Ciocalteu. Los resultados mostraron diferencias significativas entre tratamientos y ciclos de cultivo. Las combinaciones de bioestimulantes incrementaron significativamente la actividad antioxidante durante ambos ciclos. En conclusión, la aplicación conjunta de bioestimulantes fortalece la respuesta antioxidante del maíz y representa una estrategia viable para mejorar su desempeño fisiológico bajo condiciones ambientales adversas.

Introducción

El maíz (*Zea mays L.*) es uno de los cultivos más importantes a nivel mundial debido a su valor económico y alimentario. Sin embargo, su producción se ve afectada por diversos factores, como el estrés abiótico,

principalmente altas temperaturas, sequía y degradación del suelo, los cuales inducen la generación de especies reactivas de oxígeno y provocan estrés oxidativo en las plantas (Gill y Tuteja, 2010; Apel y Hirt, 2004). Para contrarrestar estos efectos, las plantas activan sistemas antioxidantes enzimáticos y no enzimáticos, entre los que destacan los compuestos fenólicos por su capacidad para neutralizar radicales libres (Michalak, 2006). En los últimos años, los bioestimulantes agrícolas han cobrado relevancia como una alternativa sostenible para mejorar la fisiología vegetal y la tolerancia al estrés, sin los impactos negativos asociados al uso excesivo de fertilizantes químicos (Du Jardin, 2015). *Trichoderma spp.* es un hongo benéfico ampliamente estudiado por su capacidad para promover el crecimiento vegetal y activar mecanismos de defensa inducida (Vinale et al., 2008). Por su parte, el quitosano actúa como un elicitor que estimula respuestas antioxidantes y de resistencia sistémica adquirida (Hadwiger, 2013), mientras que los lixiviados de humus aportan sustancias húmicas bioactivas que favorecen la absorción de nutrientes y la actividad metabólica (Canellas et al., 2015). El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto individual y combinado de bioestimulantes sobre la capacidad antioxidante y el contenido de fenoles totales en plantas de maíz cultivadas en invernadero durante dos ciclos agrícolas.

Materiales y métodos

El experimento se llevó a cabo en condiciones de invernadero durante los ciclos otoño-invierno 2023-2024 y primavera-verano 2024. Se utilizaron plantas de maíz (*Zea mays* L.) establecidas bajo un diseño completamente al azar con nueve tratamientos: *Trichoderma spp.*, quitosano, lixiviados de humus y sus combinaciones, además de agua (C-) y urea (C+). Los bioestimulantes se aplicaron vía radicular durante el desarrollo vegetativo del cultivo.

El contenido de fenoles totales se determinó mediante el método de Folin-Ciocalteu, siguiendo la metodología descrita por Singleton et al. (1999), y se expresó en μg equivalentes de ácido gálico (μg eq. AG) y catequina (μg eq. CAT) por gramo de muestra. La capacidad antioxidante se evaluó mediante el método DPPH, de acuerdo con Cardador-Martínez

et al. (2002), y se expresó como μg equivalentes de Trolox por gramo de muestra y porcentaje de actividad antioxidante (% ARA). Los datos se analizaron mediante análisis de varianza (ANOVA) y comparación de medias por la prueba de Tukey, con un nivel de significancia de $p \leq 0.05$.

Resultados y discusión

El contenido de fenoles totales mostró diferencias significativas entre tratamientos y ciclos de cultivo (Cuadro 1 y 2). Durante el ciclo o-i, el tratamiento con *Trichoderma spp.* presentó los valores más elevados (CAT), mientras que en p-v fue la combinación T+Q+L. Respecto a A.G., el tratamiento con lixiviado presentó los mayores resultados en o-i, lo que sugiere un efecto sinérgico entre microorganismos benéficos, elicitores y sustancias húmicas. En p-v, *Trichoderma spp.* concentró mayor cantidad de compuestos fenólicos, lo que puede atribuirse a la activación de rutas metabólicas asociadas a la síntesis de compuestos fenólicos bajo condiciones de mayor temperatura. Este incremento en fenoles coincide con reportes que indican que el estrés térmico puede estimular la producción de metabolitos secundarios con función antioxidante (Apel y Hirt, 2004).

Cuadro 1. Contenido de fenoles totales ($\mu\text{g eq. CAT g}^{-1}$) en plantas de maíz tratadas con bioestimulantes en dos ciclos de cultivo

Trata- miento	O-i			p-v		
	$\mu\text{g eq. CAT/g}$	Desv. Est.	CV (%)	$\mu\text{g eq. CAT/g}$	Desv. Est.	CV (%)
T	290.30a	39.63	13.73	176.15d	34.09	19.02
Q	189.59d	28.84	16.45	278.21c	24.88	8.54
L	47.4f	15.79	30.74	359.99ab	31.99	9.08
T+Q	187.6d	29.26	17.03	351.22ab	34.66	9.51
T+L	81.27e	14.06	27.44	301.63b	27.35	9.18
T+Q+L	46.06f	9.08	18.93	382.95a	26.20	6.72
Q+L	216.83c	27.76	13.11	246.66c	62.10	23.60
AGUA	94.33e	13.03	14.30	357.58ab	32.64	8.88
UREA	242.29b	40.38	17.08	354.504ab	18.09	5.15

T=*Trichoderma spp*; Q= Quitosano; L=Lixiviado. Desv.Est.= Desviación estándar; CV= Coeficiente de variación (%).

Medias comparadas por Tukey; letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$).

Cuadro 2. Contenido de fenoles totales ($\mu\text{g eq. A.G. g}^{-1}$) en plantas de maíz tratadas con bioestimulantes en dos ciclos de cultivo.

Tratamiento	O-I			P-V		
	$\mu\text{g eq. A.G./g}$	Desv. Est.	CV (%)	$\mu\text{g eq. A.G./g}$	Desv. Est.	CV (%)
T	235.66d	27.20	10.95	313.77a	34.28	10.86
Q	330.24b	45.43	12.86	228.64bc	52.77	22.87
L	351.9a	53.63	15.42	69.68f	24.67	35.43
T+Q	320.26c	66.39	23.46	257.96b	61.62	23.80
T+L	338.95b	46.17	13.80	138.42e	57.45	41.16
T+Q+L	358.73a	42.31	12.70	132.31e	55.98	41.60
Q+L	319.64c	60.30	19.70	201.67d	43.96	22.13
AGUA	357.5a	52.63	15.01	157.64e	63.43	41.39
UREA	353.6a	35.61	9.82	230.71c	46.01	20.28

T=*Trichoderma spp*; Q= Quitosano; L=Lixiviado. Desv.Est.= Desviación estándar; CV= Coeficiente de variación (%).

Medias comparadas por Tukey; letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$).

La actividad antioxidante determinada mediante DPPH presentó valores elevados en todos los tratamientos (Cuadro 3); sin embargo, *Trichoderma spp.* (o-i) y las combinaciones T+Q y Q+L (p-v) destacaron por mostrar mayores concentraciones. Estos resultados indican una buena capacidad de neutralización de radicales libres ($>70\%$), lo cual puede estar asociado a una respuesta adaptativa frente a condiciones ambientales más estresantes (Gill y Tuteja, 2010). Estudios previos han señalado que la aplicación conjunta de bioestimulantes puede potenciar los mecanismos antioxidantes y mejorar la resiliencia fisiológica de las plantas (Collado-González et al., 2021). En este estudio, la superioridad de las combinaciones de bioestimulantes respalda la hipótesis de un efecto sinérgico que fortalece la defensa oxidativa del maíz.

Cuadro 3. Capacidad antioxidante ($\mu\text{g eq. TROLOX g}^{-1}$ y %ARA) en plantas de maíz tratadas con bioestimulantes en dos ciclos de cultivo

Tratamiento	O-I				P-V			
	$\mu\text{g eq. Trolox g}^{-1}$	Desv. Est.	CV (%)	ARA (%)	$\mu\text{g eq. Trolox g}^{-1}$	Desv. Est.	CV (%)	ARA (%)
T	1880.71a	35.36	5.00	76.52	1805.714b	21.02	8.40	73.55
Q	1828.92ab	42.93	6.07	74.47	1828.92ab	23.72	9.42	74.46
L	1639.64d	32.83	4.64	66.97	1800.35b	35.32	8.16	73.33
T+Q	1761.07c	30.83	4.11	71.78	1925.35a	39.12	11.34	78.28
T+L	1743.21c	32.83	4.64	71.07	1609.28d	26.03	10.11	65.77
T+Q+L	1687.85cd	31.53	6.14	68.88	1809.28b	23.34	13.31	73.69
Q+L	1795b	75.76	10.71	73.13	1937.85a	31.14	6.83	78.78
AGUA	1948.57a	25.25	3.57	79.21	1889.64a	25.30	4.15	76.87
UREA	1925.35a	17.68	2.50	78.29	1736.07c	24.55	11.41	70.79

T=*Trichoderma spp*; Q= Quitosano; L=Lixiviado. Desv.Est.= Desviación estándar; CV= Coeficiente de variación (%)

Medias comparadas por Tukey; letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$).

Conclusiones

La aplicación de bioestimulantes agrícolas se asoció con un aumento en la capacidad antioxidante y el contenido de compuestos fenólicos en plantas de maíz, observándose un posible efecto sinérgico cuando se aplicaron en combinación. Estos resultados sugieren que el uso integrado de bioestimulantes podría representar una estrategia sostenible para favorecer la respuesta fisiológica del maíz y contribuir a su desempeño bajo condiciones ambientales adversas.

Referencias

- Apel, K., & Hirt, H. (2004). Reactive oxygen species: Metabolism, oxidative stress, and signal transduction. *Annual Review of Plant Biology*, 55, 373-399.
- Cardador-Martínez, A., et al. (2002). Antioxidant activity in common beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(24), 6975-6980.

- Canellas, L. P., et al. (2015). Humic substances as plant growth promoters. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 178(2), 210-222.
- Collado-González, J., et al. (2021). Biostimulants effects on plant physiology. *Agronomy*, 11(3), 1-18.
- Du Jardin, P. (2015). Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation. *Scientia Horticulturae*, 196, 3-14.
- Gill, S. S., & Tuteja, N. (2010). Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. *Plant Physiology and Biochemistry*, 48(12), 909-930.
- Hadwiger, L. A. (2013). Multiple effects of chitosan on plant systems. *Plant Science*, 208, 42-49.
- Michalak, A. (2006). Phenolic compounds and their antioxidant activity in plants. *Polish Journal of Environmental Studies*, 15(4), 523-530.
- Singleton, V. L., et al. (1999). Analysis of total phenols by Folin–Ciocalteu reagent. *Methods in Enzymology*, 299, 152-178.
- Vinale, F., et al. (2008). *Trichoderma*-plant-pathogen interactions. *Soil Biology and Biochemistry*, 40(1), 1-10.

Capítulo 20

Por tu salud y nutrición IAP: modelo de promotora comunitaria en Baja California y Sonora con la participación de mujeres rurales

Morales Maza, Alma Rosa

Morales Maza, Antonio

Cervantes-Díaz, Lourdes

Muñoz Madrid, Alba Rocío

Afani Regalado, Ana Genoveva

Mendoza Olmos, Itzel

Resumen

La participación de los ciudadanos y su integración como Institución de Asistencia Privada (IAP) ayudan con acciones para el bienestar y son promovidas por entidades internacionales como la Organización Mundial de la Salud. La Promotora Comunitaria (PC) participa como un modelo de intervención en asistencia social que surge como una acción participativa en la cual miembros de una comunidad de mujeres (rural o urbana) actúan sobre situaciones de condiciones de trabajo y/o marginalización, con falta de información sobre alimentación, salud, educación, entre otros, para encontrar soluciones y promover una transformación social para su salud, bienestar y entorno, a través de la capacitación y vinculación con otras instituciones de salud, educativas y de gobierno. Las personas que participan, independientemente de su grado de educación y posición social, contribuyen con diferentes acciones para la educación integral de la población intervenida (niña/os, adolescentes, adultos mayores o público en general). En el presente documento se describen las experiencias y el trabajo de mujeres rurales/urbanas a través de promotoras comunitarias (PC) y con el modelo de intervención integral para prevenir enfermedades crónico-degenerativas en la población, bajo la denominación de Institución de Asistencia Privada (IAP), Por Tu Salud y Nutrición, fundada desde el 2009, y las aportaciones realizadas para fomentar y desarrollar el bienestar integral en Valle de San Luis Rio Colorado, Sonora y Baja California, México. A 10 años de su fundación, se cuenta con más de 1200 beneficiarios, con más de 50 participantes que replican el modelo en sus hogares, amigos y comunidad.

Introducción

Por tu Salud y Nutrición, Institución de Asistencia Privada (IAP), fue constituida de forma legal el 28 de agosto de 2015 en San Luis Río Colorado, Sonora, México. Inicia con la participación de ocho promotoras provenientes de comunidades rurales y actualmente cuenta con aproximadamente 50 promotoras interesadas en cuidar su salud por medio de un programa integral de intervención, apoyando a la comunidad en el cuidado de su salud. La denominación de IAP permite trabajar con diversas disposiciones y obligaciones legales en materia de rendición de cuentas, transparencia y utilización de recursos, donde se cumplen los principios altruistas, sin fines de lucro y como objeto social tiene brindar atención a requerimientos básicos de subsistencia en materia de alimentación, rehabilitación médica, orientación social y educación, con un programa de intervención integral donde se involucra directamente al individuo para que se haga responsable del cuidado de su salud. Del mismo modo, colabora con los sistemas públicos y privados que promueven o fomentan estilos de vida saludables a través de conferencias, cursos, talleres y otros apoyos relacionados (jornadas y ferias de salud). Actualmente, Por tu Salud y Nutrición IAP colabora a través de convenios de colaboración con instituciones públicas (Secretaría de Salud, Salud Pública Municipal de Sonora, Instituto Sonorense de la Mujer, capítulo San Luis), universidades (Universidad de Sonora, Universidad Tecnológica de San Luis Río Colorado, Centro Universitario de Sonora, Universidad Autónoma de Baja California, Universidad de Xochicalco, Universidad Vizcaya, Universidad de Durango, Centro de Capacitación para el Trabajo Industrial Núm. 52 y Núm. 124), empresas locales (Hortícola Las Cumbres, ERC Empaque Río Colorado) y voluntarios en alianza con el sector salud (Bomberos Rojos de SLRC, Sonora, Ejército Mexicano de la Guarnición de Ejército SLRC) e instituciones sociales (VERTER A.C.); además, con las instituciones Campesinos Sin Fronteras de Somerton, Arizona, y Líderes Campesinas de California, donde se colabora con el mismo modelo de PC para la atención y prevención de enfermedades crónico-degenerativas y el empoderamiento de las mujeres rurales y urbanas. En este sentido, la pregunta que orienta este

documento es: ¿cómo el modelo de Promotora Comunitaria de Por tu Salud y Nutrición IAP, ha contribuido en el fomento y desarrollo integral de mujeres rurales del Valle de San Luis Río Colorado, Sonora, y el Valle de Mexicali, Baja California?

Actividades realizadas

Las promotoras comunitarias son personas que viven en la misma comunidad y que comparten intereses comunes en el cuidado de salud personal y de sus familias. Son un grupo que recibe capacitación a través de los convenios con los que cuenta Por tu Salud y Nutrición, IAP, en el que imparten los talleres y las capacitaciones a los beneficiarios en temas diversos que van desde asesoría nutricional, preparación y cultura de consumo de alimentos saludables, mediciones de glucosa y presión arterial y la cultura de la instalación de huertos familiares o escolares, para la producción de hortalizas de consumo tradicional (como tomate, chile, papa, cebolla, cilantro, calabaza, pepino, sandía, melón, entre otras). Esta última actividad promueve la terapia ocupacional por el contacto directo con la naturaleza. Los talleres que se imparten incluyen 5 actividades como medición de la glucosa y presión arterial, pláticas de nutrición y preparación de platillos, implementación de un huerto y kit de cítricos, producción de proteína animal y asesoramiento psicológico.

Se cuenta con un recetario de platillos con alto valor nutrimental; además, las promotoras han recibido capacitaciones en la elaboración de conservas, encurtidos, productos en salmuera, adecuada congelación y deshidratación de alimentos en el hogar. Otro de los temas que se han abordado son las prácticas de higiene en el proceso de alimentos para prevenir y reducir la contaminación cruzada y enfermedades transmitidas por alimentos (ETA).

Por otra parte, las PC de Por tu Salud y Nutrición, IAP, han replicado el modelo de intervención integral desde el 2023 con alumnos de nivel medio superior de la Escuela Secundaria Técnica #4 de San Luis Río Colorado, Sonora, como una herramienta educativa, ecológica y social que transforma el aprendizaje y fortalece valores en los estudiantes para promover el respeto por la naturaleza y la conciencia ecológica por me-

dio de un aprendizaje práctico para integrar conocimientos de ciencias, matemáticas, nutrición, educación financiera e instalación de huertos. En los talleres se capacita sobre alimentación balanceada y el origen de los alimentos para preparar los platillos de manera saludable; se fomenta el trabajo colaborativo para desarrollar habilidades sociales como la cooperación, el liderazgo y la responsabilidad compartida. El huerto escolar es de beneficio para la comunidad, ya que además de producir alimentos, embellece el espacio y crea un ambiente más agradable y participativo, fortaleciendo los valores, donde se promueve el respeto, la paciencia, el compromiso y el cuidado del entorno; asimismo, la inclusión educativa, ya que permite que estudiantes con diferentes estilos de aprendizaje se involucren y crea un vínculo con la comunidad, invitando a los padres, vecinos y autoridades locales en actividades conjuntas. Se fomenta la sostenibilidad capacitando a los estudiantes para que realicen prácticas ecológicas como el compostaje, el reciclado y el uso responsable del agua. Se destaca que se ha replicado este modelo de intervención en la Secundaria Técnica # 12, de San Luis Río Colorado, Sonora, y han sido incluidas actividades para la venta de los productos que se cosechan, buscando la autosustentabilidad del huerto, además del consumo por los mismos estudiantes.

A 10 años de la fundación son alrededor de 1,248 beneficiarios. El número de Promotoras ha ido en aumento, con alrededor de 50 que se encuentran activas y replican el modelo en sus hogares o con sus amigos y vecinos. Para el 2025, Por tu Salud y Nutrición, IAP cuenta con participaciones en diferentes foros para la divulgación y socialización de las actividades que realiza con las mujeres rurales/urbanas en Sonora y Baja California, como el 3er. Congreso Internacional de Mujeres Agrónomas en el Horizonte, realizado en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro en la Ciudad de Saltillo Coahuila, Mujeres Rurales Transformando el Campo y en la Cumbre de Mujeres en Café 2025 realizado en San Cristóbal de las Casas, Chiapas.

Conclusiones

Entre las actividades realizadas destaca el evento anual de la Feria de Salud de los Campesinos del Valle (10.^a edición), evento itinerante en donde se ofrecen más de 20 servicios diferentes en materia de alimentación; orientación social y educación en salud con el programa de intervención integral, donde se involucra directamente al individuo para que se haga responsable del cuidado de su salud. El evento se lleva a cabo en las comunidades rurales o en las escuelas para acercar los servicios a la población. Se realizan jornadas de salud en las empresas locales con el objetivo de realizar detección temprana de algún padecimiento para prevenir enfermedades crónico-degenerativas en los trabajadores. El desarrollo del modelo de Promotora de Salud (PS) ha permitido que entre ellas compartan sus experiencias, sirviendo de crecimiento personal y empoderamiento que contribuye a mejorar las prácticas en cada área que se atiende con el modelo integral de Por tu Salud y Nutrición, IAP. En noviembre del 2023 se realizó el Primer Congreso Internacional Por tu Salud y Nutrición IAP “Cuidado tradicional y multidisciplinario para el bienestar de las familias” con la participación de ponentes de Guatemala, Costa Rica, Estados Unidos y México. Se tiene vinculación con Campesinos Sin Fronteras de Somerton, Arizona, y con Alianza Nacional de Campesinas de California, colaborando con el mismo modelo para la atención y prevención de enfermedades crónico-degenerativas.

Referencias

- Campesino sin Fronteras. (2020). *Advocating for working families to build a brighter future*. Promotoras de la salud. Recuperado de <https://www.campesinossinfronteras.com/>
- CECATI 52. (2025). *Evento conmemorativo de los 10 años de Fundación de Por tu Salud y Nutrición, IAP*. Evento. [Página de Facebook] www.dgcf.semsem.gob.mx. Recuperado de Septiembre, 2025. *evención*. 2025Tribuna, Ciencia y Salud, lunes, 8 de septiembre de (Página de Facebook)[www.oem.com.mx].

- Encuesta Nacional de Salud y Nutrición (ENSANUT). Recuperado de <https://www.saludpublica.mx>
- Gobierno de México (gob.mx). *Programa 2024-2030 para la prevención y promoción de la salud*. Recuperado de <https://www.gob.mx/presidencia/prensa/gobierno-de-mexico-presenta-programa-2024-2030-para-la-prevencion-y-la-promocion-de-la-salud>. Hospital de Jesús (1940). *Historia y creación de la denominación de Institución de Asistencia Privada*. Secretaría de la Cultura, INAH.
- Instituto Nacional de Salud Pública (INSP). (2022). *Panorama de enfermedades crónicas en México*.
- Organización Mundial de la Salud (OMS). (1998). *Health promotion is the process of enabling people to increase control over, and to improve their health*. Health Promotion Glossary. Recuperado de https://www.who.int/health-topics/health-promotion#tab=tab_1
- Por tu salud y nutrición IAP. (2025). *Conócenos*. Recuperado de <https://www.portusaludynutricion.org/conocenos/>

Capítulo 21

Efecto del lixiviado de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) y un mejorador de suelo en la producción de maíz

Martínez López, Fabián¹
Félix Ceballos, José Ignacio¹
Camacho Angulo, Flavio¹
Rojas Pérez, Héctor¹
*Zazueta Torres, Norma Delia*¹*
Carrillo Benítez, Carlos Daniel¹
Ramón López, Molina¹

**Autora de correspondencia (norma.zt@eldorado.tecnm.mx)*

¹ Tecnológico Nacional de México/ITS Eldorado, Av. Tecnológico S/N Col. Rubén Jaramillo, CP. 80450.Eldorado, Eldorado, Sinaloa, México.

Resumen

El uso de enmiendas orgánicas como lixiviado de lombriz permite una producción sustentable y mejora las condiciones del suelo. Por tal razón, el objetivo fue evaluar el efecto de lixiviado de lombriz y mejorador de suelo en el crecimiento y producción de maíz. En la parcela agrícola fueron establecidos 12 surcos de maíz con cinco tratamientos diferentes de fertilización orgánica y convencional más un testigo, los cuales fueron aplicados en todo el ciclo del cultivo. Las variables evaluadas fueron altura, diámetro de tallo, ancho de la hoja y peso de mazorca. El experimento se estableció bajo un diseño de bloques completamente al azar, con seis tratamientos y cinco repeticiones por tratamiento. Los resultados indican que los tratamientos de fertilización orgánica (lixiviado y mejorador) obtuvieron diferencia significativa en las características morfológicas del cultivo (altura: 220 cm; diámetro de tallo: 34.6 cm y ancho de la hoja: 125.2 cm). Mientras que el rendimiento de la fertilización convencional y el producto de lixiviado de lombriz fueron los más significativos con valores de 228 y 209 g, respectivamente. El efecto del lixiviado de lombriz representa una alternativa sustentable para la producción de maíz.

Introducción

La producción de maíz (*Zea mays*) requiere prácticas agronómicas como la selección de un suelo apropiado, el uso de semilla de calidad, control de plagas y enfermedades, así como un programa efectivo de nutrición que asegure altos rendimientos (Castro, 2017). Los abonos orgánicos más utilizados son lixiviado de lombriz, compost, bocashi, bioles, estiércol y guano de aves marinas y murciélagos, los cuales incrementan la actividad microbiana del suelo (Castellanos, 2013). Rodríguez y Reynel (2013) aplicaron lixiviados a diferentes concentraciones en varios cultivos bajo

condiciones de campo; apreciaron un efecto estimulante positivo en la altura y ancho del follaje, volumen radicular, diámetro de los frutos y rendimientos. Por tal razón, el objetivo fue evaluar el efecto de lixiviado de lombriz y mejorador de suelo en el crecimiento y producción de maíz.

Materiales y métodos

Este trabajo fue realizado en una parcela agrícola ubicada en el Instituto Tecnológico Superior de Eldorado, Sinaloa, México. La aplicación de los tratamientos se realizó en tres etapas: un día antes de la siembra, en cultivo 52 días después de la siembra y en espiga 95 días después de la siembra. La siembra se realizó con sembradora en 12 surcos, dos por cada tratamiento, en forma directa, con una separación de 80 cm entre surcos y una densidad de 10 semillas por metro lineal. Los tratamientos utilizados en la presente investigación fueron productos químicos convencionales (NPK), orgánicos (lixiviado de lombriz y mejorador de suelo) y una combinación de ambos, como se muestra en el (Cuadro 1). Los productos orgánicos fueron analizados para conocer su composición respecto a la cantidad de elementos presentes. Las variables evaluadas fueron: altura, diámetro de tallo, ancho de hoja y peso de mazorca. El diseño experimental fue bloques completamente al azar con diez repeticiones por tratamiento. Las variables de variables. Para la obtención de datos, se midió la altura de la planta a los 30, 60 y 90 días después de la emergencia (DDE) con cinta métrica. El grosor del tallo se evaluó a 30 cm de altura mediante un vernier y el ancho de la hoja se midió en la parte media con cinta métrica. El rendimiento se determinó mediante el conteo del número de elotes y su peso con una báscula digital. Estas variables permitieron evaluar de manera integral el crecimiento, vigor y productividad del cultivo. El análisis de varianza y la comparación de medias de Duncan (95 %) fueron obtenidos con el paquete estadístico de Olivares (2012).

Cuadro 1. Tratamientos y dosis utilizados para la fertilización en maíz

Tratamiento	Dosis
1. Testigo (agua)	
2. Químico (NPK)	400 kg ha ⁻¹
3. NPK 33 % + (lixiviados de lombriz 33 %) + (Mejorador 33 %)	132 kg ha ⁻¹ + 82.5 L ha ⁻¹ + 3.96 L ⁻¹
4. Lixiviado de lombriz 100 %	250 L ha ⁻¹
5. Lixiviado 50 % + Mejorador 50 %	125 L ha ⁻¹ + 6 L ha ⁻¹
6. Mejorador de suelo 100 %	12 L ha ⁻¹

Resultados y discusión

Altura de la planta: El mejorador de suelos (MS) (100 %) presentó una diferencia significativa ($p < 0.05$) con 220.1 cm seguido de la fertilización combinada convencional y orgánica (217.4 cm) y del testigo (212.0 cm). El resto de los tratamientos no fue significativo (Figura 1). Esto nos indica que la composición del mejorador de suelo influye directamente en el crecimiento de la planta de maíz.

Diámetro de tallo: Los tratamientos de fertilización convencional fueron significativos ($p < 0.05$). La combinación de producto convencional y orgánico sobresalió con 34.6 mm, seguida de la fertilización convencional 100 % con 31.8 mm (Figura 2). Los tratamientos de los productos orgánicos: MS (100 %), combinación de lixiviado y MS (50/50) y lixiviado de lombriz (100 %) presentaron valores inferiores a 20.0 mm, lo que indica que no influyeron en el diámetro del tallo del cultivo.

Ancho de la hoja: El tratamiento de lixiviado de lombriz (100 %) fue significativo ($p < 0.05$). El valor más alto del ancho de hoja de maíz fue de 125.2 cm, seguido del mejorador de suelos (100 %) con 114.0 cm. Los tratamientos combinados con productos convencionales y orgánicos, así como el fertilizante convencional, presentaron los valores más bajos (Figura 3). Esto indica que el lixiviado de lombriz influye en el crecimiento de la hoja de maíz.

Peso de la mazorca: La fertilización convencional fue significativa ($p < 0.05$), seguida de la fertilización orgánica que incluye al lixiviado de lombriz (100 %) y combinación lixiviado y MS. La fertilización convencional presentó un valor de 228.4 g, seguido del lixiviado al 100 % con 209.2 g y la combinación de lixiviado y MS con 205.4 g. (Figura 4). Los tratamientos de combinación de fertilización convencional y orgánica, así como el MS 100 %, presentaron valores más bajos. Esto nos indica que el lixiviado de lombriz tiene un efecto en la producción de maíz, lo que influye directamente en el rendimiento. Estos resultados coinciden con los obtenidos por León (2019), quien evaluó el efecto de enmiendas orgánicas como humus y lixiviado de lombriz en características morfológicas y rendimiento del cultivo de maíz. A diferencia de lo presentado por León (2019), el rendimiento del lixiviado de lombriz quedó por detrás de una fertilización convencional, lo que indica una alternativa para una producción sustentable.

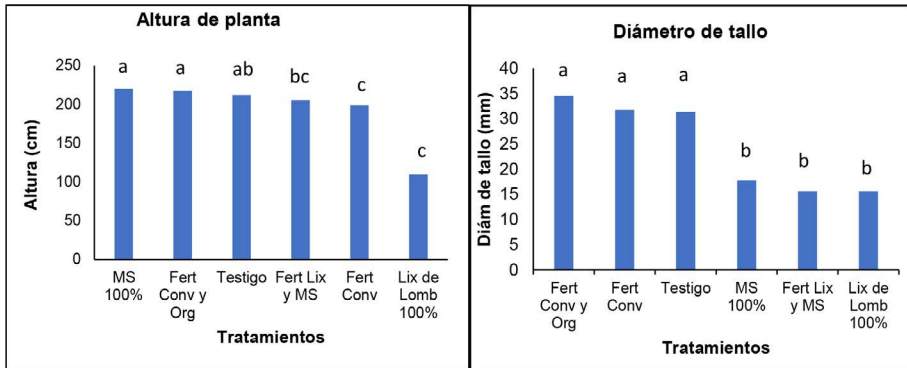


Figura 1. Altura del maíz. Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes

Figura 2. Diámetro de tallo del maíz. Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes

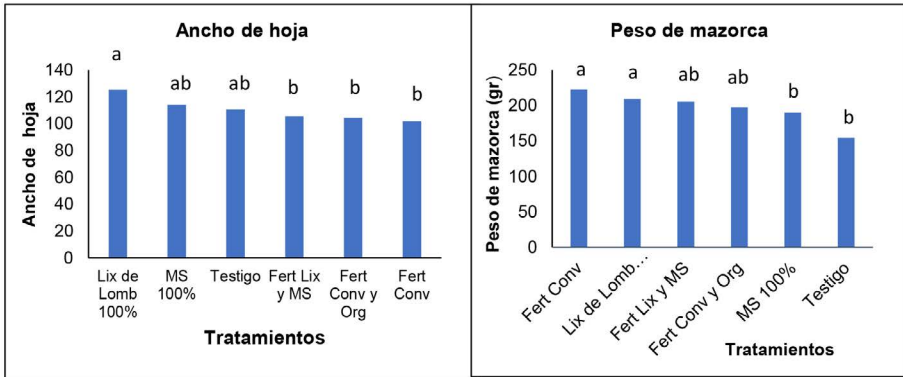


Figura 3. Ancho de hoja de maíz. Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes

Figura 4. Peso de mazorca de maíz. Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes

Conclusiones

El tratamiento con lixiviado de lombriz presentó un efecto significativo en el rendimiento y el ancho de las hojas, en comparación con el testigo y el tratamiento químico (NPK). Los tratamientos convencionales presentaron efecto significativo en rendimiento y diámetro de tallo con 228.4 g y 34.6 g, respectivamente. Mientras que los tratamientos de mejorador del suelo y la combinación de fertilizantes orgánicos y convencionales presentaron efecto significativo en la variable altura con 220.1 cm.

Referencias

- Castellanos, Z., (2013). *Los micronutrientes en la nutrición del maíz*. INTAGRI. Recuperado en línea el 14 de junio de 2025, de la página web: <https://www.intagri.com/articulos/cereales/micronutrientes-en-nutricion-demaiz>
- Castro, M., (2017). *Rendimientos de maíz duro seco en invierno*. Quito, Ecuador. Obtenido de Dirección de Análisis y Procesamiento de la Información, Coordinación General del Sistema de Información Nacional, Ministerio de Agricultura y Ganadería 10 59 p.: <http://>

sinagap.agricultura.gob.ec/pdf/estudios_agroeconomicos/rendimiento_maiz_duro_seco_invierno2017.pdf

- León, O. (2019). *Incorporación de materia orgánica y su efecto en el comportamiento agronómico del cultivo de maíz (Zea mays L.), en la zona de Babahoyo*. Tesis (pregrado), Universidad Técnica de Babahoyo
- Olivares, S.E. (2012). *Diseño de experimentos FAUANL*. Versión 1.0. Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León, México.
- Rodríguez F., P. A. y Reynel Chila, V. (2013). Los residuos orgánicos y su efecto en las propiedades biológicas edáficas y la productividad del pimiento (*Capsicum annum L.*). *Investigación y Saberes, II* (3), 34-40.

Capítulo 22

Empleo de microorganismos benéficos en la obtención de plántulas de pepino

Zazueta-Torres, Norma Delia¹

Rojas-Pérez, Héctor¹

Cázarez-Flores, Luz Llarelly²

López-Avendaño, Jesús Enrique^{2}*

López-Molina, Ramon^{1,2}

Mendoza-Gómez, Aurelia³

Medina-Montenegro, Heidi Melania⁴

**Autor de correspondencia (profe.jesus@uas.edu.mx).*

¹ Tecnológico Nacional de México/ ITS Eldorado, Av. Tecnológico S/N Col. Rubén Jaramillo, CP. 80450.Eldorado, Culiacán, Sinaloa, México

² Universidad Autónoma de Sinaloa, Facultad de Agronomía, Carretera Culiacán-Eldorado km 17.5, Apartado Postal 25, C P. 80000. Culiacán, Sinaloa, México

³ Instituto de Ciencias Agrícolas, Carretera a Delta/Oaxaca s/n, Ejido Nuevo León, C.P. 21705, Valle de Mexicali, Baja California

⁴ Universidad Tecnológica de Culiacán. Los Ángeles, 80014 Culiacán Rosales, Sinaloa

Resumen

La investigación se realizó en el invernadero del Instituto Tecnológico Superior de Eldorado, Sinaloa, México, bajo un diseño de bloques completamente al azar con cuatro tratamientos y diez repeticiones. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de extractos de algas marinas, bacterias promotoras del crecimiento vegetal y hongos endomicorrícicos sobre el crecimiento y la calidad de plántulas de pepino (*Cucumis sativus* L.). Los tratamientos consistieron en: extracto de algas marinas (*Asco-phyllum nodosum* y *Sargassum* sp.; ALGACROP®, 1 g L⁻¹), inoculante bacteriano a base de *Azospirillum* spp. y *Azotobacter* spp. (NITROFIX COMPLEX®, 1.5 mL L⁻¹), inoculante micorrízico con hongos del género *Glomus* (RADIKO GLOM®, 2 g L⁻¹) y un testigo sin aplicación. Los bioinsumos ejercen efectos diferenciados sobre el crecimiento y la calidad de plántulas de pepino, por lo que su selección debe basarse en el objetivo productivo y en las condiciones de establecimiento del cultivo.

Introducción

El uso de microorganismos benéficos, como extractos de algas marinas, hongos micorrízicos arbusculares (HMA) y bacterias promotoras del crecimiento vegetal (BPCV), se ha consolidado como una estrategia sostenible para mejorar el crecimiento y la nutrición de los cultivos hortícolas (Rouphael y Colla, 2020). Los extractos de algas marinas actúan como bioestimulantes debido a su contenido de compuestos bioactivos que favorecen el crecimiento vegetativo, la expansión foliar y la tolerancia al estrés abiótico (Calvo et al., 2014). Por su parte, los HMA establecen una simbiosis mutualista con las raíces, incrementando la absorción de nutrientes, particularmente fósforo, y promoviendo un mayor desarrollo radicular y vigor vegetal. Asimismo, las BPCV de los géneros *Azospirillum* y *Azotobacter* contribuyen al crecimiento de las

plantas mediante la fijación biológica de nitrógeno y la producción de fitohormonas, mejorando la absorción de agua y nutrientes (Cassán et al., 2020).

Materiales y métodos

La investigación se realizó en el invernadero multicapilla del Instituto Tecnológico Superior de Eldorado, Sinaloa, México. Se sembraron semillas de pepino tipo slicer cv. Morelos (HM CLAUSE), en charolas de 128 cavidades rellenas de peat moss (Berger®). Se utilizó un diseño de bloques completamente al azar con cuatro tratamientos y 10 repeticiones. Los tratamientos consistieron en ALGACROP® 1 g L⁻¹ (*Ascophyllum nodosum* y *Sargassum* sp) (AS), NITROFIX COMPLEX® 1.5. MI L⁻¹ (NC) es un inoculante biológico a base de un complejo de bacterias de los géneros *Azospirillum* (*Azospirillum brasilense* y *Azospirillum lipoferum*) y *Azotobacter* (*Azotobacter vinelandii* y *Azotobacter chroococcum*). RA-DIKO GLOM® 2 g L⁻¹ (RG) es un inoculante biológico que contiene propágulos de hongos endomicorrícicos del género *Glomus*. Testigo (solo agua). La aplicación de los tratamientos se realizó en la etapa cotiledonal; esta fue realizada por riego en inmersión de charolas. La evaluación de las variables respuesta fue a los 15 días después de la aplicación, las cuales fueron: altura de planta, medida con cinta métrica; diámetro de tallo, obtenido con calibre digital (6MP, Truper Herramientas, México); área foliar, obtenida con un método no destructivo propuesto por Blanco y Follegati (2003); biomasa fresca y seca de hojas, tallo y raíz por planta, mediante balanza analítica (SA120, Scientech, EE. UU.), previo secado en horno (FE293AD, Felisa, México) a 70 °C, hasta peso seco constante; el índice de calidad de plántulas por las fórmulas propuestas por (Schmidt-Vogt, 1980; Dickson et al., 1960).

Los datos recabados se analizaron estadísticamente con el paquete estadístico MINITAB 17, mediante ANOVA y prueba de comparación múltiple de medias de Tukey ($\alpha \leq 0.05$).

Resultados y discusión

Cuadro 1. Efecto de los diferentes microorganismos en el crecimiento de plántulas de pepino

Tratamiento	Altura de planta (cm)	Diámetro de tallo (mm)	Área foliar (cm ² /planta)	Peso fresco de raíz (g)
AS (2 g L ⁻¹)	14.75 a	3.88 a	31.15 b	0.032 ab
NC (1.5 ml L ⁻¹)	13.43 b	3.71 ab	28.26 bc	0.023 bc
RG (2 g L ⁻¹)	13.95 a	4.03 a	37.58 a	0.041 a
Testigo	11.69 c	3.16 b	22.82 C	0.019 c

AS=*Ascophyllum nodosum* y *Sargassum sp*, NC= *Azospirillum brasilense*; *Azospirillum lipoferum*; *Azotobacter vinelandii* y *Azotobacter chroococcum*, RG= (Hongos endomicorrícicos del género *Glomus*). Medias con diferentes letras dentro de cada columna, muestran diferencias estadísticas con la prueba Tukey ($p \leq 0.05$).

La aplicación de bioinsumos generó incrementos porcentuales en las variables morfológicas evaluadas en comparación con el tratamiento testigo. En altura de planta, el tratamiento AS presentó un incremento del 26.2 %, mientras que la inoculación con hongos endomicorrícicos del género *Glomus* (Radiko glom 2 g L⁻¹) incrementó esta variable en 19.3 %. Por su parte, el tratamiento bacteriano compuesto por *Azospirillum brasilense*, *Azospirillum lipoferum*, *Azotobacter vinelandii* y *Azotobacter chroococcum* (Nitrofix 1.5 mL L⁻¹) mostró un aumento del 14.9 % respecto al testigo. En cuanto al diámetro de tallo, el mayor incremento porcentual se registró en el tratamiento con Radiko Glom, con un 27.5 % más que el testigo, seguido por Algacrop, con un incremento del 22.8 %, y Nitrofix, con un aumento del 17.4 %. El área foliar fue la variable que presentó los mayores incrementos relativos. Las plantas tratadas con Radiko glom (2 g L⁻¹) mostraron un incremento del 64.7 % en comparación con el testigo. En tanto, Algacrop incrementó el área foliar en 36.5 %, mientras que Nitrofix presentó un aumento del 23.8 %. Respecto al peso fresco de raíz, el tratamiento con Radiko glom registró el mayor incremento, con un 115.8 % más que el testigo, lo que evidencia un marcado efecto positivo de la inoculación micorrízica sobre el

desarrollo radicular. El tratamiento con Algacrop mostró un incremento del 68.4 %, mientras que Nitrofix presentó un aumento más moderado del 21.1 %. En conjunto, los resultados expresados en términos porcentuales confirman que la inoculación con hongos endomicorrícicos del género *Glomus* (Radiko glom 2 g L⁻¹) fue el tratamiento más eficiente para promover el crecimiento vegetativo y el desarrollo radicular de las plántulas de pepino, seguido por la aplicación de extractos de algas marinas, mientras que el tratamiento bacteriano mostró efectos positivos, aunque de menor magnitud. En cultivos hortícolas, la aplicación de HMA ha mostrado efectos positivos consistentes sobre variables morfológicas como altura de planta, área foliar, diámetro de tallo y biomasa radical. Investigaciones recientes en pepino, tomate, pimiento y melón reportan incrementos significativos en el desarrollo radicular y en la acumulación de biomasa aérea cuando las plantas son inoculadas con *Glomus spp.*, especialmente en etapas tempranas de crecimiento (Baslam et al., 2021; Billah et al., 2022). Estos beneficios se asocian directamente con una mayor capacidad de absorción de agua y nutrientes, así como con una mejor actividad fotosintética. El marcado incremento en la biomasa radical concuerda con reportes recientes que señalan que los hongos micorrízicos mejoran la absorción de nutrientes, principalmente fósforo, y favorecen una mayor eficiencia fisiológica durante las etapas iniciales de crecimiento (Rouphael y Colla, 2020; Chandrasekaran et al., 2023). La aplicación de extractos de algas marinas mostró efectos positivos intermedios, asociados a la presencia de compuestos bioactivos que estimulan el crecimiento vegetativo y el vigor de las plántulas (Bulgari et al., 2023). Por su parte, el tratamiento bacteriano con *Azospirillum spp.* y *Azotobacter spp.* presentó incrementos moderados, atribuibles a la fijación biológica de nitrógeno y a la producción de fitohormonas, cuyo efecto depende de las condiciones del sustrato y la interacción planta-microorganismo (Cassán et al., 2020).

Cuadro 2. Efecto de los diferentes microorganismos en la calidad de plántula de pepino

Tratamiento	Índice de esbeltez	Relación parte área-radicular	Índice de calidad de Dickson
AS (2 g L ⁻¹)	0.378 a	5.863 a	0.0392 a
NC (1.5 ml L ⁻¹)	0.353 a	5.734 a	0.0394 ab
RG (2 g L ⁻¹)	0.240 b	4.250 a	0.0315 b
Testigo	0.383 a	5.396 a	0.0462 a

AS=*Ascophyllum nodosum* y *Sargassum* sp, NC= *Azospirillum brasilense*; *Azospirillum lipoferum*; *Azotobacter vinelandii* y *Azotobacter chroococcum*, RG= (Hongos endomi-corrícicos del género *Glomus*). Medias con diferentes letras dentro de cada columna, muestran diferencias estadísticas con la prueba Tukey ($p \leq 0.05$).

El índice de esbeltez mostró diferencias significativas ($p \leq 0.05$). El tratamiento RG (2 g L⁻¹) presentó el valor más bajo (cuadro 2), lo que indica plántulas más compactas y robustas, características asociadas con una mayor resistencia mecánica y menor susceptibilidad al estrés hídrico y al vuelco después del trasplante (Grossnickle y MacDonald, 2018). Por su parte, los tratamientos AS, NC y el testigo mostraron valores más altos y estadísticamente similares, lo que sugiere un crecimiento más alargado del tallo. En contraste, la relación parte aérea-radicular no presentó diferencias significativas ($p > 0.05$) entre tratamientos, lo que indica que la aplicación de bioinsumos no alteró el equilibrio entre el crecimiento aéreo y radicular. Este comportamiento es deseable, ya que un balance adecuado entre ambos órganos favorece la adaptación y el establecimiento de las plántulas tras el trasplante (Ritchie et al., 2010). Respecto al índice de calidad de Dickson, el testigo y los tratamientos AS y NC registraron los valores más altos, sin diferencias estadísticas entre ellos, mientras que RG presentó un valor significativamente menor. El índice de Dickson integra variables morfológicas y de biomasa, por lo que valores elevados se asocian con una mejor calidad integral de plántula y mayor potencial de supervivencia en campo. En este sentido, aunque RG favoreció una menor esbeltez, su efecto sobre la calidad global de la plántula fue inferior en comparación con AS y NC.

Conclusiones

La aplicación de bioinsumos mejoró el crecimiento inicial de las plántulas de pepino respecto al testigo. La inoculación con *Glomus* (RG, 2 g L⁻¹) promovió mayor área foliar, diámetro de tallo y peso fresco de raíz, favoreciendo plántulas más robustas. En contraste, los tratamientos con extractos de algas (AS) y bacterias (NC) mantuvieron una mejor calidad integral de plántula, de acuerdo con el índice de Dickson. Estos resultados confirman que los bioinsumos ejercen efectos diferenciados sobre la calidad de plántula, por lo que su selección debe ajustarse al objetivo productivo y a las condiciones de establecimiento del cultivo.

Referencias

- Baslam, M., Qaddoury, A., & Goicoechea, N. (2021). Role of arbuscular mycorrhizal fungi in the regulation of plant functional traits. *Journal of Plant Physiology*, 256, 153304. <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2020.153304>
- Billah, M., Khan, M., Bano, A., Nisa, S., Hussain, A., Dawar, K. M., & Munir, A. (2022). Rock phosphate-enriched compost and arbuscular mycorrhizal fungi improve plant growth and soil properties. *Sustainability*, 14(5), 2620. <https://doi.org/10.3390/su14052620>
- Bulgari, R., Trivellini, A., Ferrante, A., & Vernieri, P. (2023). Effects of seaweed extracts on plant growth and physiology. *Scientia Horticulturae*, 317, 112015. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2023.112015>
- Calvo, P., Nelson, L., & Kloepper, J. W. (2014). Agricultural uses of plant biostimulants. *Plant and Soil*, 383(1–2), 3–41. <https://doi.org/10.1007/s11104-014-2131-8>
- Cassán, F., Coniglio, A., López, G., Molina, R., Nievas, S., de Carlan, C. L. N., y Donadio, F. (2020). Everything you must know about *Azospirillum* and its impact on agriculture and beyond. *Biology and Fertility of Soils*, 56, 461–479. <https://doi.org/10.1007/s00374-020-01463-y>
- Cassán, F., et al. (2020). Everything you must know about *Azospirillum* and its impact on agriculture. *Biology and Fertility of Soils*, 56, 461–479.

- Chandrasekaran, M., et al. (2023). Mycorrhizal symbiosis for sustainable agriculture under climate change. *Journal of Fungi*, 9(2), 146.
- Dickson, A., Leaf, A. L., & Hosner, J. F. (1960). Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. *The Forestry Chronicle*, 36(1), 10–13. <https://doi.org/10.5558/tfc36010-1>
- Grossnickle, S. C., & MacDonald, J. E. (2018). Why seedlings grow: influence of plant attributes. *New Forests*, 49, 1–34. <https://doi.org/10.1007/s11056-017-9606-4>
- Rouphael, Y., y Colla, G. (2020). Biostimulants in agriculture. *Frontiers in Plant Science*, 11, 40. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00040>

Capítulo 23

Estrategias de manejo para el raleo de frutos en palma datilera (*Phoenix dactylifera* L.) en el Valle de Mexicali

*Mendoza-Gómez, Aurelia*¹

*Morales-Maza, Antonio*¹

*Beleño-Cabarcas, Mary Triny*¹

*Torres-Ramos, Ricardo*¹

*González-Ruíz, Andrés*¹

*Bazante-González, Isidro*²

*Vázquez-Esponzoa, Ana María*³

*Cáarez-Flores, Luz Llarelly*⁴

Zazueta-Torres, Norma Delia^{5*}

¹ Universidad Autónoma de Baja California, Instituto de Ciencias Agrícolas.

² Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Valle de Mexicali.

³ Facultad de Ingeniería y Negocios San Quintín.

⁴ Universidad Autónoma de Sinaloa, Facultad de Agronomía.

⁵ Tecnológico Nacional de México/ ITS Eldorado, Av. Tecnológico S/N Col. Rubén Jaramillo, CP. 80450.Eldorado, Culiacán, Sinaloa, México.

Introducción y objetivo

La palma datilera es una especie dioica; las flores masculinas y femeninas se forman en bases separadas, y para polinizar los dátiles, los granos de polen deben transferirse de la flor masculina a la femenina. La inflorescencia dioica (sexo separado) es una cubierta dura y fibrosa (espata) que protege las flores. Una palma hembra adulta produce de 15 a 25 espatas que contienen de 150 a 200 espiguillas cada una. 8000 a 10 000 flores en inflorescencia femenina e incluso más en inflorescencia masculina. Las palmas pueden crecer a más de 30 metros de altura y su vida promedio puede ser superior a los 100 años. Más de 5 000 cultivares con variantes en color, sabor, dulzura, acidez, tamaño y textura. San Luis Río Colorado, Sonora, y Mexicali, Baja California, representan el 97 % de la producción datilera en México. ¿Qué es el aborto de frutos? Posterior a la polinización, el fruto se desarrollará de uno de los tres carpelos que forman la flor femenina, donde los otros dos carpelos abortan, permitiendo que solo un carpelo desarrolle y forme el fruto. El objetivo de la presente investigación fue documentar el proceso de raleo (eliminación de frutos) que se lleva a cabo después de la polinización de la palma datilera, con la finalidad de eliminar el excedente de frutos amarrados en los racimos y asegurar la calidad y cantidad de frutos durante la cosecha.

Materiales y métodos

Durante los ciclos 2023-2025, se realizaron polinizaciones y posteriormente eliminación de frutos en plantaciones de palma datilera en el Valle de Mexicali. El raleo es una de las formas de regular o equilibrar el número de frutos y racimos por palma. El no realizar esta práctica provoca la alternancia de producción, menor tamaño de frutos y reduce la calidad comercial con mayor presencia de enfermedades de frutos. El raleo se utiliza para mejorar la calidad, aumentar el tamaño de la fruta,

reducir las enfermedades o daños de los frutos, adelantar la maduración de la fruta y facilitar el manejo del racimo. Aquellos racimos que no son raleados reducen su tamaño de forma individual de cada fruto y se incrementan los problemas por enfermedades y daño de frutos internos por exceso de frutos. El exceso de frutos hace más susceptible a rupturas de racimos por incrementar su peso; sin embargo, para evitar este problema, durante el raleo los racimos se amarran de un extremo antes de las primeras hebras y por el otro de la hoja superior más cercana, de tal forma que posteriormente permita la colocación de la bolsa datilera para proteger de plagas y fauna local.

Figura 1. Resultado de la polinización con aborto de dos carpelos y formación de un fruto de palma datilera



Figura 2. Racimo con raleo**Figura 3. Racimo sin raleo**

Resultados y discusión

Para mejorar la calidad comercial se debe tener reducción del número de frutos por espiguilla, la cual se podría lograr mediante: Polinización selectiva o reducida para controlar el número de frutos amarrados o polinizados por racimos para lograr la disminución del número de frutos cuajados de las flores. Es muy importante para alcanzar la calidad comercial realizar el raleo o desahije manual en cuanto sea posible realizarlo y respetar la relación de número de racimos en relación al número de hojas.

Después de la polinización, los frutos tienen un crecimiento acelerado, lo cual se observa con mayor tamaño y peso; es así como los racimos deben permanecer amarrados del raquis de una hoja inferior para evitar la ruptura del racimo. Esto también ayuda a reducir los daños que pueden recibir por fricción sobre la epidermis del fruto, ya que al ir creciendo los frutos muestran mayores daños y en la cosecha pueden ser clasificados en una escala inferior, y por lo tanto el precio disminuye respecto a los que no tienen daños mecánicos.

Figura 4. Raquilla (espegillas o hebras) con frutos



Figura 5. Raquilla (espiquillas o hebra) después del raleo de frutos



Figura 6. Tamaño de frutos para realizar el raleo



Figura 7. Distribución de frutos posterior al raleo



Figura 8. Palma datilera Mejhoul con raleo de racimos y frutos



El raleo de frutos y racimos se realiza en tres niveles:

- 1) Eliminación de racimos completos: Se realiza para reducir el número de racimos por palma y regular la carga de frutos, con lo cual se busca mejorar la calidad del dátil y disminuir efectos adversos que provocan la alternancia de producción.
- 2) Reducción del número de hebras o hilos por racimo. Es necesario realizar esta práctica porque el no hacerla provoca que los frutos de la parte central del racimo, a medida que madura la fruta, se dañen por compactación, además de que esto favorece la presencia de enfermedades provocadas por hongos en cosecha y postcosecha.
- 3) Reducción del número de frutos por hebra: Para la variedad Mejhoul es una práctica necesaria siempre y cuando la cantidad de frutos por racimo afecte la calidad comercial del fruto; es decir, que la eliminación de frutos tiene la finalidad de regular el espacio entre frutos de tal manera que permita el mayor crecimiento y desarrollo de cada fruto. El raleo o aclareo de frutos en las palmas datileras es una práctica cultural que consiste en la eliminación de los frutos; a medida que son más grandes, afectan de forma negativa la calidad de la fruta. Se realiza porque al polinizar puede haber exceso de frutos por racimo. La distancia entre frutos es de 2.5 a 3 cm entre frutos de forma alterna de la misma raquilla, espiguilla o hebra (que en ocasiones coloquialmente se la llama hilo), donde está insertado el fruto. El raleo se realiza de 3 a 4 semanas posteriores a la polinización o cuando el fruto alcanzó su tamaño de 0.8 a 1.3 cm de diámetro, similar a un “chícharo”, y puede ser manual, mecánico o químico. Regularmente en la región para el dátil Mejhoul es raleo manual, y los criterios pueden diferir entre productores; sin embargo, regularmente se dejan de 8 a 12 frutos por hilo en palmas adultas y de 40 a 55 hilos por racimo, que como resultado se obtiene de 320 a 660 frutos por racimo. Es decir, que se determina el número de frutos que deben estar insertados en cada raquilla o espiguilla que rodea el raquis en forma helicoidal.

Referencias

- Abdelouahhab, Z. & Abdallah, O. (2023). *La Variedad Mejhoul: La joya de los Dátiles*. Kiaai.
- Abdelouahhab, Z. & Abdallah, O. (2023). *Variedad Mejhoul: La joya de los dátiles*.
- El-Sharabasy, S. F.; Rizk, R. and El – Shirbeny, M. (2022). Egypt's climatic of the most important date palm cultivar. *Agricultural Export Council in The Arab Republic of Egypt, and The Khalifa International Awards for Date Palm and Agricultural Innovation*. 325 p.
- Food and Agriculture Organization. (2022). *Word production of dates*.
- Glenn C.W., (2016). The commercial date industry in the Unated States and México. *HortScience*, Vol. 51 (II):1333-1338.
- Hamadttu, A.F. and El-Shafie. (2022). The Old World date palm mite *Oligonychus afrasiaticus* (McGregor 1939)(Acari: Tetranychidae), a major fruit pest: biology, ecology, and management. *CABI Reviews 2022 17*, No. 020. 15 pp.
- Lira Herrera, H. (2005). Actualización del modelo geológico conceptual del campo geotérmico de Cerro Prieto, B.C., Geotermia. *Revista Mexicana de Geoenergía*, vol. 18, núm. 1, CFE/Asociación Geotérmica Mexicana, México, enero-junio de 2005, pp. 37-46.
- Morales, A. & Mendoza, A. (2025). *Producción de Palma Datilera en el noroeste de México*. Editorial. Astra
- Morales, A., Mendoza, A., Cabada, C., Núñez, F., Cervantes, L., Samaniego, B. (2023). *Paquete Tecnológico de la Palma Datilera variedad Mejhoul en el Noroeste de México*. INIFAP.
- Popenoe, O. (1973). *The date palm*. Field Research Projects.
- R Development Core Team. (2019). *A lenguaje and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing. ISBN 6-900051-07-0, URL: <https://www.r-project.org/>
- Salomón T., R.; Krueger, R.; García V. J.P.; Villa A. R.; Villa A. C.; Ortiz U. N.; Sol U. J.A.; Samaniego S. L. (2021). *Date Palm Pollen: Features, Production, Extraction and Pollination Methods*. Agronomy.
- Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural, SADER. (2022). *Producción de Dátil en el Noroeste de México*.

- Shreve, F., & Wiggins, I. (1964). *Vegetation and Flora of the Sonoran Desert*, vol. 1. Stanford University Press, Stanford, California.
- Steel, R.G. D. y J.H. Torrie. 1980. Principles and procedures of statistics. Mc. Graw-Hill, New York. p. 481
- Zaid, A. and A. Oihabi. (2022). Mejhoul variety. *The jewel of dates. Origin, distribution and international markets*. 276 p. https://www.eidpl.com/assets/img/slaksh7@gmail.com_6/books/2cf7fa6f0fc-d5a49370ccc3027fb0bf3.pdf
- Zaid, A. and P.F. de Wet. (2002a). Climatic requirements of date palm, p. 57–72. In: A. Zaid (ed.). Date palm cultivation. *Food and Agriculture Organization Plant Production and Protection Paper no. 156*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Capítulo 24

Efecto de la polinización sobre el amarre de frutos en palma datilera (*Phoenix dactylifera L.*), variedad Mejhoul, en el noroeste de México

*Contreras-Castro, Jacquelin*¹

*Morales-Maza, Antonio*²

*Cervantes-Díaz, Lourdes*¹

*González-Ruíz, Andrés*¹

*Bazante-González, Isidro*³

*Cázarez-Flores, Luz Llarelly*⁴

*Vega-Gutiérrez, Tomás Aarón*⁴

*Angulo-Castro, Azarael*⁴

*Zazueta-Torres, Norma Delia*⁵

*Rojas-Pérez, Héctor*⁵

Mendoza-Gómez, Aurelia^{1*}

**Autor para correspondencia: aurelia.mendoza@uabc.edu.mx*

¹ Universidad Autónoma de Baja California, Instituto de Ciencias Agrícolas.

² Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Valle de Mexicali.

³ Facultad de Ingeniería y Negocios San Quintín.

⁴ Universidad Autónoma de Sinaloa, Facultad de Agronomía.

⁵ Instituto Tecnológico Superior de ElDorado.

Introducción y objetivo

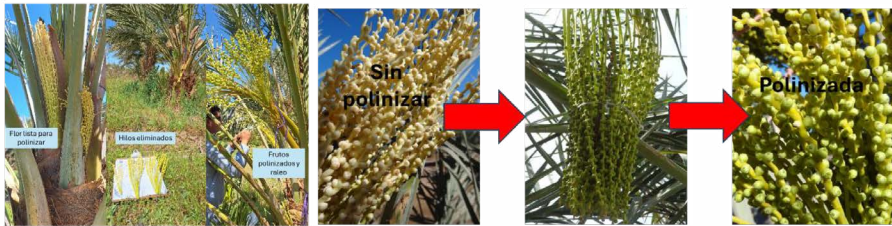
La palma datilera es una especie dioica; las flores masculinas y femeninas se forman en bases separadas, y para polinizar los dátiles, los granos de polen deben transferirse de la flor masculina a la femenina. La inflorescencia dioica (sexo separado) es una cubierta dura y fibrosa (espata) que protege las flores. Una palma hembra adulta produce de 15 a 25 espatas que contienen de 150 a 200 espiguillas cada una. 8000 a 10 000 flores en inflorescencia femenina e incluso más en inflorescencia masculina. Las palmas pueden crecer a más de 30 metros de altura y su vida promedio puede ser superior a los 100 años. Más de 5000 cultivares con variantes en color, sabor, dulzura, acidez, tamaño y textura. San Luis Río Colorado, Sonora, y Mexicali, Baja California, representan el 97 % de la producción datilera en México. ¿Qué es la polinización? Eliminación de frutos en los racimos de palmas datileras, después de haber sido polinizados; solo dejamos de 10 a 12 frutos por hilo y 50 hilos por racimo. El objetivo de la presente investigación fue determinar la dosis adecuada de polen que permita lograr un buen amarre de frutos, con el fin de reducir al máximo o incluso eliminar la práctica del raleo, la cual se realiza en las palmas después de la polinización y requiere una gran cantidad de mano de obra.

Materiales y métodos

Durante los ciclos 2023-2025, se realizaron experimentos en plantaciones de palma datilera en el Valle de Mexicali. Durante la polinización de los racimos, se utilizaron 6 concentraciones de polen mezcladas con harina de trigo y se realizó la polinización de manera manual en el lote de experimentación; después de la polinización, se observaron los racimos de las plantas polinizadas con las diferentes concentraciones de polen. Se establecieron 6 tratamientos con 5 repeticiones cada uno; las variables que se analizaron fueron: Frutos abortados después de la polinización, peso

de frutos en kg (buenos, abombados, cristalinos y de desecho), además de peso promedio del fruto en g, diámetro polar y ecuatorial del fruto medido en cm. Los resultados obtenidos se analizaron bajo el modelo lineal aditivo completamente al azar mediante el paquete estadístico de R y basándonos en la metodología de Steel and Torrie, 1962.

Figura 1. Proceso de polinización de palma datilera en el valle de Mexicali



Resultados y discusión

Figura 2. Concentraciones de polen utilizadas para la polinización de palma datilera en el valle de Mexicali



Tabla 2. Resultado de las medidas de las variables evaluadas, datos reportados en kg por racimo

Trat.	FB	FC	FA	FD	FT	PPF	DPF	DEF
1	4.781 ^a	0.153 ^a	1.747 ^a	0.097 ^a	6.778 ^a	26.74 ^a	4.62 ^a	2.42 ^a
2	5.216 ^a	0.284 ^a	2.923 ^a	0.00 ^a	8.409 ^a	26.88 ^a	4.84 ^a	2.54 ^a
3	3.913 ^a	0.572 ^a	2.412 ^a	0.00 ^a	6.898 ^a	25.48 ^a	4.66 ^a	2.56 ^a
4	4.316 ^a	0.292 ^a	2.103 ^a	0.00 ^a	6.711 ^a	24.46 ^a	4.52 ^a	2.52 ^a
5	4.618 ^a	0.298 ^a	2.206 ^a	0.584 ^a	7.698 ^a	18.78 ^a	4.24 ^a	2.68 ^a
6	4.855 ^a	0.447 ^a	1.128 ^a	0.00 ^a	6.430 ^a	23.02 ^a	4.58 ^a	2.51 ^a

En las tablas 2 y 3, se observan los resultados de las medias de los tratamientos, en donde para cantidad y calidad de fruto no se presentan diferencias significativas de acuerdo al análisis estadístico; sin embargo, en la tabla 3, respecto a la variable de aborto de frutos, observamos que existe una diferencia altamente significativa entre los tratamientos: la concentración de polen 1-20 presenta mayor número de frutos abortados y con ello se reduce la práctica de raleo. No hay diferencias entre las concentraciones de polen empleadas para el rendimiento; sin embargo, se reduce de manera considerable el empleo de mano de obra en el raleo de frutos de palma datilera. La concentración de polen utilizada durante la polinización no afecta la calidad y cantidad de frutos de dátil. Los resultados se observan en el amarre del fruto; la concentración 1-0 presenta mayor amarre de fruto, mientras que en la concentración 1-20 tenemos menos amarre de fruto y, por lo tanto, el raleo es mínimo.

Tabla 3. Resultado de la medida variable de aborto de frutos después de la polinización 2024 y 2025

Tratamiento	Concentración	Porcentaje (%) Polen – harina	Frutos Abortados 2025	Frutos Abortados 2024
1	1-20	5 - 95	510.71 ^a	520.14 ^a
2	1-15	6 - 94	422.66 ^{ab}	461.86 ^{ab}
3	1-10	9 – 91	349.29 ^b	335.12 ^b
4	1-5	17 – 83	157.11 ^c	152.11 ^c
5	1-2	33 -67	131.57^c	106.57^c
6	1-0	100 - 0	84.85 ^c	82.95 ^c

Referencias

- Abdelouahhab, Z. & Abdallah, O. (2023). *Variedad Mejhoul: La joya de los dátiles*.
- El-Sharabasy, S. F.; Rizk, R. and El – Shirbeny, M. (2022). *Egypt's climatic of the most important date palm cultivar. Agricultural Export Council in The Arab Republic of Egypt, and The Khalifa International Awards for Date Palm and Agricultural Innovation*. 325 p.
- Hamadttu, A.F. and El-Shafie. (2022). *The Old-World date palm mite Oligonychus afrasiaticus (McGregor 1939) (Acari: Tetranychidae), a major fruit pest: biology, ecology, and management*. CABI Reviews 2022 17, No. 020. 15 pp.
- Lira Herrera, H. (2005). Actualización del modelo geológico conceptual del campo geotérmico de Cerro Prieto, B.C. Geotermia. *Revista Mexicana de Geoenergía*, vol. 18, núm. 1, CFE/Asociación Geotérmica Mexicana, enero-junio de 2005, pp. 37-46.
- Morales, A. & Mendoza, A. (2025). *Producción de Palma Datilera en el noroeste de México*. Editorial Astra
- Morales, A., Mendoza, A., Cabada, C., Núñez, F., Cervantes, L., Samaniego, B. (2023). *Paquete Tecnológico de la Palma Datilera variedad Mejhoul en el Noroeste de México*. INIFAP.

- Popenoe, O. (1973). *The date palm*. Field Research Projects.
- R Development Core Team. (2019). *A lenguaje and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing. ISBN 6-900051-07-0, URL: <https://www.r-project.org/>
- Salomón T., R.; Krueger, R.; García V. J.P.; Villa A. R.; Villa A. C.; Ortiz U. N.; Sol U. J.A.; Samaniego S. L. (2021). *Date Palm Pollen: Features, Production, Extraction and Pollination Methods*. Agronomy. Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural, SADER. (2022). *Producción de Dátil en el Noroeste de México*.
- Steel, R.G. D. y J.H. Torrie. (1980). *Principles and procedures of statistics*. Mc. Graw-Hill, p. 481

Fortalecimiento y liderazgo de la mujer en las Ciencias Agropecuarias.

Se terminó de editar en abril de 2026

en los talleres de Astra Ediciones

Av. Acueducto No. 829

Colonia Santa Margarita, C. P. 45140

Zapopan, Jalisco, México.

33 38 34 82 36

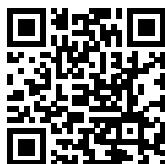
E-mail: edicion@astraeditorial.com.mx

www.astraeditorialshop.com

Este libro hablar sobre la Mujer en las ciencias Agropecuarias, nos invita a reflexionar sobre un tema que no solo es relevante, sino urgente y transformador: el fortalecimiento de la mujer en las ciencias agropecuarias.

Hablar de la mujer en este sector es hablar de historia, de lucha y de resiliencia; es hablar del legado que nos dejó y las puertas que nos abrió María Elena Jiménez Lozano, primera Mujer Agrónoma en México. Durante generaciones, las mujeres han sido pilares fundamentales en el campo: sembrando, cosechando, administrando recursos, transmitiendo conocimiento ancestral y sosteniendo comunidades enteras. Sin embargo, su contribución muchas veces ha sido invisibilizada o subvalorada.

ISBN: 979-13-88142-88-8



Consulta y descarga

