

Leandris Argentel-Martínez
Ofelda Peñuelas-Rubio
Jaime Garatuza-Payán
Editores

Investigaciones Biológicas, Agrícolas y Ambientales de México

Volumen II



Pantanal Editora

2025

Leandris Argente!-Martínez
Ofelda Peñuelas-Rubio
Jaime Garatuza-Payán
Editores

**Investigaciones Biológicas, Agrícolas
y Ambientales de México**
Volumen II



Pantanal Editora

2025

Copyright© Pantanal Editora

Editor Jefe: Dr. Alan Mario Zuffo

Editores Ejecutivos: Dr. Jorge González Aguilera y Dr. Bruno Rodrigues de Oliveira

Diseño: El editor. **Diseño y arte:** el editor. Imágenes de portada y contraportada: Canva.com. **Reseña:** Autor(es), organizador(es) y editor.

Consejo editorial

Grado académico y nombre

Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos
Profa. MSc. Adriana Flávia Neu
Profa. Dra. Albys Ferrer Dubois
Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior
Profa. MSc. Aris Verdecia Peña
Profa. Arisleidis Chapman Verdecia
Prof. Dr. Arinaldo Pereira da Silva
Prof. Dr. Bruno Gomes de Araújo
Prof. Dr. Caio Cesar Enside de Abreu
Prof. Dr. Carlos Nick
Prof. Dr. Claudio Silveira Maia
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos
Prof. Dr. Cristiano Pereira da Silva
Profa. Ma. Dayse Rodrigues dos Santos
Prof. MSc. David Chacon Alvarez
Prof. Dr. Denis Silva Nogueira
Profa. Dra. Denise Silva Nogueira
Profa. Dra. Dennyura Oliveira Galvão
Prof. Dr. Elias Rocha Gonçalves
Prof. Me. Ernane Rosa Martins
Prof. Dr. Fábio Steiner
Prof. Dr. Fabiano dos Santos Souza
Prof. Dr. Gabriel Andres Tafur Gomez
Prof. Dr. Hebert Hernán Soto Gonzáles
Prof. Dr. Hudson do Vale de Oliveira
Prof. MSc. Javier Revilla Armesto
Prof. MSc. João Camilo Sevilla
Prof. Dr. José Luis Soto Gonzales
Prof. Dr. Julio Cezar Uzinski
Prof. MSc. Lucas R. Oliveira
Prof. Dr. Luciano Façanha Marques
Profa. Dra. Keyla Christina Almeida Portela
Prof. Dr. Leandris Argentele-Martínez
Profa. MSc. Lidiene Jaqueline de Souza Costa Marchesan
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann
Prof. MSc. Marcos Pisarski Júnior
Prof. Dr. Marcos Pereira dos Santos
Prof. Dr. Mario Rodrigo Esparza Mantilla
Profa. MSc. Mary Jose Almeida Pereira
Profa. MSc. Núbia Flávia Oliveira Mendes
Profa. MSc. Nila Luciana Vilhena Madureira
Profa. Dra. Patrícia Maurer
Profa. Dra. Queila Pahim da Silva
Prof. Dr. Rafael Chapman Auty
Prof. Dr. Rafael Felipe Ratke
Prof. Dr. Raphael Reis da Silva
Prof. Dr. Renato Jaqueto Goes
Prof. Dr. Ricardo Alves de Araújo (*In Memoriam*)
Profa. Dra. Sylvana Karla da Silva de Lemos Santos
Prof. Dr. Tayronne de Almeida Rodrigues
Prof. Dr. Ugur Azizoglu
Prof. Dr. Wéverson Lima Fonseca
Prof. MSc. Wesclen Vilar Nogueira
Profa. Dra. Yilan Fung Boix
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme

Institución

OAB/PB
Mun. Faxinal Soturno e Tupanciretã
UO (Cuba)
IF SUDESTE MG
Facultad de Medicina (Cuba)
ISCM (Cuba)
UFESSPA
UEA
UNEMAT
UFV
AJES
UFGD
UEMS
IFPA
UNICENTRO
IFMT
UFMG
URCA
ISEPAM-FAETEC
IFG
UEMS
UFF
(Colômbia)
UNAM (Peru)
IFRR
UCG (México)
Rede Municipal de Niterói (RJ)
UNMSM (Peru)
UFMT
SED Mato Grosso do Sul
UEMA
IFPR
Tec-NM (México)
Consultório em Santa Maria
UFJF
UEG
FAQ
UNAM (Peru)
SEDUC/PA
IFB
IFPA
UNIPAMPA
IFB
UO (Cuba)
UFMS
UFPI
UFG
UEMA
IFB
Sec. Mun. de Educação, Cultura e Tecnologia de Araripe
Universidade Kayseri, Türkiye
UFPI
FURG
UO (Cuba)
UFT

Consejo Científico Técnico
- Esp. Joacir Mário Zuffo Júnior
- Esp. Maurício Amormino Júnior
- Lda. Rosalina Eufrausino Lustosa Zuffo

Hoja de catálogo

Catalogación en la publicación
Elaborada por Bibliotecaria Janaina Ramos – CRB-8/9166

I62

Investigaciones biológicas, agrícolas y ambientales de México - Volumen II / Organização de Leandris Argente-Martínez, Ofelda Peñuelas-Rubio, Jaime Garatuza-Payán. – Nova Xavantina-MT: Pantanal, 2025. 250p. ; il.

Libro en PDF

ISBN 978-65-85756-56-3

DOI <https://doi.org/10.46420/9786585756563>

1. Ciencia. 2. Innovación tecnológica. I. Argente-Martínez, Leandris (Organizador). II. Peñuelas-Rubio, Ofelda (Organizador). III. Garatuza-Payán, Jaime (Organizador). IV. Título.

CDD 500

Índice para catálogo sistemático

I. Ciencia



Nuestros libros electrónicos son gratuitos y se permite el acceso público, la descarga y el intercambio, pero solicitamos que se dé el debido crédito a Pantanal Editora y también a los organizadores y autores. Sin embargo, no se permite el uso de libros electrónicos con fines comerciales, salvo autorización expresa de los autores y acuerdo de Pantanal Editora.

Pantanal Editora

Rua Abaete, 83, Sala B, Centro. CEP: 78690-000.
Nova Xavantina – Mato Grosso – Brasil.
Telefone (66) 99682-4165 (Whatsapp).
<https://www.editorapantanal.com.br>
contato@editorapantanal.com.br

Prólogo

El presente libro se titula: “**Investigaciones Biológicas, Agrícolas y Ambientales de México, Volumen II**”. Ha sido conformado por un grupo de estudios experimentales y de extensión, enfocados la generación de nuevos conocimientos.

El libro está conformado por tres sesiones. La primera: “**Investigaciones biológicas**” agrupa trabajos con microorganismos promotores del desarrollo, estudio de potencial antifúngico y antagonistas de microorganismos y extractos vegetales. La segunda sesión: **Investigaciones agrícolas**” aglutina el quehacer científico para la producción de hortalizas y cereales, principalmente en condiciones experimentales de campo abierto. Estas investigaciones contribuyen a la seguridad y soberanía alimentaria nacional y a la mitigación de impactos de condiciones edafoclimáticas estresantes. La tercera sección “**Investigaciones ambientales**” confirma la importancia de cereales adaptables a condiciones climáticas desfavorables. Además otro de los trabajos aborda del uso de los manglares para la funcionalidad y estabilidad de ecosistemas costeros. En esta sección también se presenta una contribución que enfatiza en la importancia de la actividad fúngica en el saneamiento de suelos ante la presencia de metales pesados.

Se agradece a todos los autores de los respectivos capítulos, en su mayoría investigadores nacionales de la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (**SECIHTI**) adscritos a diferentes centros de Educación Superior de los Estados Unidos Mexicanos. Gracias a su quehacer científico generan productos que, en medios como este, amplían las capacidades y posibilidades de acceso universal al conocimiento. Un reconocimiento especial a los miembros del Cuerpo Académico Consolidado **ITVAYA-CA-3, del Tecnológico Nacional de México, Campus Valle del Yaqui**, por su contribución a las tres secciones aquí agrupadas.

Los autores

Resumen

Prólogo.....	4
Ciencias biológicas	7
Capítulo 1.....	8
Uso de microorganismos promotores del desarrollo del maíz (DK-4050) bajo régimen de riego deficitario controlado	8
Capítulo 2.....	20
Caracterización fitoquímica preliminar y actividad antifúngica <i>in vitro</i> de <i>Parkinsonia aculeata</i> sobre <i>Fusarium</i> del maíz	20
Capítulo 3.....	28
Efectos de <i>Enterobacter cloacae</i> y <i>Priestia megaterium</i> en la absorción de agua y germinación de de frijol	28
Capítulo 4.....	40
Caracterización Biofísica de autohidrolizados de calamar gigante (<i>Dosidicus gigas</i>) mediante dispersión de rayos X de ángulo pequeño.....	40
Capítulo 5.....	49
Evaluación de la calidad de yogur con pitaya (<i>Stenocereus thurberi</i>) elaborado con una combinación de lactobacilos	49
Capítulo 6.....	61
Extracto del wereke (<i>Ibervillea sonora</i>) como antagonista de <i>Fusarium</i> spp	61
Ciencias agrícolas	73
Capítulo 7.....	74
Optimización del cultivo de trigo cristalino mediante el uso de enmiendas (yeso agrícola) para mejorar la calidad del grano	74
Capítulo 8.....	81
Índices de vegetación derivados de imágenes digitales para el análisis de la fenología y el desarrollo del cultivo de trigo	81
Capítulo 9.....	87
Efecto de diferentes estrategias de fertilización orgánica en el crecimiento de plántulas de Chile Piquín (<i>Capsicum annuum</i> var. <i>aviculare</i>) bajo condiciones protegidas	87
Capítulo 10	97
Evaluación de híbridos de maíz cultivados en suelo en condiciones de salinidad	97
Capítulo 11	107
Efectos del QuitoMax® en la germinación de plántulas de tomate de las variedades Amalia y Claudia en condiciones semicontroladas	107
Capítulo 12	122
Tratamiento a la semilla de maíz y su efecto en la calidad fisiológica en dos condiciones de almacenamiento	122
Capítulo 13	133

Aceites esenciales y caldos minerales como tratamineto pregerminativo en semilla de maíz	133
Capítulo 14	144
Productividad de melón Zacapa con diferentes densidades de siembra en Michoacán.....	144
Ciencias ambientales	156
Capítulo 15	157
Triticale: una opción sustentable para forraje bajo condiciones agroecológicas en el sur de Sonora	157
Capítulo 16	162
Caracterización ambiental multi-hábitat de islas artificiales, para la gestión de sitios de anidación de aves acuáticas en Bahía del Tóbari, Sonora, México	162
Capítulo 17	200
Importancia del aislamiento de hongos en suelos contaminados con metales pesados para biorremediación y biotecnología ambiental	200
Capítulo 18	219
Políticas desarticuladas sobre cuencas, manglares y pesca: impactos regionales y respuestas comunitarias desde El Topón, Pijijiapan, Chiapas.....	219
Índice	248
Editores.....	249

Ciencias biológicas



Efecto de diferentes estrategias de fertilización orgánica en el crecimiento de plántulas de Chile Piquín (*Capsicum annuum* var. *aviculare*) bajo condiciones protegidas

Recibido em: 20/04/2025

Aprobado em: 01/05/2025

 10.46420/9786585756563cap9

Francisco Cadena Cadena 

Joe Luís Arias Moscoso* 

Ofelda Peñuelas-Rubio 

Leandris Argente-Martínez 

Gabriela Chávez Villalva 

Dulce Alondra Cuevas Acuña 

INTRODUCCIÓN

El chile piquín (*Capsicum annuum* L., var. *aviculare*) es una especie de gran importancia en México debido a su valor culinario, medicinal y económico (Rueda-Puente et al., 2010). En el noreste del país, se aprovecha con fines medicinales y como fuente de ingresos para la población local. Su característico sabor picante y su alto contenido de compuestos bioactivos lo convierten en un producto altamente apreciado en la gastronomía y en la industria agroalimentaria. Sin embargo, la producción de chile piquín se ha basado históricamente en la recolección de poblaciones silvestres, lo que ha llevado a una disminución de su disponibilidad debido a la presión antropogénica y a la degradación de los ecosistemas naturales donde crece (Estrada-Castillón et al., 2022). Ante este escenario, el cultivo del chile piquín en condiciones protegidas surge como una estrategia viable para garantizar su producción y conservación, ofreciendo ventajas como el control de factores ambientales, la reducción de plagas y enfermedades, y la optimización del uso de insumos agrícolas (Rodríguez-Dimas et al., 2007). No obstante, su presencia en el entorno natural se ha visto afectada drásticamente en los últimos años debido a la intervención humana y el manejo ineficiente de los recursos naturales (El-Mogy et al., 2020).

Uno de los principales desafíos en la producción de chile piquín bajo condiciones protegidas es el manejo adecuado de la fertilización, dado que la nutrición vegetal influye directamente en el rendimiento y calidad del cultivo (Sillo et al., 2023). Tradicionalmente, los sistemas agrícolas han dependido del uso de fertilizantes sintéticos para suplir los requerimientos nutricionales de las plantas (Mares-Quinones et al., 2019). Sin embargo, el uso indiscriminado de estos productos ha generado problemas ambientales como la degradación del suelo, la contaminación de cuerpos de agua y la pérdida de biodiversidad microbiana (Martínez-Dalmau et al., 2021). Además, el alto costo de los fertilizantes

* Autor correspondiente: jarias.moscoso@itvy.edu.mx

químicos representa una limitante para pequeños productores que buscan alternativas más sostenibles y accesibles (Aguilar Carpio et al., 2022).

El uso de fertilización orgánica en el cultivo de chile piquín bajo condiciones protegidas no solo representa una alternativa viable desde el punto de vista agronómico, sino que también responde a una creciente demanda del mercado por productos más saludables y libres de residuos químicos. La incorporación de composta (CO) o gallinaza (estiercol de gallina) (GA) en suelos ha demostrado mejorar el desarrollo y rendimiento de diversas hortalizas, como el tomate (Gutiérrez-Miceli et al., 2007), la lechuga (Steffen et al., 2010) el pimiento (Arancon et al., 2004) y tubérculos como la papa (Gelaye, 2023). Tanto el CO como el GA liberan gradualmente minerales esenciales, facilitando su absorción por las plantas conforme lo requieren (Hidalgo et al., 2022). Su combinación con materiales inertes, como la arena, mejora las propiedades físicas y químicas del sustrato, reduciendo el riesgo de hipoxia. Además, estos abonos pueden proporcionar los nutrientes esenciales a cultivos hortícolas en invernadero durante las primeras semanas posteriores al trasplante (Márquez-Hernández et al., 2006). Sin embargo, después de ese periodo, es común observar deficiencias de nitrógeno (N), debido a su lenta mineralización en estos materiales (Castellanos et al., 2009; Rodríguez-Dimas et al., 2007). El uso de fertilización orgánica en el cultivo de chile piquín bajo condiciones protegidas no solo representa una alternativa viable desde el punto de vista agronómico, sino que también responde a una creciente demanda del mercado por productos más saludables y libres de residuos químicos (Márquez-Quiroz et al., 2013). El presente estudio tiene como objetivo evaluar la influencia de distintos tipos de fertilización orgánica en el crecimiento y germinación de chile piquín bajo condiciones protegidas. Los resultados de esta investigación contribuirán al desarrollo de estrategias de manejo sustentable para este cultivo.

MATERIAL Y MÉTODOS

Ubicación y condiciones del invernadero

El estudio se llevó a cabo durante el ciclo agrícola otoño-invierno 2021-2022 en el Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Valle de Yaqui en el estado Sonora, México (latitud 27° 24' 50.24" N, longitud 110° 7' 56.388"). Durante el experimento, la temperatura interna varió entre 17.4 y 36.9 °C, mientras que la humedad relativa fluctuó entre 20 % y 79 %.

Diseño experimental

El estudio se llevó a cabo bajo un esquema de diseño completamente aleatorio. Se utilizó un ecotipo de chile piquín del Noroeste de México, que mostró características destacadas en términos de germinación y producción. Cada unidad experimental consistió en una maceta con una sola planta, realizándose ocho repeticiones por tratamiento.

Tratamientos de fertilización

Se evaluaron cuatro estrategias de fertilización:

- **F1:** Arena combinada con gallinaza en proporción 1:1 (v:v)
- **F2 (Testigo):** Arena con solución nutritiva inorgánica
- **F3:** Arena, compost y gallinaza en proporción 2:1:1 (v:v)
- **F4:** Mezcla de arena y composta en proporción 1:1 (v:v)

Siembra y trasplante

La siembra se realizó el 10 de septiembre de 2022 en charolas germinadoras de 200 cavidades, utilizando musgo (Premier®) como sustrato. El trasplante tuvo lugar el 19 de noviembre de 2022 en bolsas de 208 litros, cada una rellena con 30 kg del sustrato correspondiente al tratamiento asignado. Se estableció una densidad de población de cuatro macetas por metro cuadrado.

Preparación de sustratos

La arena utilizada en las mezclas fue desinfectada previamente con una solución de agua y cloro al 5 %. El compost y la gallinaza empleados fueron de origen comercial, mientras que la solución nutritiva se preparó en el laboratorio de suelos del Instituto Tecnológico del Valle del Yaqui.

Composición química de los tratamientos

Las propiedades químicas y la composición nutrimental de cada tratamiento a lo largo del ciclo de producción se presentan en la Tabla 1. En el caso del tratamiento F1, la solución nutritiva aplicada siguió la recomendación establecida por Castellanos y Ojodeagua (2009).

Tabla 1. Características químicas de los fertilizantes utilizados la fertilización de Chile piquín.

	N	P	K	Ca	Mg	Na	Fe	Zn	Mn	pH	CE
Muestra	(g kg ⁻¹)			(mg kg ⁻¹)			(dS m ⁻¹)				
F1	22.7	10.3	35.7	88.6	0.75	5.6	5331	216	197	8	6.7
F2	34	30.2	20.3	61.8	8.3	5.3	0.3	365	412	6.5	2.9
F3	20.5	7.6	79.8	8.2	7.3	-	0.54	320	-	6.9	-
F4	150	31	210	90	0.25	5.1	-	0.13	24	-	-

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El crecimiento y rendimiento del chile piquín (*Capsicum annuum* var. *aviculare*) están fuertemente influenciados por la disponibilidad de nutrientes esenciales y las condiciones del medio. En el presente

estudio, se evaluó la respuesta del cultivo ante cuatro tipos de tratamientos de fertilización, observándose notables diferencias en el desarrollo de las plantas a lo largo de diez semanas, las cuales pueden explicarse a partir del análisis nutrimental de cada tratamiento. La Figura 1 muestra de manera clara el incremento progresivo en la altura de las plantas desde la semana 1 hasta la semana 9. Los tratamientos F1 y F3 fueron los que promovieron el mayor crecimiento, con valores cercanos o superiores a los 30 cm, mientras que F2 alcanzó un crecimiento intermedio y F4 mostró un desarrollo más limitado.

En el caso de F1, se observa una composición química que favorece el desarrollo vegetal: $22.7 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ de nitrógeno, $35.7 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ de potasio, $88.6 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ de calcio y $0.75 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ de magnesio, además de niveles adecuados de micronutrientes como hierro ($5331 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$), zinc ($216 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) y manganeso ($197 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$). Estos elementos desempeñan funciones clave en procesos fisiológicos como la fotosíntesis, la síntesis de clorofila, la elongación celular y el metabolismo enzimático (Arancon et al., 2010; Edwards et al., 2010).

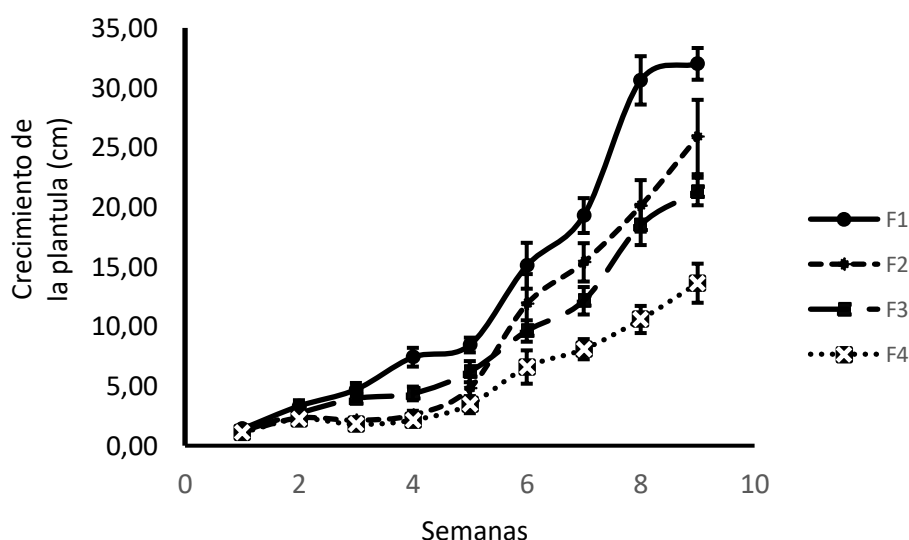


Figura 1. Efecto de diferentes tratamientos de fertilización en el crecimiento en altura de plántulas de chile piquín a lo largo de nueve semanas.

Por otro lado, F3 presentó concentraciones elevadas de potasio ($79.8 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$) y magnesio ($7.3 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$), así como un contenido aceptable de hierro ($540 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) y zinc ($302 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$). Estos valores también explican el buen comportamiento observado en esta alternativa de fertilización, ya que tanto el potasio como el magnesio son fundamentales para la regulación osmótica y el transporte de fotosintatos, así como para la activación de enzimas esenciales en el metabolismo vegetal (Atiyeh et al., 2000).

El tratamiento F2, si bien registró una elevada concentración de nitrógeno ($34.0 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$), presentó un contenido relativamente bajo de calcio ($61.8 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$) y magnesio ($8.3 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$), además de una conductividad eléctrica (CE) de apenas $2.9 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$. Estos factores podrían haber limitado la

disponibilidad real de nutrientes, a pesar de su presencia cuantitativa, lo que podría explicar el menor crecimiento de las plantas en comparación con F1 y F3. Por su parte, F4 mostró valores extremos en algunos nutrientes, como $150.0 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ de nitrógeno y $210.0 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ de potasio, así como un contenido elevado de calcio ($90.0 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$). No obstante, su rendimiento en crecimiento fue el más bajo. Este fenómeno podría estar relacionado con la toxicidad por exceso de sales o nutrientes, especialmente si la conductividad eléctrica fue elevada, lo cual puede generar estrés osmótico en las raíces y afectar la absorción de agua y minerales. Asimismo, el bajo contenido de micronutrientes como hierro ($0.13 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) y manganeso ($24.0 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) en F4 puede haber limitado procesos metabólicos fundamentales como la respiración celular y la síntesis de proteínas (García Martínez et al., 2002).

En cuanto al rendimiento del cultivo, los resultados muestran que no hubo diferencias estadísticamente significativas ($P \leq 0.05$) entre tratamientos en términos de longitud, número de frutos, peso promedio y rendimiento total. Sin embargo, se logró mantener una producción aceptable incluso con fertilizantes orgánicos, lo cual es importante desde el punto de vista de la sustentabilidad agrícola. En promedio, las plantas produjeron 405.67 frutos, con un peso individual de 0.59 g y un rendimiento de 4.20 t ha^{-1} (Figura 3). Este valor supera el rendimiento reportado en campo abierto (Márquez-Quiroz et al., 2013; Rodríguez et al., 2004), quienes obtuvieron 0.98 t ha^{-1} , lo que representa un incremento del 298.98 %.

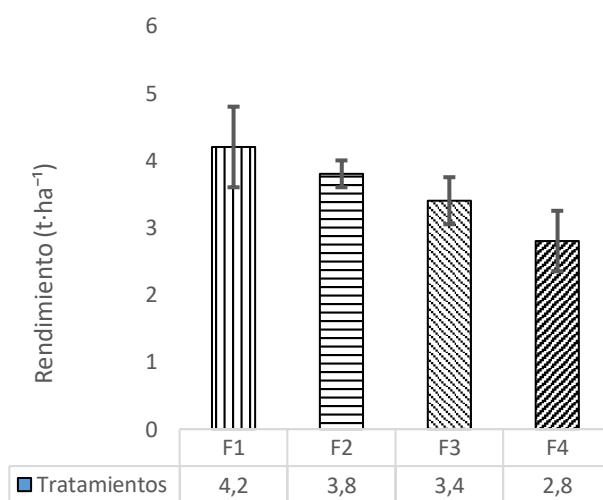


Figura 2. Rendimiento de plántulas de chile piquín bajo diferentes mezclas de sustratos

Si bien el tratamiento F2 (fertilización convencional) fue uno de los más productivos, es importante destacar que su uso no está permitido bajo las normas de agricultura orgánica. Este hecho plantea un reto para la producción sustentable, ya que los tratamientos orgánicos deben optimizarse para alcanzar rendimientos comparables a los de la agricultura convencional. Se ha mencionado que los sistemas orgánicos pueden presentar una reducción del 10 al 30 % en comparación con los convencionales (Seufert et al., 2012), aunque este descenso puede compensarse con el mayor valor de

mercado que alcanzan los productos orgánicos, especialmente en el caso del chile piquín seco, cuyo precio es hasta diez veces superior al del producto fresco (Villalon-Mendoza et al., 2014; Villalon-Mendoza et al., 2015).

El análisis estadístico revela que no existen diferencias significativas entre los tratamientos F1, F2 y F3, ni entre F3 y F4. A simple vista, el tratamiento F1 muestra el mayor rendimiento con un valor promedio de 4.2 toneladas por hectárea. Sin embargo, al realizar la comparación de medias por Tukey se observa la ausencia de diferencias significativas. Por lo tanto, aunque F1 tiene el valor promedio más alto, es similar a los demás tratamientos. Por otra parte, aunque el tratamiento F4 presenta el rendimiento más bajo, el análisis estadístico indica que no se diferencia significativamente de F3, lo que evidencia que la caída en rendimiento de F3 a F4 no es concluyente desde el punto de vista estadístico. Sin embargo, sí se detecta una separación clara entre el grupo F1-F2-F3 y F4, ya que F4 no se diferencia de F3, pero sí de F1 y F2, lo que permite clasificar los tratamientos en dos bloques de desempeño.

Por otro lado, la densidad de raíces finas resultó ser mayor bajo el tratamiento que empleó fertilizante orgánico. Este resultado es similar al reportado para el crecimiento radicular de pejíbaye (*Bactris gasipaes* K.), quien reportó una densidad radicular 3.97 veces mayor en palmas tratadas con fertilizante orgánico en comparación con fertilización química o combinada (Chaimsohn et al., 2007). Esta tendencia también se refleja en las plántulas de chile piquín evaluadas en el presente estudio, ya que el crecimiento radicular fue mayor en presencia del tratamiento F1 y F3 en comparación con los tratamientos F2 y F4. Los tratamientos F1 y F3 fueron los que promovieron un sistema radicular más desarrollado, evidenciado por una mayor cantidad de raíces finas. Este patrón puede explicarse no solamente por la presencia de nutrientes esenciales, sino también por el equilibrio de estos elementos, su forma disponible y la sinergia que generan en la rizosfera (Zhang et al., 2022).

La superioridad de F1 y F3 en cuanto al desarrollo de raíces finas sugiere que estos tratamientos proporcionaron un entorno más favorable para el crecimiento subterráneo, en comparación con F2 y F4. Esta diferencia no parece deberse a la cantidad absoluta de nutrientes, ya que, como es bien conocido, la nutrición vegetal no depende únicamente de la concentración de elementos, sino de su biodisponibilidad y proporciones balanceadas (Frossard et al., 2000). En el caso de F1, su formulación podría haber facilitado un entorno más estable para la elongación de raíces finas, posiblemente por un pH moderado y una adecuada relación entre macronutrientes primarios y secundarios (Fairweather-Tait et al., 1996). En F3, el comportamiento observado sugiere un efecto positivo relacionado con la disponibilidad de potasio y la acción sinérgica de micronutrientes que podrían haber estimulado el crecimiento radicular (Sustr et al., 2019). En cambio, los tratamientos F2 y F4 mostraron una menor respuesta en términos de densidad radicular. En el caso de F2, si bien presentaba niveles elevados de algunos nutrientes, el efecto no fue proporcional en cuanto al desarrollo de raíces finas. Esto podría deberse a un desbalance nutricional o incluso a la presencia de elementos en formas poco disponibles para la planta (Karthika et al., 2018).

Además, un exceso relativo de algunos nutrientes puede interferir en la absorción de otros, generando bloqueos o antagonismos fisiológicos que limitan el crecimiento subterráneo (Fageria, 2001).

Por su parte, el bajo rendimiento radicular de F4 podría estar asociado a una formulación con características fisicoquímicas menos favorables para la rizogénesis, como una posible salinidad elevada o una relación desequilibrada entre nutrientes esenciales (Gallegos-Cedillo et al. 2021). Factores como la conductividad eléctrica del sustrato y la acumulación de sales pueden afectar negativamente el desarrollo de raíces finas al generar estrés osmótico, restringiendo la absorción eficiente de agua y nutrientes (Franco et al., 2011). Resultados similares se obtuvieron para el crecimiento de chile piquín silvestre (*Capsicum annuum* L. var. *glabriusculum*) del noreste de México. En este estudio se encontró que el uso de fertilizante orgánico promueve de manera significativa el desarrollo del sistema radical, posiblemente debido a la liberación paulatina de nutrientes, la mejora de la estructura del sustrato y el estímulo a la actividad microbiana beneficiosa. La fertilización mineral también favorece el desarrollo radicular, aunque en menor medida que el abono orgánico, probablemente por su alta disponibilidad inmediata de nutrientes esenciales, sin necesariamente mejorar la estructura física del suelo. En contraste con el tratamiento sin fertilización el cual tuvo la menor densidad de raíces finas (Garza-López et al., 2022).

Entre los tratamientos orgánicos, F2 y F3 destacaron por su eficiencia, lo cual concuerda con el estímulo de la actividad microbiana en el suelo, lo que mejora la disponibilidad de nutrientes y la salud radicular. Una nutrición balanceada, con una adecuada proporción de macro y micronutrientes, es fundamental para maximizar el crecimiento y rendimiento del chile piquín. Aunque los fertilizantes convencionales como los empleados en F1 siguen siendo los más efectivos en términos de rendimiento, los tratamientos orgánicos evaluados (particularmente F1 y F3) ofrecen resultados prometedores, demostrando que es posible alcanzar una producción sostenible y económicamente viable si se mejora la formulación de los fertilizantes orgánicos utilizados (Márquez-Quiroz et al., 2013).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar Carpio, C., Arriaga Rubio, L. M., Cervantes Adame, Y. F., Arenas-Julio, Y. R., & Escalante-Estrada, J. A. S. (2022). Rentabilidad y producción del maíz VS-535 en respuesta a la fertilización química y biológica. *Acta universitaria*, 32.
- Arancon, N., Edwards, C. A., Webster, K. A., & Buckerfield, J. C. (2010). The potential of vermicomposts as plant growth media for greenhouse crop production. *Vermiculture technology: earthworms, organic wastes, and environmental management*. CRC, Boca Raton, 103-128.
- Arancon, N. Q., Edwards, C. A., Bierman, P., Welch, C., & Metzger, J. D. (2004). Influences of vermicomposts on field strawberries: 1. Effects on growth and yields. *Bioresource Technology*, 93(2), 145-153.

- Atiyeh, R. M., Arancon, N., Edwards, C. A., & Metzger, J. D. (2000). Influence of earthworm-processed pig manure on the growth and yield of greenhouse tomatoes. *Bioresource Technology*, 75(3), 175-180.
- Castellanos, J. Z., & Ojodeagua, J. L. (2009). Formulación de la solución nutritiva. Manual de producción de tomate en invernadero. Intagri, SC Celaya, Gto., México, 131-156.
- Chaimsohn, F. P., Villalobos, E., & Mora-Urpí, J. (2007). El fertilizante orgánico incrementa la producción de raíces en pejíbaya (*Bactris gasipaes* K.). *Agronomía Costarricense*.
- Edwards, C. A., Askar, A., Vasko-Bennett, M., & Arancon, N. (2010). The use and effects of aqueous extracts from vermicompost or teas on plant growth and yields. *Vermiculture Technology. Earthworms, Organic Wastes, and Environmental Management*. EDWARDS, CA, 235-248.
- El-Mogy, M. M., Abdelaziz, S. M., Mahmoud, A. W. M., Elsayed, T. R., Abdel-Kader, N. H., & Mohamed, M. I. A. (2020). Comparative effects of different organic and inorganic fertilisers on soil fertility, plant growth, soil microbial community, and storage ability of lettuce. *Agriculture*, 66(3), 87-107.
- Estrada-Castillón, E., Villarreal-Quintanilla, J. Á., Cuéllar-Rodríguez, L. G., March-Salas, M., Encina-Domínguez, J. A., Himmeslbach, W., . . . Scott-Morales, L. M. (2022). Ethnobotany in Iturbide, Nuevo León: the traditional knowledge on plants used in the semiarid mountains of Northeastern Mexico. *Sustainability*, 14(19), 12751.
- Fageria, V. D. (2001). Nutrient interactions in crop plants. *Journal of plant nutrition*, 24(8), 1269-1290.
- Fairweather-Tait, S., & Hurrell, R. F. (1996). Bioavailability of minerals and trace elements: Members of EC flair concerted action no. 10: Measurements of micronutrient absorption and status. *Nutrition Research Reviews*, 9(1), 295-324.
- Franco, J. A., Bañón, S., Vicente, M. J., Miralles, J., & Martínez-Sánchez, J. J. (2011). Root development in horticultural plants grown under abiotic stress conditions—a review. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 86(6), 543-556.
- Frossard, E., Bucher, M., Mächler, F., Mozafar, A., & Hurrell, R. (2000). Potential for increasing the content and bioavailability of Fe, Zn and Ca in plants for human nutrition. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 80(7), 861-879.
- Gallegos-Cedillo, V. M., Diáñez, F., Nájera, C., & Santos, M. (2021). Plant agronomic features can predict quality and field performance: a bibliometric analysis. *Agronomy*, 11(11), 2305.
- Garcia Martinez, I., Cruz Sosa, F., LarqueSaavedra, A., & Soto Hernández, M. (2002). Extraction of auxin-like substances from compost.
- Garza-López, E., Olivo, A. M., Avalos, J. G. M., & Ramírez-Meráz, M. (2022). Testing Organic Fertilizers to Improve Seedlings Quality of Wild “Piquin” Chilli Pepper (*Capsicum annuum* L. var. *glabriusculum*) from Northeastern Mexico. *Open Access Library Journal*, 9(4), 1-9.
- Gelaye, Y. (2023). Effect of combined application of organic manure and nitrogen fertilizer rates on yield and yield components of potato: A review. *Cogent food & agriculture*, 9(1), 2217603.

- Gutiérrez-Miceli, F. A., Santiago-Borraz, J., Molina, J. A. M., Nafate, C. C., Abud-Archila, M., Llaven, M. A. O., . . . Dendooven, L. (2007). Vermicompost as a soil supplement to improve growth, yield and fruit quality of tomato (*Lycopersicum esculentum*). *Bioresource Technology*, 98(15), 2781-2786.
- Hidalgo, D., Corona, F., & Martín-Marroquín, J. M. (2022). Manure biostabilization by effective microorganisms as a way to improve its agronomic value. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 12(10), 4649-4664.
- Karthika, K. S., Rashmi, I., & Parvathi, M. S. (2018). Biological functions, uptake and transport of essential nutrients in relation to plant growth. *Plant nutrients and abiotic stress tolerance*, 1-49.
- Mares-Quinones, M. D., & Valiente-Banuet, J. I. (2019). Horticultural aspects for the cultivated production of piquin peppers (*Capsicum annuum* L. var. *glabriusculum*)—a review. *HortScience*, 54(1), 70-75.
- Márquez-Hernández, C., Cano-Ríos, P., Chew-Madinaveitia, Y. I., Moreno-Reséndez, A., & Rodríguez-Dimas, N. (2006). Sustratos en la producción orgánica de tomate cherry bajo invernadero. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 12(2), 183-188.
- Márquez-Quiroz, C., López-Espinosa, S. T., Cano-Ríos, P., & Moreno-Reséndez, A. (2013). Fertilización orgánica: una alternativa para la producción de chile Piquín bajo condiciones protegidas. *Revista Chapingo. Serie horticultura*, 19(3), 279-286.
- Martínez-Dalmau, J., Berbel, J., & Ordóñez-Fernández, R. (2021). Nitrogen fertilization. A review of the risks associated with the inefficiency of its use and policy responses. *Sustainability*, 13(10), 5625.
- Rodríguez-Dimas, N., Cano-Ríos, P., Favela-Chávez, E., Figueroa-Viramontes, U., De Paul-Álvarez, V., Palomo-Gil, A., . . . Moreno-Reséndez, A. (2007). Vermicomposta como alternativa orgánica en la producción de tomate en invernadero. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 13(2), 185-192.
- Rodríguez B, L. A., Ramírez M, M., & Pozo C, O. (2004). Tecnología de Producción de Chile Piquín en el Noreste de México. Campo Experimental Rio Bravo. Folleto Técnico Núm. 29. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias-Centro de Investigación Regional del Noreste. Tamaulipas, México. 33 p. In.
- Rueda-Puente, E. O., Murillo-Amador, B., Castellanos-Cervantes, T., García-Hernández, J. L., Tarazon-Herrera, M. A., Medina, S. M., & Barrera, L. E. G. (2010). Effects of plant growth promoting bacteria and mycorrhizal on *Capsicum annuum* L. var. *aviculare* ([Dierbach] D'Arcy and Eshbaugh) germination under stressing abiotic conditions. *Plant Physiology and Biochemistry*, 48(8), 724-730.
- Seufert, V., Ramankutty, N., & Foley, J. A. (2012). Comparing the yields of organic and conventional agriculture. *Nature*, 485(7397), 229-232.
- Sillo, E. E. C., Montufar, G. H. V., Bermeo, M. d. R. R., & Coronel, A. L. E. (2023). Use of organic fertilizers in the production of *Capsicum annuum* L. in the western mountain range of the Andes. *Centrosur Agraria*, 1(19).

- Steffen, G. P. K., Antonioli, Z. I., Steffen, R. B., & Machado, R. G. (2010). Casca de arroz e esterco bovino como substratos para a multiplicação de minhocas e produção de mudas de tomate e alface. *Acta zoológica mexicana*, 26(SPE2), 333-343.
- Sustr, M., Soukup, A., & Tylova, E. (2019). Potassium in root growth and development. *Plants*, 8(10), 435.
- Villalon-Mendoza, H., Medina-Martinez, T., Ramirez-Meraz, M., Urbina, S. E. S., & Maiti, R. (2014). Factors influencing the price of chile piquin wild chili (*Capsicum annuum* L. var. *glabriusculum*) of north-east Mexico. *International Journal of Bio-resource and Stress Management*, 5(1), 128-131.
- Villalon-Mendoza, H., Ramirez-Meraz, M., Ocanas, F. G., Maiti, R. K., & de Jesus Luna-Ruiz, J. (2015). Sustainable Management of Wild Chili (*Capsicum annuum* L. var. *glabriusculum*) as an Alternative from Production to the Northeast of Mexico. *International Journal of Bio-resource and Stress Management*, 6(2), 261-267.
- Zhang, X., Hu, Z., Pan, H., Bai, Y., Hu, Y., & Jin, S. (2022). Effects of rare earth elements on bacteria in rhizosphere, root, phyllosphere and leaf of soil–rice ecosystem. *Scientific Reports*, 12(1), 2089.

Índice

A

adaptabilidad, 158
aislamiento, 203, 205, 207

B

bicentenario, 156, 159, 160
biophysical, 40

C

cajas Bruce, 148, 151
calidad, 74, 75, 76, 78
canela, 137
capsicum annuum var. *aviculare*, 86, 88
cepas, 64, 65, 67, 68, 69

D

densidad poblacional, 150
Dosidicus gigas, 40, 41, 44, 46

E

Enterobacter cloacae, 9
extractos vegetales, 62, 69

F

fitopatología, 64
flavonoides, 21, 23
forraje
 seco, 157, 158, 159
 verde, 157, 158, 159, 160

H

híbridos, 97

I

imágenes digitales, 82
índice
 de verdor, 84
 vegetativo, 81
 de vegetación, 80
inhibición del crecimiento, 64, 66, 67
interacción, 160

M

melón, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 151
micronutrientes, 75, 76

N

NDVI, 108, 113, 114, 116, 117

Q

Quitano, 111, 113

R

rendimiento, 144, 150, 151
 de biomasa, 11, 15

S

sensorial, 52, 57
silicosulfocálcico, 137
sulfocálcico, 137

T

Thiamethoxam, 122, 123, 126
tratamiento químico, 122, 127
trigo, 81
 cristalino, 74

V

Valle del Yaqui, 97
vigor de plántula, 123

X

X-ray, 40, 41, 43, 45

Y

yeso agrícola, 74, 75, 76, 78
yogurt, 51

Z

zea mays, 19, 121
zigzag, 145, 146, 147, 150, 151
zinc, 137

Editores



Leandris Argentele-Martínez

Profesor e Investigador Titular "C" del Tecnológico Nacional de México, Campus Valle del Yaqui (ITVY). Miembro del Sistema Nacional de investigadoras e Investigadores del SECIHTI, Nivel 1. Profesor Perfil Deseable (PRODEP) de la Secretaría de Educación Pública de México, Líder del Cuerpo Académico consolidado ITVAYA-CA-3. Líneas de investigación: Fisiología Vegetal, Bioquímica, Biología Celular y Molecular en plantas y microorganismos. Doctorado en Ciencias Biotecnológicas. Desarrollo de investigaciones sobre mecanismos fisiológicos, rutas anapleróticas y mecanismos moleculares activados por los organismos durante su adaptación estreses abióticos. Uso de marcadores moleculares de tolerancia de los organismos al estrés abiótico (salinidad, sequía y calor). Manejo de técnicas de isótopos estables para el

seguimiento de reacciones bioquímicas en células y tejidos. Aplicación de técnicas experimentales univariadas y multivariadas para el procesamiento de datos. Entre sus principales proyectos, se encuentra vigente en 2022 “Aplicaciones del microbioma y el metaboloma de la *Parkinsonia aculeata* L. Sp. Pl. para la mitigación de estreses biótico y abiótico en el semidesierto y en especies de interés agrícola en México” correo electrónico para contacto: oleinismora@gmail.com



Ofelda Peñuelas Rubio

Profesor e Investigador Titular "C" del Tecnológico Nacional de México, Campus Valle del Yaqui (ITVY). Miembro del Sistema Nacional de investigadoras e Investigadores del SECIHTI, Nivel 1. Profesora con Perfil Deseable (PRODEP) de la Secretaría de Educación Pública de México, miembro del Cuerpo Académico consolidado ITVAYA-CA-3. México. Realizó dos estancias posdoctorales (Enero 2016 - Diciembre 2017) dentro del programa de Estancias Nacionales de CONACYT en el Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional unidad Sinaloa del Instituto Politécnico Nacional en el área de Ecología Molecular de la Rizósfera. Es Doctora en Ciencias especialidad

en Biotecnología. Su quehacer científico lo desarrolla en el área agrícola, principalmente en el manejo sustentable de los recursos implicados en los agroecosistemas y el aprovechamiento de la microbiota del suelo. Ha participado en colaboración con distintos grupos de investigación lo que le ha permitido participar en proyectos multidisciplinarios y en publicaciones científicas. Email para contacto: ofeperub@gmail.com



 Jaime Garatuza-Payán

Profesor e Investigador “C” del Instituto Tecnológico de Sonora (ITSON). Departamento de Ciencias del Agua y del Medio Ambiente. Miembro del sistema Nacional de Investigadoras e Investigadores del SECIHTI Nivel 2. Profesor perfil deseable (PROMEP). Miembro del cuerpo académico consolidado “Ciencias del Agua”. Miembro del Comité Científico del Programa Mexicano del Carbono (PMC). Miembro de la Academia Mexicana de Ciencias. Profesor-Investigador distinguido en el Instituto Tecnológico de Sonora. Entre sus principales

expertices se encuentran las líneas de investigación y generación del conocimiento: Biotecnología en sistema de producción agrícola, manejo de cuencas, hidrometeorología y cambio climático. Cuenta con más de 100 publicaciones científicas en revistas de alto factor de impacto. Email para contacto: jaime.garatuza@itson.edu.mx



Pantanal Editora

Rua Abaete, 83, Sala B, Centro. CEP: 78690-000

Nova Xavantina – Mato Grosso – Brasil

Telefone (66) 9608-6133 (Whatsapp)

<https://www.editorapantanal.com.br>

contato@editorapantanal.com.br



9786585756563

