

# Biotecnología agropecuaria aplicada

Leandris Argentel-Martínez  
Ofelda Peñuelas-Rubio  
Lucila Perales-Aguilar  
Ugur Azizoglu  
Editores



Pantanal Editora

2024

**Leandris Argentel-Martínez**  
**Ofelda Peñuelas-Rubio**  
**Lucila Perales-Aguilar**  
**Ugur Azizoglu**  
Editores

# **Biotecnología agropecuaria aplicada**



Pantanal Editora

2024

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  
Prof. MSc. Adriana Flávia Neu  
Prof. Dra. Allys Ferrer Dubois  
Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior  
Prof. MSc. Aris Verdecia Peña  
Prof. 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  
Prof. Ma. Dayse Rodrigues dos Santos  
Prof. MSc. David Chacon Alvarez  
Prof. Dr. Denis Silva Nogueira  
Prof. Dra. Denise Silva Nogueira  
Prof. 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  
Prof. Dra. Keyla Christina Almeida Portela  
Prof. Dr. Leandro Argentel-Martínez  
Prof. 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  
Prof. MSc. Mary Jose Almeida Pereira  
Prof. MSc. Núbia Flávia Oliveira Mendes  
Prof. MSc. Nila Luciana Vilhena Madureira  
Prof. Dra. Patrícia Maurer  
Prof. 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*)  
Prof. Dra. Sylvana Karla da Silva de Lemos Santos  
MSc. Tayronne de Almeida Rodrigues  
Prof. Dr. Wéverson Lima Fonseca  
Prof. MSc. Wesclen Vilar Nogueira  
Prof. 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  
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 publicación**  
**Preparado por Bibliotecario Janaina Ramos – CRB-8/9166**

B616

Biotecnología agropecuaria aplicada / Edición de Leandris ArgenteL-Martínez, Ofelda Peñuelas-Rubio, Lucila Perales-Aguilar, Ugur Azizoglu. – Nova Xavantina-MT: Pantanal, 2024.  
203p. ; il.

Reserva en PDF

ISBN 978-65-85756-36-5

DOI <https://doi.org/10.46420/9786585756365>

1. Biotecnología en la agricultura. 2. Microorganismos. I. ArgenteL-Martínez, Leandris (Editores). II. Peñuelas-Rubio, Ofelda (Editores). III. Lucila Perales-Aguilar (Editores). IV. Azizoglu, Ugur (Editores). V. Título.

CDD 631.52

Índice del catálogo sistemático

I. Biotecnología en la agricultura



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](mailto:contato@editorapantanal.com.br)

## **Presentación**

Sin duda, la biotecnología representa una de las áreas científicas de mayor avance y aplicación en la actualidad. Aun cuando sus inicios fueron hace miles de años, con la obtención de cerveza y queso, gracias al avance científico-tecnológico en las ciencias relacionadas con la biología, se ha potenciado la rama agropecuaria.

En México, considerando que las actividades de producción agrícola y pecuaria son primordiales para el desarrollo del país, existe gran interés de la comunidad científica para buscar alternativas que den solución a los problemas más relevantes que limitan la producción de alimentos.

El presente compendio científico “**Biología agropecuaria aplicada**” aborda temas relevantes del área agropecuaria. Se hace énfasis en el aprovechamiento de microorganismos bacterianos y fúngicos y su potencial uso en los agroecosistemas. Estas aplicaciones con la finalidad de promover prácticas sustentables de producción, desde la promoción del crecimiento vegetal en condiciones ambientales adversas, el biocontrol de fitopatógenos y malezas, así como la biorremediación. También se exploran metodologías novedosas para la obtención de compuestos antioxidantes y antifúngicos. Además, se presentan avances en la elaboración de nuevos alimentos para la producción acuícola, como alternativas para la nutrición efectiva.

Los trabajos aquí presentados constituyen evidencias de los pasos sólidos que dan los diferentes grupos de investigación nacionales e internacionales del área de la biología agropecuaria. Se agradece la participación de los autores que pertenecen al Sistema Nacional de Investigadoras e Investigadores (SNI-CONACYT) de los Estados Unidos Mexicanos.

**Los Autores**


## Resumen

|   |            |
|---|------------|
| <b>Presentación</b>   | <b>4</b>   |
| <b>Capítulo 1</b>   | <b>6</b>   |
| Perspectivas de la aplicación del microbioma bacteriano de <i>Parkinsonia aculeata</i> en suelos salinos  | 6          |
| <b>Capítulo 2</b>   | <b>17</b>  |
| Microorganismos promotores del crecimiento vegetal y yeso agrícola en el cultivo de uva industrial variedad <i>Cabernet sauvignon</i> , Valle del Yaqui                   | 17         |
| <b>Capítulo 3</b>   | <b>26</b>  |
| Efecto de pulsos ultrasónicos en la extracción de compuestos antioxidantes y antifúngicos en <i>Euphorbia prostrata</i> (golondrina)                                      | 26         |
| <b>Capítulo 4</b>   | <b>36</b>  |
| Evaluación de la sustitución parcial de harina de pescado por harina de <i>Amaranthus hybridus</i> para cultivo de tilapia ( <i>Oreochromis aureus</i> )                  | 36         |
| <b>Capítulo 5</b>   | <b>48</b>  |
| Potencial del género <i>Pleurotus</i> como agente biorremediador en la eliminación de metales pesados de suelos: un enfoque biotecnológico para la agricultura sostenible | 48         |
| <b>Capítulo 6</b>   | <b>59</b>  |
| El papel de las bacterias quitinolíticas en interacciones planta-patógeno y su potencial empleo biotecnológico en la agricultura  | 59         |
| <b>Capítulo 7</b>   | <b>71</b>  |
| Avances en el desarrollo de micoherbicidas para el manejo agroecológico de la correhuela ( <i>Convolvulus arvensis</i> L.) en la agricultura                              | 71         |
| <b>Capítulo 8</b>   | <b>84</b>  |
| Caracterización fisicoquímica parcial de la harina de grillo domestico <i>Acheta domesticus</i> como ingrediente novedoso en formulaciones                                | 84         |
| <b>Capítulo 9</b>   | <b>93</b>  |
| El género <i>Bacillus</i> como aliado en la agricultura sostenible  | 93         |
| <b>Capítulo 10</b>  | <b>114</b> |
| <i>Trichoderma</i> , bioinsumo para la agricultura sustentable y protegida  | 114        |
| <b>Capítulo 11</b>  | <b>135</b> |
| El papel de la Agrobiotecnología en la Agricultura  | 135        |
| <b>Capítulo 12</b>  | <b>148</b> |
| Cromatografía: Una técnica esencial en la Biotecnología Agropecuaria  | 148        |
| <b>Capítulo 13</b>  | <b>186</b> |
| Propagación <i>in vitro</i> de Cactáceas y Agaváceas tolerantes a metales pesados en el suelo   | 186        |
| <b>Índice Remissivo</b>   | <b>202</b> |
| <b>Editores</b>   | <b>203</b> |

# Avances en el desarrollo de micoherbicidas para el manejo agroecológico de la correhuela (*Convolvulus arvensis* L.) en la agricultura

Recibido en: 10/06/2024


Aprobado en: 17/06/2024


 10.46420/9786585756365cap7

Néstor Daniel Sotelo-Cerón<sup>1</sup> 

Ignacio Eduardo Maldonado-Mendoza<sup>1</sup> 

Karla Yeriana Leyva-Madrigal<sup>2</sup> 

Abraham Quintero-González<sup>1</sup> 

Juan Carlos Martínez-Álvarez<sup>1\*</sup> 

## RESUMEN

La correhuela (*Convolvulus arvensis* L.) es una maleza que representa un desafío constante para la producción de cultivos en diversos países. El uso inadecuado de las tecnologías convencionales de su manejo, como el control químico, ha generado la aparición de biotipos de malezas resistentes y ha incrementado los riesgos para la salud humana y el medio ambiente. Por esta razón, se están investigando métodos alternativos de control, como el control biológico mediante el uso de hongos fitopatógenos. En este estudio, se generaron y evaluaron formulaciones tipo emulsión de los hongos ET4 (*Alternaria alternata*) y TV1 (*Macrophomina phaseolina*) para el control de *C. arvensis*. Los hongos formulados en emulsión mostraron una incidencia y severidad de la enfermedad de hasta el 100%, en comparación con los no formulados, que alcanzaron una incidencia hasta del 17.33% y severidad de hasta del 82.22%, siete días después de la inoculación. En cuanto al peso seco de la raíz, la inhibición fue de hasta 35% y 25% para los hongos formulados y no formulados, respectivamente. En la parte aérea, la inhibición en biomasa seca solo se observó con los hongos formulados, alcanzando hasta el 29%. No se presentó inhibición en plantas de garbanzo, frijol, sorgo o maíz. Al evaluar la vida útil, durante ocho meses de almacenamiento, las formulaciones conservadas a 4°C tuvieron una viabilidad de hasta el 88%, sin disminuciones significativas durante un período de cuatro meses. En contraste, las almacenadas a 25°C mostraron reducciones de viabilidad de hasta el 97.5% en el mismo periodo. Estos resultados demostraron que la

<sup>1</sup> Instituto Politécnico Nacional/CIIDIR Unidad Sinaloa, Guasave, Sinaloa, México.

<sup>2</sup> Universidad Autónoma de Occidente/Departamento de Ciencias Naturales y Exactas, Unidad Los Mochis, Ahome, Sinaloa, México.

\* Autor(a) correspondiente: [jcMartínezal@ipn.mx](mailto:jcMartínezal@ipn.mx)

formulación en emulsión incrementó la severidad de la enfermedad causada por los aislados hasta casi 6 veces y que el almacenamiento a 4°C asegura una vida útil de al menos cuatro meses.

## INTRODUCCIÓN

Uno de los factores que limita la producción de cultivos a nivel mundial es el establecimiento y proliferación de malezas (Boyetchko et al., 2002; Brun et al., 2020; Harding & Raizada, 2015), siendo la correhuela (*Convolvulus arvensis* L.) una de las más problemáticas (Boss et al., 2007; Ibrahim & Tawfik, 2019). La aparición de biotipos resistentes, así como los posibles efectos negativos relacionadas con la salud humana y la contaminación ambiental debido al uso inadecuado de las técnicas convencionales de control, ha destacado la necesidad de explorar métodos alternativos para fortalecer el manejo integrado de malezas (Abbas et al., 2018; Bordin et al., 2021; Ferreira & Reinhardt, 2016; Pfirter et al., 1997). Uno de esos métodos es el control biológico (Bordin et al., 2018; Boyetchko et al., 2002; Radhakrishnan et al., 2018) utilizando hongos fitopatógenos (Hershenhorn et al., 2016; Rai et al., 2021; Shabana et al., 2003). Sin embargo, el éxito de estos microorganismos depende de la presencia de una cantidad suficiente en la población de los agentes de biocontrol asociados con la maleza hospedera (Abbas et al., 2018), así como de las condiciones ambientales adecuadas para el desarrollo de los microorganismos. Estos factores son cruciales para su buen desempeño en el control de las plantas objetivo (Abbas et al., 2018; Auld et al., 2003; Vogelgsang et al., 1998).

El proceso de formulación se considera un componente crucial para reducir los efectos negativos de las condiciones ambientales sobre los agentes de biocontrol (Auld et al., 2003; Boyette et al., 2016; Morin et al., 1990). Además, mejora la eficiencia de aplicación y el efecto de los bioherbicidas (Défago et al., 2001; Rai et al., 2021), promoviendo una vida útil prolongada (Abbas et al., 2018; Zidack & Quimby, 1999) y facilitando el almacenamiento, manipulación y aplicación (Auld et al., 2003; Défago et al., 2001). Para el caso de los micoherbicidas, las formulaciones líquidas en emulsión han demostrado ser efectivas en el control de malezas (Abdessemed et al., 2020; Boyetchko et al., 2002). Este tipo de formulaciones destacan como una de las principales alternativas, debido a que proporcionan un microambiente que favorece el desarrollo de los agentes biológicos durante el proceso de colonización (Babu et al., 2003; Boyette et al., 2016; Ghorbani et al., 2000). Por lo anterior, el objetivo de este estudio fue desarrollar y evaluar formulaciones líquidas en emulsión basadas en dos hongos fitopatógenos (*Macrophomina phaseolina* TV1 y *Alternaria alternata* ET4) para el control de la maleza *C. arvensis*.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### *Material biológico*

Las cepas de los hongos TV1 (*M. phaseolina*) y ET4 (*A. alternata*) fueron obtenidas a partir de hojas de *C. arvensis* con síntomas de enfermedad fúngica. Los aislados fueron seleccionados con base a su actividad fitopatógena en *C. arvensis* (Sotelo-Cerón et al., 2023).



### *Propagación de los hongos*

La propagación de TV1 y ET4 se realizó siguiendo la metodología de Ibrahim y Tawfik (2019) con algunas modificaciones. Se inocularon matraces Erlenmeyer (500 mL) cada uno con 200 mL de caldo de dextrosa y papa (PDB) (BD Difco™) utilizando seis discos (0.5 cm de diámetro) de colonias de hongos de 7 días de desarrollo. Los matraces se incubaron a 30°C y 150 rpm durante 15 días. Posteriormente, los cultivos se centrifugaron a 3350 g durante 10 min para separar las estructuras fúngicas, las cuales se resuspendieron en 500 mL de agua destilada estéril (ADE).

Posteriormente, se realizó un conteo de unidades formadoras de colonias (UFC) de los hongos en suspensión mediante diluciones seriadas. Se esparció 0.1 mL de la suspensión en cajas de Petri que contenían agar papa y dextrosa (PDA) y se incubaron a 25°C durante 48 h. Las estructuras fúngicas que presentaron desarrollo de micelio se consideraron UFC y se reportaron como UFC mL<sup>-1</sup> (Omer, 2010).

### *Desarrollo de las formulaciones*

Se prepararon formulaciones en emulsión con los aislados TV1 y ET4 tanto individualmente como en combinación siguiendo los métodos de Abdessemed et al. (2020) y Babu et al. (2003) con algunas modificaciones. La formulación consistió en una fase oleosa compuesta por aceite de canola y el surfactante Tween 80 al 1%, combinado con una suspensión acuosa de los hongos fitopatógenos a una concentración de  $1 \times 10^6$  UFC mL<sup>-1</sup>. La mezcla de aceite y tensoactivo se homogeneizó utilizando un agitador magnético a 60°C durante 5 minutos; posteriormente, se añadió la suspensión fúngica en una proporción final de 1:9. La mezcla se emulsionó durante tres minutos utilizando una batidora de inmersión manual (RIVAL, IB900MX). Posteriormente, las formulaciones se almacenaron a 4°C y 25°C.

Para determinar la viabilidad de los hongos después del proceso de formulación, se tomaron muestras de la emulsión por triplicado y se llevaron a cabo recuentos de UFC, según la metodología descrita anteriormente.

El porcentaje de viabilidad se determinó utilizando la fórmula propuesta por Cañamás et al. (2008), descrita en la ecuación (1).

$$\% \text{ Viabilidad} = \frac{N_f \times 100}{N_i} \quad \text{Eq. (1)}$$

Donde  $N_i$  representa la concentración inicial en UFC mL<sup>-1</sup> en la suspensión del hongo antes del proceso de formulación, y  $N_f$  corresponde a la concentración en UFC mL<sup>-1</sup> después del proceso de formulación.

## ***Evaluación de formulaciones en cámara de crecimiento***

### ***Producción de las plantas***

Semillas de *C. arvensis*, garbanzo (*Cicer arietinum*, FUNDACIÓN PRODUCE, var. Blanco Sinaloa), frijol (*Phaseolus vulgaris*, INIFAP, var. Reyna), sorgo (*Sorghum bicolor*, WINFIELD UNITED, híbrido CROPLAN 8240) y maíz (*Zea mays*, ASGROW, híbrido Hipopótamo) fueron desinfestadas siguiendo el protocolo de Meena et al. (2016), con algunas modificaciones. Las semillas se sumergieron en una solución de NaOCl al 1% durante 5 min, seguido de un lavado con agua destilada estéril durante 1 min. Posteriormente, se agregó etanol al 30% durante 3 min, seguido de tres lavados adicionales con agua destilada estéril. Posteriormente, las semillas se sembraron a una profundidad de 3 cm en charolas de germinación de poliestireno (3.175 cm × 3.175 cm × 6.35 cm) que contenían una mezcla de sustrato arena/vermiculita (1:2 v/v) previamente esterilizadas en autoclave a 121°C y 15 PSI durante 1 h (por tres días consecutivos). Las charolas se colocaron en una cámara de crecimiento (Luceren®, Modelo RTOP-1000D) con un 60% de humedad relativa y un fotoperiodo de 16/8 h luz (28°C) /oscuridad(16°C). Las plantas se regaron con agua destilada estéril cada tres días y se fertilizaron una vez por semana con solución de Hoagland (Hoagland & Arnon, 1950).

### ***Efecto bioherbicida de las formulaciones***

Plantas de *C. arvensis* en etapa de desarrollo de tres hojas verdaderas, así como plantas de garbanzo, frijol, sorgo y maíz de 20 días de desarrollo fueron heridas en todas las hojas mediante punciones con aguja estéril para promover la infección por los hongos. Posteriormente, se rociaron individualmente con 1 mL de los tratamientos a una concentración de  $1 \times 10^6$  UFC mL<sup>-1</sup> de los aislados TV1, ET4 y la mezcla TV1+ET4 tanto en formulaciones como en suspensión de los hongos en ADE, utilizando formulaciones sin hongos fitopatógenos y ADE como controles.

Una vez inoculadas las plantas, las charolas de crecimiento se cubrieron con bolsas de polietileno transparente durante 48 h para conservar la humedad. Las plantas se mantuvieron en una cámara de crecimiento en las condiciones mencionadas anteriormente, durante 7 días para *C. arvensis* y por 15 días para las plantas de garbanzo, frijol, sorgo y maíz. Después de este período, se evaluó la incidencia y severidad de la enfermedad, así como la longitud y peso seco del brote y de la raíz.

La incidencia de la enfermedad se calculó considerando el número de plantas con síntomas sobre el número de plantas totales, mientras que la severidad de la enfermedad se analizó calculando el porcentaje del Índice de Severidad de la Enfermedad (% ISE) utilizando la Ecuación (2) (Townsend & Heuberger, 1943), basada en la escala propuesta por Razaghi y Zafari (2017). Esta escala consta de cinco niveles, donde 0 = sin síntomas, 1 = menos del 10% de la superficie de la planta presenta lesiones, 2 =

10%–25% de lesiones, 3 = 25%–50% de lesiones, 4 = 50% –75% de lesiones, y 5 = 75%–100% de lesiones, resultando en la muerte de la planta.

$$\%ISE = \frac{\sum(n \times v)}{z \times N} \times 100 \quad \text{Eq. (2)}$$

donde n = número de plantas en cada escala; v = valor de escala; z = valor de escala más alto; y N = número total de plantas.

Los ensayos se llevaron a cabo dos veces de manera independiente, siguiendo un diseño completamente al azar que incluyó cinco plantas por réplica y tres réplicas por tratamiento. Además, se comprobaron los postulados de Koch, para lo que se aislaron los hongos de plantas sintomáticas de *C. arvensis* en el bioensayo y su identidad fue confirmada mediante características morfológicas y análisis molecular (Abdessemed et al., 2019).

### ***Viabilidad y vida de anaquel***

La viabilidad y vida de anaquel de las formulaciones almacenadas a 4°C y 25°C se evaluaron cada 30 días durante un periodo de ocho meses por el método diluciones seriadas, siguiendo el procedimiento descrito previamente. La prueba se llevó a cabo por duplicado, con tres repeticiones por tratamiento. El porcentaje de viabilidad se calculó de acuerdo con el método de Omer (2010) con algunas modificaciones:

$$\text{Viabilidad \%} = \frac{U_f}{U_i} \times 100 \quad \text{Eq. (3)}$$

donde  $U_i$  representa la concentración del inóculo en la formulación inicial, y  $U_f$  es la concentración del inóculo de la formulación en el período evaluado.

### ***Análisis estadístico***

Los datos de incidencia y % ISE se transformaron mediante la función de arcoseno. Los datos de UFC mL<sup>-1</sup> de las formulaciones se normalizaron utilizando la transformación logarítmica natural (ln). Todos los datos se sometieron a un análisis de varianza (ANOVA) y prueba de Tukey ( $\alpha=0.05$ ). Las diferencias estadísticas entre tratamientos y controles en cultivos se calcularon utilizando la prueba t de Student. Los datos se analizaron con el software SPSS (IBM SPSS Statistics para Windows, versión 25.0. IBM, Armonk, Nueva York, NY).

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### ***Evaluación de las formulaciones***

Las plantas de *C. arvensis* inoculadas con los hongos formulados presentaron una incidencia de enfermedad del 100%. En contraste, los tratamientos no formulados mostraron una incidencia del

76.67% al 82.22% (Tabla 1). Los síntomas observados fueron consistentes con estudios preliminares (Sotelo-Cerón et al., 2023), sin embargo, en las plantas tratadas con los formulados, la infección se detectó de manera temprana, resultando en una colonización completa de los tallos y hojas en 3 a 4 días post-inoculación (Figura 1), alcanzando un % ISE de 97.33% a 100%. Este %ISE fue mayor al presentado en los tratamientos no formulados, donde se presentó un %ISE de 12.33% a 17.33% en el mismo período (Tabla 1).

**Tabla 1.** Efecto de los hongos fitopatógenos formulados sobre el desarrollo, incidencia y severidad de la enfermedad en *C. arvensis*.

| Aislado                  | Longitud (cm)           |                          | Peso seco (mg)            |                           | Incidencia (%)            | %ISE                     |
|--------------------------|-------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|
|                          | Raíz                    | Parte aérea              | Raíz                      | Parte aérea               |                           |                          |
| TV1                      | 8.45±0.74 <sup>ab</sup> | 27.40±1.49 <sup>c</sup>  | 11.36±1.28 <sup>a</sup>   | 43.61±4.77 <sup>bc</sup>  | 76.67±5.77 <sup>bc</sup>  | 12.33±0.58 <sup>b</sup>  |
| TV1 F                    | 7.38±1.30 <sup>a</sup>  | 15.78±0.99 <sup>a</sup>  | 9.95±0.23 <sup>a</sup>    | 33.24±2.53 <sup>a</sup>   | 100.00±0.00 <sup>c</sup>  | 100.00±0.00 <sup>c</sup> |
| ET4                      | 8.63±0.83 <sup>ab</sup> | 21.92±0.42 <sup>bc</sup> | 12.01±1.01 <sup>ab</sup>  | 43.43±2.25 <sup>bc</sup>  | 83.33±5.77 <sup>bc</sup>  | 14.67±1.53 <sup>b</sup>  |
| ET4 F                    | 7.77±0.64 <sup>a</sup>  | 15.89±2.41 <sup>a</sup>  | 10.27±1.65 <sup>a</sup>   | 35.45±3.73 <sup>ab</sup>  | 100.00±0.00 <sup>c</sup>  | 99.33±1.15 <sup>c</sup>  |
| TV1+ET4                  | 8.53±0.89 <sup>ab</sup> | 27.65±3.08 <sup>c</sup>  | 12.27±1.79 <sup>abc</sup> | 42.52±3.43 <sup>abc</sup> | 80.00±10.00 <sup>bc</sup> | 17.33±3.06 <sup>b</sup>  |
| (TV1+ET4) F              | 7.88±1.23 <sup>a</sup>  | 16.01±0.95 <sup>ab</sup> | 11.29±1.03 <sup>a</sup>   | 36.85±2.92 <sup>ab</sup>  | 100.00±0.00 <sup>c</sup>  | 97.33±1.15 <sup>c</sup>  |
| Control F                | 10.80±0.36 <sup>b</sup> | 27.43±3.63 <sup>c</sup>  | 15.77±1.09 <sup>c</sup>   | 46.5±1.16 <sup>c</sup>    | 0.00±0.00 <sup>a</sup>    | 0.00±0.00 <sup>a</sup>   |
| Control H <sub>2</sub> O | 10.71±0.79 <sup>b</sup> | 27.63±1.76 <sup>c</sup>  | 15.23±1.20 <sup>c</sup>   | 47.13±4.44 <sup>c</sup>   | 0.00±0.00 <sup>a</sup>    | 0.00±0.00 <sup>a</sup>   |

Nota: Las diferencias estadísticas entre aislados y control se indican con letras diferentes ( $p \leq 0.05$ ). TV1 F, ET4 F y (TV1+ET4) F, se refiere a tratamientos formulados con hongos fitopatógenos. TV1, ET4 y TV1+ET4, se refiere a tratamientos de hongos fitopatógenos no formulados. Controles se refieren a tratamientos con agua destilada estéril (Control H<sub>2</sub>O) y formulación sin hongos fitopatógenos (Control F). ISE: Índice de Severidad de la Enfermedad.



**Figura 1.** Efecto de hongos fitopatógenos formulados en el desarrollo de plantas de *C. arvensis*, 7 post-inoculación. TV1 F, ET4 F y (TV1+ET4) F, se refiere a tratamientos formulados con hongos fitopatógenos. TV1, ET4 y TV1+ET4, se refiere a tratamientos de hongos fitopatógenos no formulados. Controles se refieren a tratamientos con agua destilada estéril (Control H<sub>2</sub>O) y formulación sin hongos fitopatógenos (Control F). Barra de escala = 5 cm.

En la longitud de las raíces tratadas con los hongos formulados se observó una disminución del 26% al 31%, mientras que en aquellas tratadas con hongos no formulados no se encontraron diferencias significativas en comparación con los controles (Tabla 1). Además, se observaron reducciones en el peso seco de las raíces que variaron entre el 26% y el 35% con hongos formulados, y entre el 19% y el 25% con hongos no formulados (Tabla 1). Por otro lado, en la parte aérea, solo se observaron reducciones significativas en las plantas tratadas con hongos formulados, con una disminución del 42% al 43% en la longitud y del 22% al 29% en el peso seco (Tabla 1). Las plantas de garbanzo, frijol, sorgo y maíz inoculadas con los tratamientos formulados no mostraron síntomas de enfermedad ni efectos negativos en su desarrollo (datos no mostrados).

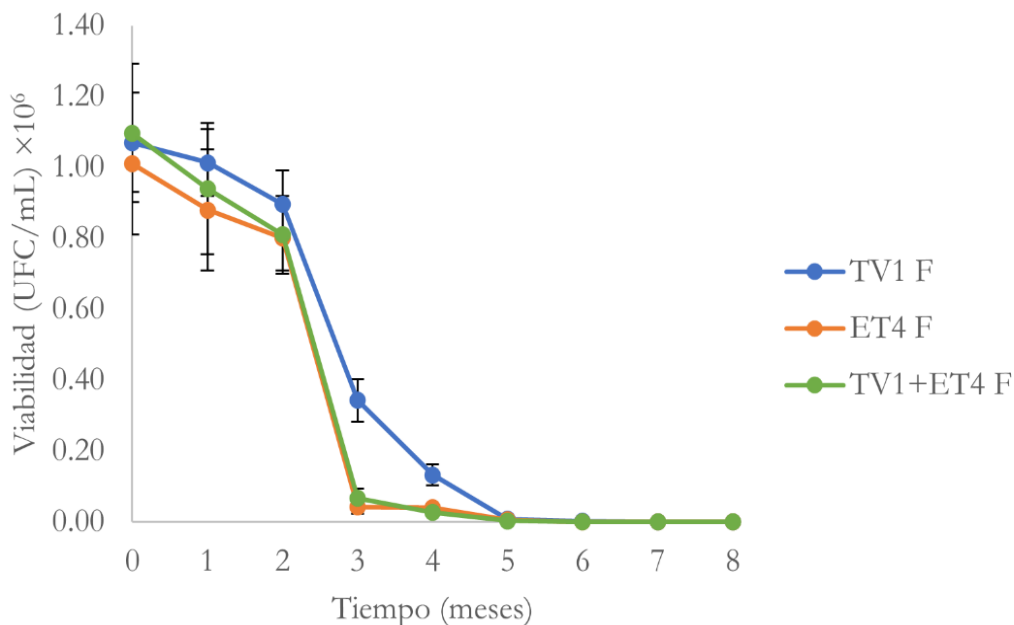
El proceso de formulación ha sido reconocido como un componente crucial para mejorar la actividad bioherbida de un agente de control biológico (Zhang et al., 2003). Esto se ha demostrado tanto en el presente estudio como en investigaciones previas. Shabana et al. (2010) observaron un aumento de 5.55 veces en la severidad de la enfermedad y una inhibición del 58.53% del peso seco de plantas de *Amaranthus tuberculatus* tratadas con una formulación en emulsión del hongo fitopatógeno *Microsphaeropsis amaranthi* en comparación con las plantas tratadas con el hongo no formulado. Por otro lado, Abdessemed et al. (2020), evaluaron una formulación en emulsión de *Alternaria alternata* para el control de *Xanthium strumarium*, observando una reducción en la longitud de los brotes y las raíces, así como en el peso seco total de las plantas, en un 50%, 26.76% y 57.69%, respectivamente, además de un % ISE de hasta 80%. En cuanto a *C. arvensis*, esta maleza ha sido controlada en campo con una formulación en emulsión a base de esporas de *Stagonospora* sp., resultando en un 94.5% de necrosis del área foliar, mientras que la aplicación de hongos no formulados generó menos del 50% de necrosis en el área foliar en planta (Pfirter & Defago, 1998).

La mejora del efecto bioherbida de las formulaciones TV1 F, ET4 F y (TV1+ET4) F se debe posiblemente a la capacidad de sus componentes para mitigar factores ambientales como la temperatura y los largos periodos de rocío necesarios para la propagación de los hongos (Boyette et al., 2016). Esto se logra al retrasar la evaporación y atrapar el agua de la emulsión alrededor de las células del hongo, favoreciendo su germinación durante la infección, o al inducir un suministro exógeno de agua, desde las células del tejido foliar (Abdessemed et al., 2020; Babu et al., 2003; Shabana et al., 2010). Además, la formulación en emulsión mejora la adhesión de los agentes de biocontrol a las hojas (Auld et al., 2003; Pfirter & Defago, 1998) y la penetración en los tejidos foliares, facilitada por el surfactante presente, aumenta la retención del inóculo, y la probabilidad de infección por el agente bioherbida (Bastos et al., 2017; Boyetchko et al., 2002).

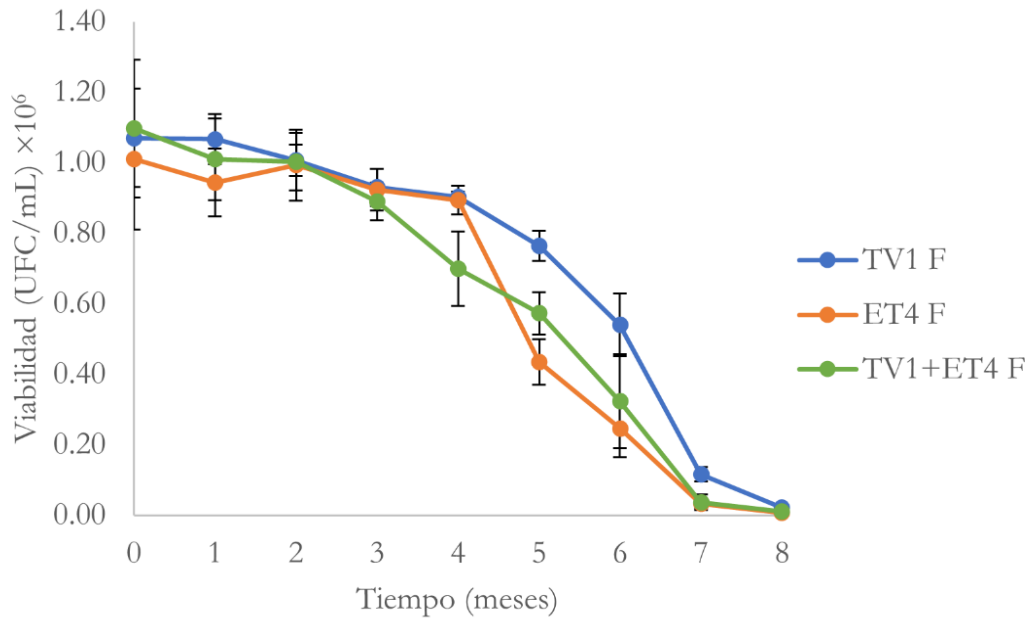
**Viabilidad y vida de anaquel**

Las formulaciones almacenadas a 25°C no mostraron diferencias estadísticas en comparación con la concentración inicial durante los primeros dos meses de almacenamiento. Sin embargo, durante el tercer mes, la viabilidad disminuyó a 32%, 4% y 6% para las formulaciones TV1 F, ET4 F y (TV1+ET4) F respectivamente. A partir del quinto mes, la viabilidad de estas formulaciones fue inferior al 1% (Figura 2). Por otro lado, las formulaciones almacenadas a 4°C se mantuvieron estables durante los primeros cuatro meses, con viabilidades de 84%, 88% y 64% para TV1 F, ET4 F y (TV1+ET4) F respectivamente. Después de 8 meses la viabilidad observada fue del 1 al 2% (Figura 3).

Estos resultados concuerdan con lo reportado por Shabana et al. (2003), quienes sostienen que el almacenamiento a bajas temperaturas contribuye a la preservación de la viabilidad de los agentes de biocontrol. Por otro lado, Hershenhorn et al. (2016) indican que la formulación debe mejorar la efectividad del microorganismo y garantizar una vida útil de al menos un año. Shabana et al. (2003) también reportaron que una formulación tipo pesta retuvo el 93% de la viabilidad de las esporas de *Fusarium oxysporum* durante un año de almacenamiento a 3°C. La estabilidad a largo plazo y la vida útil prolongada son aspectos deseables en el desarrollo de formulaciones, ya que facilitan el transporte desde el fabricante hasta el usuario final (Boyetchko et al., 2002), favoreciendo la comercialización de los productos de biocontrol (Zidack & Quimby, 1999).



**Figura 2.** Vida de anaquel de formulaciones de hongos fitopatógenos almacenadas a 25°C.



**Figura 3.** Vida de anaquel de formulaciones de hongos fitopatógenos almacenadas a 4°C.

## CONCLUSIONES

En conclusión, los hallazgos del presente estudio indican que la formulación en emulsión de los hongos TV1 y ET4, así como su combinación TV1+ET4, incrementa significativamente el potencial bioherbicida de estos aislados en comparación con los aislados no formulados. Además, se ha demostrado que su almacenamiento a 4°C permite mantener su viabilidad y efectividad durante al menos cuatro meses. Estos resultados subrayan la importancia de una formulación adecuada para mejorar la eficacia y la estabilidad de los agentes de biocontrol.

Para avanzar en este campo, se sugiere realizar estudios adicionales con estas formulaciones en condiciones de invernadero y en campo abierto. Esto permitirá evaluar su desempeño en entornos más variables y realistas, proporcionando datos cruciales para su potencial comercialización y uso práctico en programas de manejo integrado de malezas. Además, investigar otras posibles combinaciones y optimizar su formulación podría mejorar aún más la eficacia y durabilidad de estos agentes bioherbicidas.

## BIBLIOGRAFÍA

Abbas, T., Zahir, Z.A., Naveed, M., & Kremer, R.J. 2018. Chapter Five - Limitations of existing weed control practices necessitate development of alternative techniques based on biological approaches. In: Sparks, D.L. (Ed.), *Advances in Agronomy*. Academic Press (Vol. 147), pp. 239-280. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/bs.agron.2017.10.005>

- Abdessemed, N., Bahet, Y.A., & Zermane, N. 2020. Mycoherbicide potential of *Alternaria alternata* (Fries.) Kiessler and its formulations on the host weed *Xanthium strumarium* L. Biocontrol Science and Technology, 30(12): 1300-1315. <https://doi.org/https://doi.org/10.1080/09583157.2020.1814692>
- Abdessemed, N., Kerroum, A., Bahet, Y., Talbi, N., & Zermane, N. 2019. First report of *Alternaria* leaf spot caused by *Alternaria alternata* (Fries.) Kiessler on *Sonchus oleraceus* L. and *Convolvulus arvensis* L. in Algeria [<https://doi.org/10.1111/jph.12800>]. Journal of Phytopathology, 167(6): 321-325. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/jph.12800>
- Auld, B., Hetherington, S., & Smith, H. 2003. Advances in bioherbicide formulation. Weed Biology and Management, 3: 61-67. <https://doi.org/10.1046/j.1445-6664.2003.00086.x>
- Babu, R.M., Sajeena, A., & Seetharaman, K. 2003. Bioassay of the potentiality of *Alternaria alternata* (Fr.) Keissler as a bioherbicide to control waterhyacinth and other aquatic weeds. Crop Protection, 22(8): 1005-1013. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0261-2194\(03\)00115-7](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0261-2194(03)00115-7)
- Bastos, B.O., Deobald, G.A., Brun, T., Dal Prá, V., Junges, E., Kuhn, R.C., Pinto, A.K., & Mazutti, M.A. 2017. Solid-state fermentation for production of a bioherbicide from *Diaporthe* sp. and its formulation to enhance the efficacy. 3 Biotech, 7(2): 135. <https://doi.org/10.1007/s13205-017-0751-4>
- Bordin, E., Camargo, A., Rossetto, V., Scapini, T., Modkovski, T., Weirich, S., Carezia, C., Franceschetti, M., Balem, A., Golunski, S., Galon, L., Fuzinato, C., Fongaro, G., Mossi, A., & Treichel, H. 2018. Non-toxic bioherbicides obtained from *Trichoderma koningiopsis* can be applied to the control of weeds in agriculture crops. Ind. Biotechnol., 14: 157-163. <https://doi.org/10.1089/ind.2018.0007>
- Bordin, E.R., Frumi Camargo, A., Stefanski, F.S., Scapini, T., Bonatto, C., Zanivan, J., Preczeski, K., Modkovski, T.A., Reichert Júnior, F., Mossi, A.J., Fongaro, G., Ramsdorf, W.A., & Treichel, H. 2021. Current production of bioherbicides: mechanisms of action and technical and scientific challenges to improve food and environmental security. Biocatal. Biotransform., 39(5): 346-359. <https://doi.org/10.1080/10242422.2020.1833864>
- Boss, D., Schläpfer, E., Fuchs, J., Défago, G., & Maurhofer, M. 2007. Improvement and application of the biocontrol fungus *Stagonospora convolvuli* LA39 formulation for efficient control of *Calyptegia sepium* and *Convolvulus arvensis*. Journal of Plant Diseases and Protection, 114(5): 232-238. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/BF03356223>



- Boyetchko, S.M., Rosskopf, E.N., Caesar, A.J., & Charudattan, R. 2002. Biological weed control with pathogens: search for candidates to applications. In: Khachatourians, G.G., & Arora, D.K. (Eds.), *Applied Mycology and Biotechnology*. Elsevier (Vol. 2), pp. 239-274. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S1874-5334\(02\)80013-2](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S1874-5334(02)80013-2)
- Boyette, C., Hoagland, R., & Stetina, K. 2016. Efficacy improvement of a bioherbicidal fungus using a formulation-based approach. *American Journal of Plant Sciences*, 07: 2349-2358. <https://doi.org/10.4236/ajps.2016.716206>
- Brun, T., Rabuske, J.E., Luft, L., Confortin, T.C., Toderó, I., Aita, B.C., Zabot, G.L., & Mazutti, M.A. 2020. Powder containing biomolecules from *Diaporthe schini* for weed control. *Environ. Technol.*, 43(14): 2135-2144. <https://doi.org/10.1080/09593330.2020.1867651>
- Cañamás, T.P., Viñas, I., Usall, J., Magan, N., Solsona, C., & Teixidó, N. 2008. Impact of mild heat treatments on induction of thermotolerance in the biocontrol yeast *Candida sake* CPA-1 and viability after spray-drying. *J Appl Microbiol*, 104(3): 767-775. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.2007.03590.x>
- Défago, G., Ammon, H.U., Cagán, L., Draeger, B., Greaves, M.P., Guntli, D., Hoeke, D., Klimes, L., Lawrie, J., Moëgne-Loccoz, Y., Nicolet, B., Pfirter, H.A., Tabacchi, R., & Toth, P. 2001. Towards the biocontrol of bindweeds with a mycoherbicide. *BioControl*, 46: 157-173. <https://doi.org/10.1023/A:1011441816615>
- Ferreira, M.I., & Reinhardt, C.F. 2016. Allelopathic weed suppression in agroecosystems: A review of theories and practices. *Afr. J. Agric. Res.*, 11(6): 450-459. <https://doi.org/10.5897/ajar2015.10580>
- Ghorbani, R., Seel, W., Litterick, A., & Leifert, C. 2000. Evaluation of *Alternaria alternata* for biological control of *Amaranthus retroflexus*. *Weed Science*, 48(4): 474-480. [https://doi.org/https://doi.org/10.1614/0043-1745\(2000\)048\[0474:EOAAFB\]2.0.CO;2](https://doi.org/https://doi.org/10.1614/0043-1745(2000)048[0474:EOAAFB]2.0.CO;2)
- Harding, D.P., & Raizada, M.N. 2015. Controlling weeds with fungi, bacteria and viruses: a review [Review]. *Front. Plant Sci.*, 6(659). <https://doi.org/https://doi.org/10.3389/fpls.2015.00659>
- Hatta, R., Ito, K., Hosaki, Y., Tanaka, T., Tanaka, A., Yamamoto, M., Akimitsu, K., & Tsuge, T. 2002. A conditionally dispensable chromosome controls host-specific pathogenicity in the fungal plant pathogen *Alternaria alternata*. *Genetics*, 161(1): 59-70. <https://doi.org/10.1093/genetics/161.1.59>
- Hershenhorn, J., Casella, F., & Vurro, M. 2016. Weed biocontrol with fungi: past, present and future. *Biocontrol Science and Technology*, 26(10): 1313-1328. <https://doi.org/https://doi.org/10.1080/09583157.2016.1209161>

- Hoagland, D.R., & Arnon, D.I. 1950. The water-culture method for growing plants without soil second ed., Vol. 347. College of Agriculture, University of California, Berkeley, California, p.
- Ibrahim, N., & Tawfik, M. 2019. Fungi as potential biocontrol agents against *Convolvulus arvensis* and *Portulaca oleracea* infesting the agroecosystems of Egypt. Egypt. J. Microbiol., 54(1): 117-135. <https://doi.org/https://doi.org/10.21608/ejm.2019.17443.1117>
- Kotan, R., Okutucu, A., Ala Görmez, A., Karagoz, K., Dadasoglu, F., Karaman, İ., Hasanekoglu, İ., & Kordali, Ş. 2013. Parasitic bacteria and fungi on common mistletoe (*Viscum album* L.) and their potential application in biocontrol. Journal of Phytopathology, 161(3): 165-171. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/jph.12048>
- Meena, M., Prasad, V., & Upadhyay, R.S. 2016. Assessment of the bioweedical effects of *Alternaria alternata* metabolites against *Parthenium* species. Bulletin of Environmental and Scientific Research, 5(1): 1-7. <http://besr.org.in/index.php/besr/article/view/60>
- Morin, L., Watson, A.K., & Reeleder, R.D. 1990. Effect of dew, inoculum density, and spray additives on infection of field bindweed by *Phomopsis convolvulus*. Canadian Journal of Plant Pathology, 12(1): 48-56. <https://doi.org/10.1080/07060669009501042>
- Omer, A. 2010. Bioformulations of *Bacillus* spores for using as biofertilizer. Life Science Journal, 7.
- Pfirter, H.A., Ammon, H.-U., Guntli, D., Greaves, M.P., & Defago, G. 1997. Towards the management of field bindweed (*Convolvulus arvensis*) and hedge bindweed (*Calystegia sepium*) with fungal pathogens and cover crops. Integrated Pest Management Reviews, 2(2): 61-69. <https://doi.org/https://doi.org/10.1023/A:1018432513776>
- Pfirter, H.A., & Defago, G. 1998. The potential of *Stagonospora* sp. as a mycoherbicide for field bindweed. Biocontrol Science and Technology, 8(1): 93-101. <https://doi.org/10.1080/09583159830469>
- Radhakrishnan, R., Alqarawi, A.A., & Abd Allah, E.F. 2018. Bioherbicides: Current knowledge on weed control mechanism. Ecotoxicol. Environ. Saf., 158: 131-138. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2018.04.018>
- Rai, M., Zimowska, B., Shinde, S., & Tres, M.V. 2021. Bioherbicidal potential of different species of *Phoma*: opportunities and challenges. J. Appl. Microbiol. Biotechnol., 105(8): 3009-3018. <https://doi.org/10.1007/s00253-021-11234-w>
- Razaghi, P., & Zafari, D. 2017. *Phoma crystallifera* with phytotoxic effects and pathogenic potential against field bindweed (*Convolvulus arvensis* L.) in Iran. Journal of Applied Microbiology, 122: 1275-1285. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/jam.13411>

- Shabana, Y., Singh, D., Ortiz-Ribbing, L.M., & Hallett, S.G. 2010. Production and formulation of high quality conidia of *Microsphaeropsis amarantbi* for the biological control of weedy *Amaranthus* species. *Biological Control*, 55(1): 49-57. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2010.06.014>
- Shabana, Y.M., Müller-Stöver, D., & Sauerborn, J. 2003. Granular Pesta formulation of *Fusarium oxysporum* f. sp. orthoceras for biological control of sunflower broomrape: efficacy and shelf-life. *Biological Control*, 26(2): 189-201. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S1049-9644\(02\)00130-5](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S1049-9644(02)00130-5)
- Siddiqui, I., Bajwa, R., & Javaid, D.A. 2010. Mycoherbicidal potential of *Alternaria alternata* for management of *Chenopodium album* under field condition. *African Journal of Biotechnology*, 9: 8308-8312. <https://doi.org/10.5897/AJB10.1023>
- Sotelo-Cerón, N.D., Maldonado-Mendoza, I.E., Leyva-Madrigal, K.Y., & Martínez-Álvarez, J.C. 2023. Isolation, selection, and identification of phytopathogenic fungi with bioherbicide potential for the control of field bindweed (*Convolvulus arvensis* L.). *Weed Biology and Management*, 23 (3-4): 99-109. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/wbm.12275>
- Townsend, G., & Heuberger, J. 1943. Methods for estimating losses caused by diseases in fungicidal experiments. *Plant Dis Reporter*, 27(17): 340-343. <https://eurekamag.com/research/025/008/025008582.php>
- Vogelgsang, S., Watson, A., & DiTommaso, A. 1998. Effect of moisture, inoculum production, and planting substrate on disease reaction of field bindweed (*Convolvulus arvensis* L.) to the fungal pathogen, *Phomopsis convolvulus*. *European Journal of Plant Pathology*, 104: 253-262. <https://doi.org/10.1023/A:1008681900370>
- Zhang, W., Wolf, T.M., Bailey, K.L., Mortensen, K., & Boyetchko, S.M. 2003. Screening of adjuvants for bioherbicide formulations with *Colletotrichum* spp. and *Phoma* spp. *Biological Control*, 26(2): 95-108. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S1049-9644\(02\)00133-0](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S1049-9644(02)00133-0)
- Zidack, N., & Quimby, P. 1999. Formulation and application of plant pathogens for biological weed control Vol. 5. *Methods in Biotechnology*, p. [https://doi.org/ https://doi.org/10.1385/0-89603-515-8:371](https://doi.org/https://doi.org/10.1385/0-89603-515-8:371)

## Índice Remissivo

### A

agar, 194, 203  
agaváceas, 191, 192, 203  
Análisis proximal, 91

### B

Bahía de Lobos, 8, 9, 10, 13  
biofertilización, 6, 14

### C

cactáceas, 191, 192, 193, 194, 201, 203  
*Convolvulus arvensis*, 73, 74  
Cromatografía de gases, 168

### E

Extracción por arrastre de vapor, 28, 29  
Extracción por maceración, 29, 30  
extractos de plantas, 139, 146, 148

### F

feromonas, 139, 142  
fitoestabilización, 197, 203  
Formulación, 206

### I

in vitro, 139, 140, 141

### M

metales pesados, 191, 192, 193, 194, 195, 196,  
197, 198, 199, 200, 201, 202, 203  
México, 208

### P

*Parkinsonia aculeata*, 6, 8  
Pleurotus, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56  
Proteína cruda, 92  
Pulsos ultrasónicos, 32

### Q

Quitinasas, 63

### S

semi-desierto, 9  
semioquímicos, 139, 149

### T

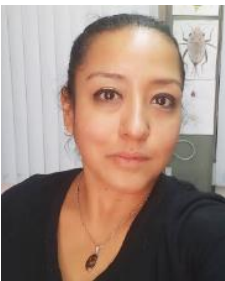
transgénicos, 139



**Dr. Leandris Argente-Martínez.** Profesor Investigador Titular C, del Tecnológico Nacional de México, Campus valle del Yaqui. Doctorado en Ciencias Biotecnológicas por el Instituto Tecnológico de Sonora. Miembro del Sistema Nacional de Investigadoras e Investigadores (SNII) Nivel 1. Profesor Perfil Deseable (PRODEP) de la Secretaría de Educación Pública de México, Líder del Cuerpo Académico ITVAYA-CA-3. Línea de investigación: Agricultura sustentable, Fisiología, Bioquímica, Biología Celular y Molecular del estrés.



**Dra. Ofelda Peñuelas-Rubio.** Profesora Investigadora Titular C, del Tecnológico Nacional de México, Campus valle del Yaqui. Doctorado en Ciencias Biotecnológicas por el Instituto Tecnológico de Sonora. Miembro del Sistema Nacional de Investigadoras e Investigadores (SNII) Nivel 1. Profesora Perfil Deseable (PRODEP) de la Secretaría de Educación Pública de México, Miembro del Cuerpo Académico ITVAYA-CA-3. Línea de investigación: Agricultura sustentable, Fisiología, Bioquímica, Biología Celular y Molecular de sistemas terrestres y costeros.



**Dra. Lucila Perales-Aguilar.** Profesora Investigadora del Tecnológico Nacional de México, miembro del S.N.I. candidata, con experiencia en biotecnología de plantas del semidesierto y remediación de suelos contaminados con metales pesados. Profesor con perfil deseable de la Secretaría de Educación Pública. Línea de investigación sobre Producción de Cactáceas y Agavaceas *in vitro* y remediación de suelos del semidesierto



**Dr. Ugur Azizoglu** es profesor asociado en el Departamento de Producción Agrícola y Animal de la Universidad de Kayseri y actualmente continúa su investigación en el Centro de Células Madre y Genoma de la Universidad Erciyes (GENKÖK), Türkiye. Se graduó de la Facultad de Ciencias y del Departamento de Biología de la Universidad Erciyes en julio de 2007 y obtuvo una Maestría en Ciencias en Biología en junio de 2009. Completó su doctorado en el Departamento de Biología de la Universidad Erciyes en 2014. El enfoque de sus estudios es la biotecnología microbiana, el control biológico, las bacterias genéticamente modificadas y las

bacterias promotoras del crecimiento de las plantas. El Dr. Azizoglu ha participado en numerosas conferencias y talleres y se ha desempeñado como revisor de revistas internacionales.



**E**l presente compendio científico “Biotecnología agropecuaria aplicada” aborda temas relevantes del área agropecuaria. Se hace énfasis en el aprovechamiento de microorganismos bacterianos y fúngicos y su potencial uso en los agroecosistemas. Estas aplicaciones con la finalidad de promover prácticas sustentables de producción, desde la promoción del crecimiento vegetal en condiciones ambientales adversas, el biocontrol de fitopatógenos y malezas, así como la biorremediación. También se exploran metodologías novedosas para la obtención de compuestos antioxidantes y antifúngicos. Además, se presentan avances en la elaboración de nuevos alimentos para la producción acuícola, como alternativas para la nutrición efectiva.

Los trabajos aquí presentados constituyen evidencias de los pasos sólidos que dan los diferentes grupos de investigación nacionales e internacionales del área de la biotecnología agropecuaria. Se agradece la participación de los autores que pertenecen al Sistema Nacional de Investigadoras e Investigadores (SNII-CONAHCYT) de los Estados Unidos Mexicanos.



**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](mailto:contato@editorapantanal.com.br)