

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. Leandro Argentel-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 Garatuzo-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. Garatuzo-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



Extracto del wereke (*Ibervillea sonora*) como antagonista de *Fusarium* spp.

Recibido en: 29/04/2025

Aprobado en: 14/05/2025

 10.46420/9786585756563cap6

Rodolfo Montes-Rentería 

Alba Rocío Ochoa-Meza* 

Francisco Guadalupe Bojórquez-Corral 

Julio César García Urías 

INTRODUCCIÓN

El género de hongos *Fusarium* es responsable de múltiples enfermedades en la agricultura, provocando pérdidas económicas y disminuyendo la producción, tanto en campo abierto como en ambientes controlados, siendo el monocultivo y la intensidad en el sistema de producción los factores que magnifican el impacto de la enfermedad (Payán et al., 2024). Los síntomas observados en la planta van desde la marchitez en la parte aérea hasta la pudrición de raíces (Beltrán et al., 2023).

La literatura no refiere condiciones ambientales que limiten el desarrollo de este género de patógenos en las zonas agrícolas, por lo que se considera como alto riesgo (Ortega, 2024). Especies como *F. oxysporum* y *F. solani* se han reportado como los principales agentes causales de enfermedades en las plantas, junto a géneros como *Phytophthora*, *Rhizoctonia* y *Phytium*, señalados como complejo fitopatogénico, que en condiciones favorables causan enfermedades y provocan pérdidas económicas, afectando desde un 60% hasta un 100% de la producción agrícola cuando hay presencia de estos hongos en el sustrato.

En México, el hongo *Fusarium* reduce la productividad agrícola y tiene un efecto significativo en la seguridad alimentaria, ya que algunas especies de este, por ejemplo, *Fusarium oxysporum* es responsable de pérdidas en cultivos de tomate, trigo, maíz, frijol, fresa, chícharos, pepino, papaya, papa y plantas ornamentales (Ríos-Hernández et al., 2021).

La amplia variedad de cultivos en que el hongo *Fusarium* se desarrolla supone un reto transcendental cuando se intenta el control o la erradicación del patógeno por los agricultores, puesto que las estructuras de reproducción (y de sobrevivencia) se adaptan a las condiciones encontradas en el suelo, en las raíces y en la parte vegetativa (Izquierdo-García et al., 2024). El complejo de hongos del género *Fusarium* ocasiona enfermedades caracterizadas por marchitez, tizones, pudriciones en cultivos ornamentales y forestales en ecosistemas agrícolas y naturales. El hongo puede sobrevivir en el suelo como micelio o como esporas en ausencia de sus anfitriones, y si se encuentra cerca una planta hospedera.

* Autor correspondiente: aochoa.meza@itvy.edu.mx

La infección puede iniciar en las raíces, o bien, en partes de la planta por encima del suelo (Soto et al., 2020).

El control químico del hongo *Fusarium* hasta principios del Siglo XXI, era el método preferido por los productores para mitigar los efectos de la presencia del hongo; sin embargo, las consecuencias ambientales y en la salud de las personas, provocados por los agroquímicos, han promovido el análisis de nuevas estrategias para el manejo de este patógeno (Civieta-Bermejo et al., 2021).

Los extractos vegetales constituyen esa alternativa puesta a prueba para contrarrestar el efecto de agentes causales de enfermedades de interés agrícola. Se han elegido los extractos vegetales por su origen natural, por ser de costo accesible, por su facilidad para obtenerlo y por su limitada posibilidad para contaminar el ambiente y afectar la salud de las personas (Quintero-Rodríguez et al., 2024).

Además, a pesar de que el uso de compuestos naturales presenta un espectro de toxicidad más estrecho y tienen un impacto ambiental menor, estos compuestos, son fácilmente degradados por vías enzimáticas, reduciendo el impacto ambiental a largo plazo (Cazco, 2023). Esto se ha pensado que funcione puesto que en la agricultura los primeros agentes para el control de plagas y enfermedades fueron polvos o extractos de plantas utilizados antes del surgimiento de los compuestos orgánicos e inorgánicos sintéticos en la primera mitad del siglo XX (Zelaya-Molina et al., 2022).

Una planta que ha sido estudiada en el desierto sonorense como agente para el control de algunas enfermedades bacterianas, principalmente, es el wereke (*Ibervillea sonora*). En el campo se observa que la planta no es atacada por insectos o por patógenos, por lo que se asume que los metabolitos secundarios producidos por la especie ayudan a mantenerla sana, esto a pesar de no contar con ningún manejo por el ser humano. De acuerdo con Sinagawa-García et al. (2015), el análisis fitoquímico de la raíz ha dado como resultado, de manera cualitativa, la presencia de flavonoides, alcaloides, terpenos, coumarinas, quinonas, fenoles, esteroides, terpenos, saponinas, taninos, glicósidos cianogénicos, sesquiterpenlactonas y azúcares reductores.

A partir del descubrimiento de estos metabolitos se ha demostrado que existe actividad antioxidante y antimicrobiana de la raíz del wereke, presentado actividad inhibitoria en microorganismos Gram (+) como: *Staphylococcus aureus* y *Clostridium perfringens*; sin embargo, en bacterias Gram (–) como *Escherichia coli* y *Klebsiella pneumoniae* no se observó un efecto inhibitorio (Romero, 2024). Respecto a la actividad antifúngica, el wereke se ha probado, a través de extractos metanólicos, contra *Fusarium verticillioides* y *Aspergillus niger*, mostrando actividad antifúngica (Ruiz-Bustos et al., 2009), siendo las cucurbitacinas el compuesto al que se le atribuye su actividad antifúngica (Torres et al., 2020).

El wereke, o guareque, es una planta dioica perenne que pertenece a la familia Cucurbitácea, la distribución ecológica es identificada en zonas semiáridas de los estados de Sinaloa, Sonora y Baja California. La planta es rastrera o trepadora, puede ser anual o perenne y presentan flores unisexuales (Morales y Siles, 2013). A nivel mundial, la familia botánica mencionada es importante debido a su uso con fines alimenticios.

La raíz del wereke, parte de la planta utilizada para la obtención de extractos, sobresale por encima del suelo, su forma general es redonda, como una calabaza, con un cuello que conduce a los brotes y varias raíces gruesas se extienden hacia abajo y puede llegar a ser muy grande y presenta un olor característico parecido al de una papa en la tierra; las flores masculinas son racimosas con pétalos pubescentes, el fruto es ovalado de color verde y en su madurez cambia su color a naranja; las semillas se encuentran cubiertas con una pasta de color rojo; después de trabajar con material fresco de wereke la nariz y la garganta se sienten secos, irritados y amargo, sensación que queda en los dedos, incluso después de varias lavadas (Avendaño, 2008).

Esta investigación pretende encontrar una forma para combatir el hongo *Fusarium* spp. a partir del extracto vegetal de wereke, que realice funciones antifúngicas, identificar la dosis adecuada y que pueda ser aceptable para el control del hongo, lo cual añade la ventaja de cuidar el ambiente mediante el uso de un producto que protege al suelo y a los microorganismos benéficos. Por tanto, el objetivo de este trabajo fue la evaluación de las propiedades antifúngicas del wereke como agente de control de *Fusarium* spp. mediante evaluación *in vitro* para la identificación de la dosis letal mínima y dosis mínima inhibitoria.

MATERIAL Y MÉTODOS

El material vegetal fue extraído de plantas de wereke recolectado entre las Cuatrocientas y La Huichaca, paraje cercano al poblado de Pótam, Guaymas, Sonora, con las coordenadas 27°33'22.5" N y 110°25'42.6" W. El ensayo *in vitro* fue llevado a cabo en las instalaciones del Tecnológico Nacional de México Campus Valle del Yaqui en el laboratorio de Biotecnología.

Obtención del extracto de wereke

Se procesó la raíz fresca del wereke, es decir, a un día de la cosecha, con un rallador y se maceraron 500 g en 5 L de etanol-agua (70:30 v/v) (Vargas-Arispuro et al., 2005) conservándolo durante ocho días a 25°C, en condiciones de oscuridad (Reyes, 1995). Transcurrido el tiempo de maceración, el extracto se filtró sobre gasas para eliminar el material vegetal de mayor tamaño utilizando una bomba de vacío EV-40L, un matraz kitazato, embudo de porcelana y papel Whatman #5. Posteriormente, la mezcla se llevó al rotavapor a una temperatura de 75°C durante 30 minutos para disminuir el solvente. Al concluir el procedimiento, el extracto se vació en placas de Petri para secarlo en un deshidratador Hamilton Beach a 40°C durante 22 horas, obteniendo una concentración del extracto, de 20000 ppm.

Diseño experimental

El diseño experimental fue un diseño factorial y no completamente aleatorizado y se realizó con 5 tratamientos por triplicado con cada cepa: el tratamiento 1 (T1), 500 ppm del extracto wereke; tratamiento 2 (T2), 800 ppm del extracto; tratamiento 3 (T3), 1000 ppm del extracto, tratamiento 4 (T4), testigo, sin aplicación del extracto y tratamiento 5 (T5), fungicida comercial 1000 ppm de Clorotanilil®.

El análisis estadístico fue realizado en el paquete estadístico SPSS mediante comparaciones múltiples de medias con la prueba de Tukey.

Inóculo de *Fusarium*

Para la reproducción de las cepas del hongo se utilizó agar papa dextrosa (PDA) esterilizado en autoclave durante 15 minutos a 120°C a 20psi. El medio se acidificó con ácido tartárico al 10% y fue vaciado en placa de petri de 5 cm. Se inocularon 10 µL de *Fusarium* en placas de agar PDA por 7 a 10 días de 25 °C - 28 °C para su esporulación. Las cepas evaluadas fueron F02, F05 y F13, que pertenecen a la colección microbiana del Instituto Tecnológico del Valle del Yaqui.

Preparación de los bioensayos in vitro

Una vez que las cepas alcanzaron la etapa de esporulación, se procedió a la siembra utilizando la técnica de placa envenenada (Ramírez-Méndez et al., 2024). Se adicionó el extracto al medio de cultivo. Previamente, el extracto se disolvió en una solución alcohol-agua (1:1). La mezcla se homogenizó en tubos de ensayo falcón y se vertió en placas de Petri (5 cm). Una vez que el medio polimerizó a temperatura ambiente, por picadura central (Valverde-Rodríguez et al., 2024) se inoculó el hongo. La medición del crecimiento radial se realizó con un vernier a los 5, 7 y 9 días post inoculación.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los datos del experimento indican que el crecimiento del hongo fue aumentando conforme el paso del tiempo. Los resultados muestran un patrón claro en el crecimiento del hongo con algunos tratamientos, destacándose por su capacidad para inhibir el crecimiento del patógeno en las primeras etapas del experimento. El análisis proporciona información valiosa sobre la efectividad de diferentes tratamientos en la inhibición del crecimiento fúngico y puede ser útil para futuras investigaciones y aplicaciones prácticas en fitopatología y control biológico.

Tabla 1. Comparaciones múltiples con la prueba de Tukey con $\alpha=0.05$ por tratamiento, cepa y tiempo.

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Medida cuadrática	F	Significancia
Modelo corregido	23.63 ^a	28			
Intersección	103.874	1	0.827		
Tratamiento	15.676	4	103.874	106.015	0.000
CEPA	0.295	2	3.919	13311.463	0.000
Tiempo	2.080	2	0.147	502.210	0.000
Tratamiento*Cepa	0.796	8	1.040	18.874	0.000
Tratamiento*Tiempo	4.295	8	0.100	133.301	0.000
Cepa*Tiempo	0.022	4	0.537	12.751	0.000
Tratamiento*Cepa*	0.125	16	0.005	68.806	0.000
Tiempo	0.125	16	0.08	0.689	0.610
Error	127.162	45	0.008	0.1084	0.000
Total	23.288	44			
Total corregido					

a: $R^2 = 0.995$ (R al cuadrado ajustada = 0.985). Fuente: elaboración propia.

El ajuste en el modelo ($r^2=0.995$) indica diferencia estadísticamente significativa entre tratamientos; esto indica que las diferentes concentraciones aplicadas tienen diferencias significativas en el crecimiento del hongo. Por su parte, el análisis de los resultados por cepa indica que estas muestran diferencia significativa en el crecimiento cuando se les aplica el tratamiento del wereke. Respecto al tiempo, el análisis sugiere que el crecimiento de las cepas del hongo será afectado por el tiempo sembrado en el medio de cultivo establecido.

Respecto a las interacciones del tratamiento y cepa del hongo existe diferencia significativa respecto al crecimiento del hongo, significando que el crecimiento del hongo si estará afectado por la dosis del wereke aplicado. La interacción dada entre tratamiento y tiempo, se muestra estadísticamente una diferencia, sugiriendo que el crecimiento del hongo estará afectado por la cantidad de wereke aplicados en el medio de cultivo y los días que transcurran. Por otro lado, la interacción entre la cepa y el tiempo no muestra diferencia significativa, indicando que el tiempo de exposición del hongo a las dosis del wereke no tiene un efecto en el crecimiento.

Al comparar el crecimiento radial (cm) del hongo en el medio enriquecido se observa que la cepa F02 y F05 son estadísticamente diferentes; es decir, la respuesta a la dosis del wereke está en función de la cepa analizada. Respecto a la cepa F13, comparada con la cepa F02 y F05, es estadísticamente diferente. Entonces, la cepa se afecta en forma significativa por el tratamiento de wereke.

En contraparte, el análisis estadístico entre tratamientos indica que, independientemente de las dosis del extracto aplicado en el medio de cultivo donde la cepa se desarrolla, el crecimiento radial del hongo se sostiene. Existe diferencia significativa entre los tratamientos T1, T2 y T3 respecto al tratamiento control y el tratamiento testigo. Estos resultados sugieren que las dosis utilizadas para este experimento no representan una solución para inhibir el crecimiento de *Fusarium* en las cepas evaluadas.

La comparación de medias, entre el factor días de medición del crecimiento radial indica diferencias estadísticamente significativas. El tiempo influye sobre el crecimiento y existe una relación directa: conforme pasa el tiempo, el crecimiento de las cepas aumenta.



Figura 2. Crecimiento a través del tiempo de la cepa F02 de *Fusarium spp.* Fuente: elaboración propia.

Por otro lado, en la Figura 2 se muestra el desempeño de la cepa F02, donde se observa que no hubo diferencias entre el crecimiento presentado a la concentración de 500 y 1000 ppm, mientras que el tratamiento 800 ppm presentó una ligera inhibición del crecimiento para los tres tiempos de muestreo, así mismo, tanto el control como el fungicida comercial presentaron la misma tendencia de crecimiento para los tiempos de muestreo evaluados.

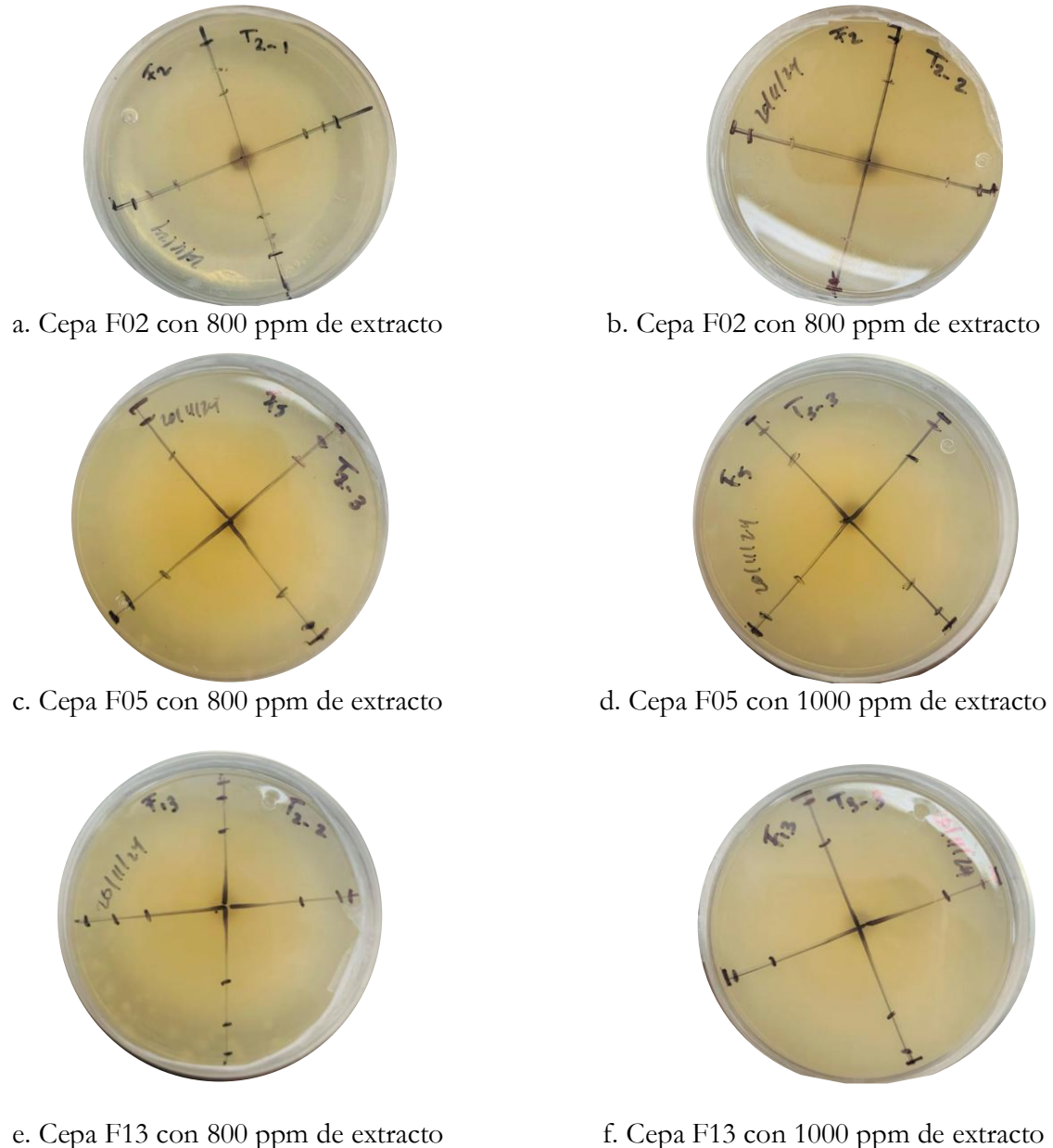


Figura 3. Crecimiento micelial observado a los 9 días del bioensayo de biocontrol de extracto de wereke contra especies de *Fusarium*. Nota: cada línea negra representa los días a los que se realizó la medición del crecimiento. Fuente: elaboración propia.

En la cepa F05 (Figura 4) se observa que la sensibilidad de esta cepa es mayor durante los primeros cinco días post inoculación, la concentración de 1000 ppm equivalente en porcentaje de inhibición al

control sin extracto, el más eficiente. Esta cepa también mostro una mayor sensibilidad al fungicida comercial.

Para la cepa F13 se observa que las concentraciones 800 y 1000 ppm fueron más eficientes para inhibir el crecimiento del hongo, sin embargo, estadísticamente no existen diferencias significativas entre ellos; la cepa F13 mostró mayor sensibilidad al fungicida comercial a los cinco días y manteniendo un crecimiento sostenido durante los días siete y nueve post inoculación.



Figura 4. Crecimiento de la cepa F05 de *Fusarium spp.* Fuente: elaboración propia.

Los resultados indican que el tiempo es un factor determinante para la inhibición del crecimiento de las cepas estudiadas, es decir, la efectividad del extracto está limitada por la duración de la exposición al patógeno. Incluso, para el producto de origen químico, el crecimiento es sostenido desde el día 5 hasta el día 9.



Figura 5. Desempeño de La cepa F13 en el medio adicionado con wereke. Fuente: elaboración propia.

El análisis de los subconjuntos homogéneos, respecto al factor Tratamiento, los resultados indican que el T4 pertenece a un subconjunto, el T2 se ubica dentro de otro subconjunto y, finalmente, los T2, T3 y T1 están en otro subconjunto. Por ende, el análisis indica que no existe diferencia entre los

tratamientos del wereke. Respecto a la interacción de cepa, el análisis de subconjuntos indica que no existe diferencia en el crecimiento de las cepas, ya que la varianza se ubica en un mismo subconjunto. Mientras, el análisis de los subconjuntos de la variable Tiempo (días), los resultados indican que existe diferencia entre los días 5 y 9.

La concentración del extracto es una de las variables que pueden analizarse en posteriores investigaciones con el wereke para promover el efecto inhibitorio del *Fusarium spp*; por ejemplo, la concentración del 20% de los extractos de salvia (*Salvia officinalis*) y tanaceto (*Tanacetum vulgare*) demostraron un fuerte efecto inhibitorio del hongo, demostrando que los polifenoles y los flavonoides les confieren la actividad antifúngica (Kursa et al., 2022). Por su parte, Seepe et al. (2021) demostraron que una concentración por debajo de 1.0 mg ml⁻¹ de hojas de *Combretumery throphyllumy* de *Withania somnifera* también tienen un efecto inhibitorio.

Tabla 2. Comparación del crecimiento (%) entre cepas por tratamiento a través del tiempo.

Periodo de medición (días)	Tratamiento	Incremento en el crecimiento radial (%)		
		Cepa F02	Cepa F05	Cepa F13
5 al 7	T1	41,4	34,92	47,39
	T2	35,86	48,75	49,74
	T3	41,25	39,75	44,71
	T4	0*	34,43*	0*
	T5	41	53,97	63,64
7 al 9	T1	19,45	16,59	4,64
	T2	17,17	17,26	15,74
	T3	20,23	23,21	16,33
	T4	0*	49,18*	0*
	T5	23,1	28,73	31,38
5 al 9	T1	68,67	57,67	54,79
	T2	59,09	74,86	73,28
	T3	70,05	71,49	68,19
	T4	0*	49,18	0*
	T5	73,87	98,42	99,99

* Placas de Petri contaminadas. Fuente: elaboración propia.

Otros extractos que se han probado para el control del hongo estudiado en este experimento, y que han demostrado su efectividad, son elaborados a partir de la cúrcuma y del tomate. Mientras que el

extracto de cúrcuma destruye las paredes celulares del hongo (Cheng et al., 2018), el extracto del tomate inhibe el crecimiento micelar de algunas especies de hongos del género *Fusarium* (Satish et al., 2007).

La revisión de los resultados sugiere que la eficacia de los extractos vegetales del wereke dependen de la concentración utilizada; en este experimento y para las cepas estudiadas, los resultados no reflejan una inhibición adecuada *in vitro*, pudiendo buscar otras alternativas, por ejemplo, aplicaciones foliares o como tratamiento en el suelo.

Es bien sabido que los extractos de plantas pueden no ser tan efectivos cuando se compara con un producto de síntesis química, sin embargo, su uso puede ser más seguro para el medio ambiente y menos perjudicial para la salud humana y animal, por lo que se recomienda realizar pruebas de sensibilidad del hongo y ajustar las dosis en experimentos posteriores. El uso del extracto del wereke es una opción para continuar explorando en la producción agrícola y es útil como elemento para el cuidado del ambiente y cuando se combina con otras prácticas agrícolas sostenibles.

CONCLUSIONES

El extracto del wereke no tiene efecto significativo en el control del fitopatógeno *Fusarium spp.* pero no se descarta que en otras dosis o con otro solvente pueda tener mayor efecto. Los resultados de este trabajo sugieren que el extracto del wereke no constituye elemento inhibitorio del crecimiento del hongo *Fusarium*, con las cepas estudiadas. La concentración del extracto utilizado en el medio de cultivo no sugiere efectividad del wereke como agente antifúngico.

El tiempo es un factor importante en el crecimiento del hongo, encontrando una relación directa entre el tiempo y el crecimiento radial.

Se recomienda probar diferentes dosis de wereke e intentar probar diferentes soluciones en la preparación de los extractos hidroalcohólicos ya que generalmente se utilizó una solución de 7:3 v/v.

AGRADECIMIENTOS

Al M.C. Aurelio Leyva Ponce, al Dr. Leandris Argente Martínez, a las personas de la comunidad originaria de Pótam, al personal del laboratorio de Biotecnología del Tecnológico Nacional de México Campus Valle del Yaqui y a todos aquellos que, de forma directa o indirecta, participaron en esta investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Avendaño, A. (2008). La diabetes mellitus su identificación, tratamiento y control a través de la medicina tradicional en algunas comunidades del estado de Hidalgo. Universidad Intercultural del Estado de México. San Felipe del Progreso: Estado de México.

- Beltrán, M., Delgado, J., Valdivia, A., Hernández, A., & García, A. (2023). First report of *Fusarium equisetica* using root and crown rot in tomato in Mexico. Plant Disease, 10.1094/PDIS-10-22-2494-PDN. Advance online publication. <https://doi.org/10.1094/PDIS-10-22-2494-PDN>.
- Cazco, P. (2023). Síntesis verde de nanopartículas de hierro a partir de *Piper aduncum* (matico) para evaluar su actividad bactericida en muestras del Río Chibunga. [Tesis de pregrado inédita]. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba: Ecuador.
- Cheng, C., Long, L., Zhang, F., Chen, Q., Chen, C., Yu, X., Liu, Q., Bao, J., & Long, Z. (2018). Antifungal activity, main active components and mechanism of *Curcuma longa* extract against *Fusarium graminearum*. PLoS ONE, 13(3): e0194284. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0194284>.
- Civieta-Bermejo, B., Cabrera-de la Fuente, M., González-Morales, S., Benavides, A., y Sandoval-Rangel, A. (2021). Residuos de repollo para biocontrol de *Fusarium* spp. en el cultivo de tomate. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, (26). 95-104. <https://doi.org/10.29312/remexca.v0i26.2940>.
- Izquierdo-García, L., Carmona-Gutiérrez, S., Moreno-Velandia, C., Villarreal-Navarrete, A., Burbano-David, D., Quiroga-Mateus, R., Gómez-Marroquín, M., Rodríguez-Yzquierdo, G., & Betancourt-Vásquez, M. (2024). Microbial based biofungicides mitigate the damage caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *Cubense* Race 1 and improve the physiological performance in banana. Journal of Fungi, 10, 419. <https://doi.org/10.3390/jof10060419>.
- Kursa, W., Jamiolkowska, A., Wyrostek, J., Kowalski, R. (2022). Antifungal effect of plant extracts on the growth of the cereal pathogen *Fusarium* spp. An *in vitro* study. Agronomy, 12, 3204. <https://doi.org/10.3390/agronomy12123204>.
- Morales, D., y Siles, S. (2013). Identificación de los principales componentes de la raíz de wereque, extraíbles en medio acuoso, por GC-MS. Avances en Ciencias e Ingeniería, 4(2): 15-21.
- Ortega, M. (2024). Evaluación in vitro de cepas de *Bacillus* spp., en el control de *Fusarium oxysporum*. [Tesis de pregrado inédita]. Universidad Politécnica Salesiana. Quito, Ecuador.
- Payán, M., López, C., Molina-Cárdenas, L., Vega, T., López, P., Valenzuela-Tirado, A., & Tirado, M. (2024). First report of *Fusarium falciforme* causing root rot and wilt on strawberry in Sinaloa, Mexico. Plant Disease, Epub ahead of print. PMID: 38616397. <https://doi.org/10.1094/pdis-02-24-0343-pdn>.
- Quintero-Rodríguez, E., Montoya-Vargas, M., López-Luján, L., Guzmán-Cabrera, S., Aristizábal-Sepúlveda, O., y Bedoya-Pérez, J. (2024). Evaluación del efecto de extractos vegetales para el control de enfermedades poscosecha del aguacate Hass. Revista Politécnica, 20(40): 173-185. <https://doi.org/10.33571/rpolitec.v20n40a11>.
- Ramírez-Méndez J., Hernández-Castillo F., Gallegos-Morales G., Jasso-Cantú, D., Arredondo Valdés, R. y Tucuch-Pérez M. (2024). Efectividad biológica de extractos de *Agave striata* y *Fouquieria splendens* sobre *Pythium aphanidermatum* y *Rhizoctonia solani* in vitro. Revista Mexicana de Fitopatología 42(4): 40. <https://doi.org/10.18781/R.MEX.FIT.2024-23>

- Reyes, B. (1995). Comparación de los extractos alcohólico y acuoso de *Anthemis nobilis* y caracterización de un nuevo glicósido deterénico de *Stevia subpebescens* LAG. [Tesis de licenciatura]. Universidad Michoacana de San Nicolás Hidalgo.
- Rios-Hernández, T., Uc-Varguez, A., & Evangelista-Martínez, Z. (2021). Control biológico de *Fusarium oxysporum*, agente causal de la pudrición del cormo en gladiolo, mediante estreptomicetos. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 39(3), 391-413. <https://doi.org/10.18781/r.mex.fit.2105-3>.
- Romero, R. (2024). Evaluación de la actividad de extractos y particiones bioactivas de cultivos de *Bacillus sp* endófitos aislados de *Ibervillea sonora* (S. Watson) Greene contra el linfoma murino L5178Y-R. [Tesis de doctorado inédita]. Universidad Autónoma de Nuevo León. Nuevo León.
- Ruiz-Bustos, E., Velázquez, C., Garibay-Escobar, A., García, Z., Plascencia-Jatomea, M., Cortez-Rocha, M., Hernández-Martínez, J., Robles-Zepeda, R. (2009). Antibacterial and antifungal activities of some Mexican medicinal plants. *Journal of Medicinal Food*, 12(6): 1398-402. doi: 10.1089/jmf.2008.0205.
- Satish, S., Raghavendra, M., & Raveesha, K. (2007). Antifungal potentiality of some plant extracts against *Fusarium sp*. *Archives of Phytopathology and Plant Protection*, 42: 618-625.
- Seepe, H., Ramakadi, T., Lebepe, C., Amoo, S., & Nxumalo, W. (2021). Antifungal activity of isolated compounds from the leaves of *Combretum erythrophyllum* (Burch.) Sond. and *Withania somnifera* (L.) Dunal against *Fusarium* pathogens. *Molecules*, 26(16): 4732; <https://doi.org/10.3390/molecules26164732>.
- Sinagawa-García, S., Gutiérrez-Díez, A., Mora-Olivo, A., Juárez-Aragón, M., Torres-Castillo, J. (2015). Características descriptivas de la raíz de wereke (*Ibervillea sonora* Greene) y generalidades bioquímicas de su extracto acuoso. *Phyton (Buenos Aires)*, 84(2): 358-367.
- Soto, B., Campos, R., y López, P. (2020). Gestión de prevención del hongo *Fusarium* raza en la producción bananera de Ecuador. *REPIQUE*, 2: 69-86. <https://doi.org/10.31876/repique.v2i2.180>.
- Torres, H., Ianni, F., Robles, R., López-Romero, J., Vidal-Gutiérrez, M., Jacobi, M., Galarini, R., Camaioni, E., Sardella, R., & Marcotullio, M. (2020). Quantitative analysis of cucurbitane-typetriterpenes in *Ibervillea sonora* extracts: Relationship study with their antiproliferative activity. *Steroids*, 161: 108676. <https://doi.org/10.1016/j.steroids.2020.108676>.
- Valverde-Rodríguez, A., Cornejo, A., Villanueva, N., y Campos, M. (2024). Bacterias y hongos entomopatógenos en el manejo de *Brevicoryne brassicae* (Homoptera: Aphididae) en los cultivos de la col. *Siembra*, 11(1): e4994.
- Vargas-Arispuro, I.C.; R. Reyes-Báez, G. Rivera-Castañeda, M. Martínez-Téllez, I. (2005). Antifungal lignans from the creosote bush. *Industrial Crops and Products*, 22(2): 101107.

Zelaya-Molina, L., Chávez-Díaz, I., Cruz-Cárdenas, C., Ruíz-Ramírez, S., y Rojas-Anaya, E. (2022). Control biológico de plagas en la agricultura mexicana. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 13(especial 27): 69-79.<https://doi.org/10.29312/remexca.v13i27.3251>.

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

