

Leandris Argente!-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 Garatuzza-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. Garatuzza-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



Efectos de *Enterobacter cloacae* y *Priestia megaterium* en la absorción de agua y germinación de de frijol

Recibido em: 12/04/2025

Aprobado em: 15/05/2025

 10.46420/9786585756563cap3

Luis Enrique Estrella-Osuna 

Leandris Argentele-Martínez 

Ofelda Peñuelas-Rubio 

Lorenzo Pérez-López 

Maritza Arellano-Gil* 

Jaime Garatuza-Payán 

Andrés Francisco Chávez-Almanza 

INTRODUCCIÓN

El frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) es una de las leguminosas más importantes a nivel mundial, ya que representa una fuente significativa de proteínas, vitaminas y minerales esenciales en la dieta humana (Maqueira-López et al., 2024).

El aumento de las temperaturas, combinado con la disminución de la disponibilidad de humedad, representa un riesgo significativo para la producción de frijol. El déficit hídrico disminuye su crecimiento y productividad, de manera proporcional a la severidad y a la magnitud de la condición de estrés (Morales-Guevara et al., 2024).

El estrés hídrico afecta negativamente la producción agrícola, ya que el desarrollo óptimo de las plantas depende de un suministro adecuado de agua a lo largo de las distintas etapas fenológicas, siendo especialmente crítico durante la germinación, que requiere de una cantidad de agua que active su metabolismo (Arruda et al., 2025).

La germinación es una etapa crítica en el ciclo de vida de las plantas, y su éxito depende en gran medida de la rapidez y uniformidad con que ocurre este proceso, y es determinante para el establecimiento eficiente de cultivos en sistemas de producción agrícola a escala comercial (Maestre et al., 2024). Es un proceso fisiológico mediante el cual, a partir del embrión, emergen y se desarrollan las estructuras esenciales para la formación de una planta, las cuales se desencadenan tras la absorción de agua por la semilla (Morales-Santos et al., 2017).

Se ha demostrado que ciertas bacterias pertenecientes al grupo de las rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal inducen un aumento en la velocidad y el porcentaje de germinación de las semillas. Este efecto se atribuye, en gran medida, a la producción de fitohormonas que estimulan procesos fisiológicos clave durante las etapas iniciales del desarrollo vegetal (Tanya-Morocho; Leiva-Mora, 2019).

* Autor correspondiente: marellano@itson.edu.mx

Los microorganismos que se establecen en las semillas durante el proceso de germinación pueden proliferar y colonizar completamente el sistema radicular. La colonización que tiene lugar durante la fase de impregnación o inmersión de las semillas ejerce una influencia significativa en el crecimiento y desarrollo de la planta (Moreno-Reséndez et al., 2018).

Especies como *Acetobacter*, *Agrobacterium*, *Alcaligenes*, *Arthrobacter*, *Azospirillum*, *Azotobacter*, *Bacillus*, *Burkholderia*, *Enterobacter* y *Frankia*, han demostrado su capacidad para asociarse con las plantas y contribuir significativamente a mejorar el crecimiento y la supervivencia de las plantas, favoreciendo su desarrollo y tolerancia a estrés (Bhadrecha et al., 2023).

El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de *Enterobacter cloacae* y *Priestia megaterium* en la absorción de agua y germinación de semillas de frijol pinto bajo diferentes condiciones de humedad.

MATERIAL Y MÉTODOS

Lugar del experimento

La investigación se llevó a cabo en el Laboratorio de Biotecnología del Tecnológico Nacional de México, campus Valle del Yaqui (ITVY), con el objetivo de evaluar el efecto de *Enterobacter cloacae* y *Priestia megaterium* sobre la absorción de agua y germinación de semillas del frijol pinto Bill Z.

Cultivo bacteriano

Las cepas de *Enterobacter cloacae* (Figura 1) y *Priestia megaterium* (Figura 2) se cultivaron en caldo Luria-Bertani (LB) + glucosa a 30°C por 24 y 48 horas, posteriormente se tomaron muestras de cada cultivo bacteriano y se ajustaron a una concentración de 10^7 UFC ml⁻¹.

Las bacterias fueron resuspendidas en una solución salina tamponada con fosfato (PBS) para su inoculación en las semillas de frijol. La resuspensión en PBS se realizó para proporcionar un medio isotónico que garantiza la estabilidad de las bacterias durante el proceso de inoculación, sin alterar su viabilidad.

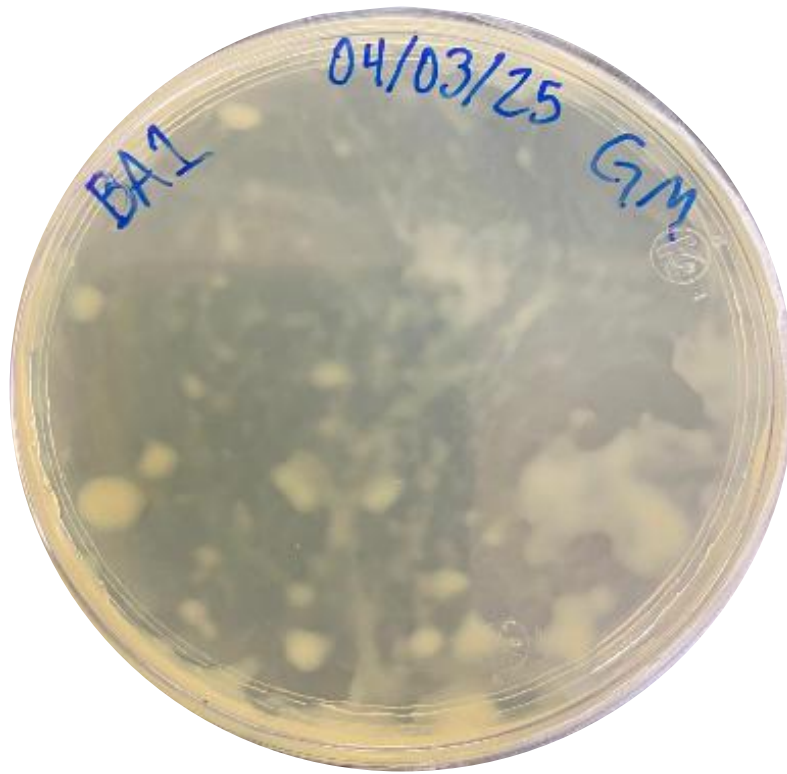


Figura 1. Cepa de *Enterobacter cloacae*.



Figura 2. Cepa de *Priestia megaterium*.

Desinfección de semillas

La desinfección de las semillas de frijol se realizó en tubos falcón de 50 ml, con un total de 20 semillas por tubo, a cada uno de ellos se le adicionó etanol (70%) por dos minutos (Figura 3), posteriormente se descartó el etanol y se procedió a lavar con hipoclorito de sodio (0.12%) durante 10 minutos con agitación suave. Finalmente, se lavaron cinco veces con agua destilada estéril. Después del último enjuague, las semillas se colocaron en condiciones estériles sobre papel absorbente estéril dentro de una cabina de flujo laminar y se dejaron secar al ambiente por aproximadamente 30 minutos, hasta eliminar el exceso de humedad superficial.



Figura 3. Desinfección de semillas de frijol con etanol.

Tratamientos y diseño experimental

El experimento se realizó condiciones controladas de laboratorio utilizando un diseño completamente aleatorizado, con el objetivo de evaluar el efecto de cuatro tratamientos: T1 *Enterobacter cloacae*; T2 *Priestia megaterium*; T3 *Enterobacter cloacae* + *Priestia megaterium*; T4 Control, sobre la absorción de agua y la germinación de semillas de frijol, bajo tres diferentes condiciones de humedad (70%, 80% y 100%), con el fin de simular diferentes condiciones de humedad del suelo que podrían afectar la germinación de las semillas. Cada tratamiento se replicó en tres placas por tratamiento, y cada placa contenía cuatro semillas, sumando un total de 12 semillas por tratamiento.

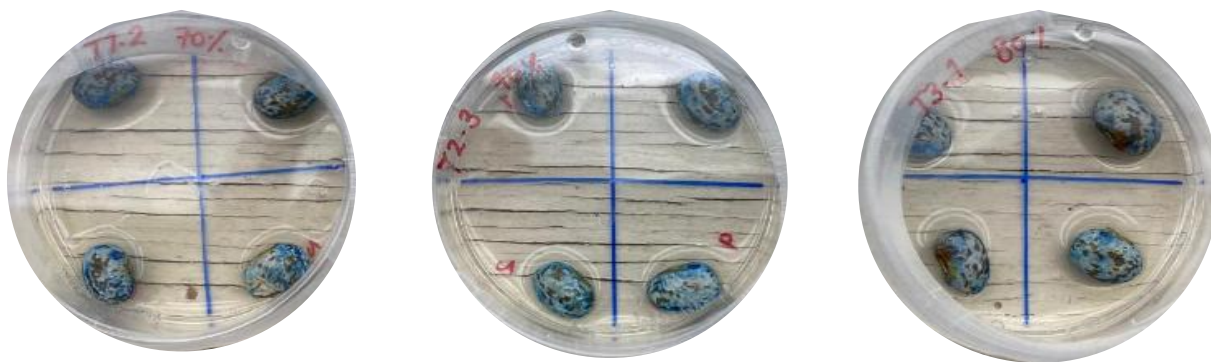


Figura 4. Semillas de frijol sembradas en cajas Petri con agar agar y suspensión bacteriana.

Las semillas fueron cultivadas en cajas Petri de 5 cm de diámetro, que contenían agar agar como medio de cultivo, que actuó como medio hidratante para las semillas durante el proceso de germinación (Figura 4). A cada caja Petri se le añadió un ml de la suspensión bacteriana correspondiente a cada tratamiento (control o bacterias).

Variables evaluadas

Las semillas fueron pesadas individualmente antes de iniciar el proceso de germinación, y posteriormente a las 24, 48 y 72 horas después de la siembra. Con base en estas mediciones, se determinó la cantidad de agua absorbida por la semilla y el porcentaje de germinación.

La cantidad de agua absorbida por cada semilla fue determinada mediante la diferencia entre el peso registrado en cada intervalo de tiempo (peso final) y el peso inicial, considerándose esta diferencia como el agua absorbida, expresada en gramos.

El porcentaje de germinación fue calculado con base en el número de semillas que presentaron signos visibles de germinación (emergencia de la radícula) (Figura 5) en cada intervalo de tiempo, respecto al total de semillas sembradas.

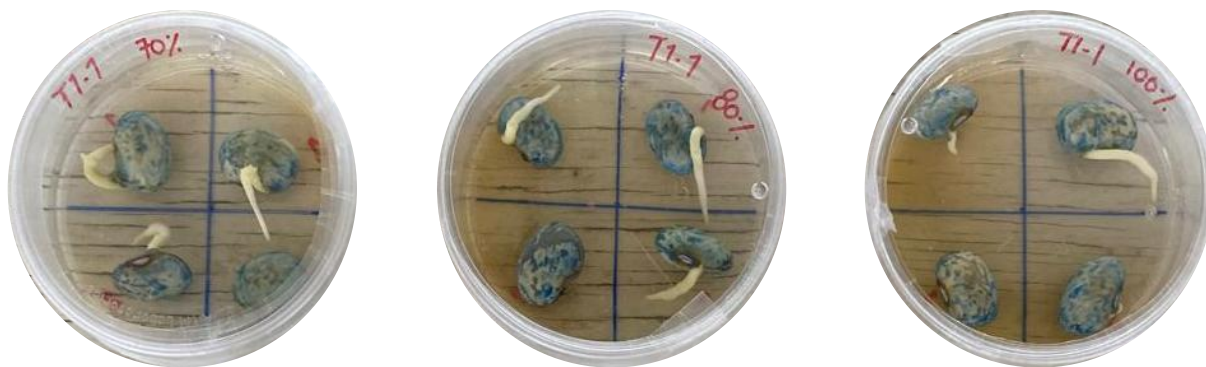


Figura 5. Semillas de frijol sembradas en cajas Petri con agar agar y suspensión bacteriana a las 72 horas.

Análisis estadísticos

Para evaluar la absorción de agua y germinación de la semilla se realizó un análisis de varianza de clasificación simple y se empleó la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$) para la comparación múltiple de medias. Se utilizó el programa estadístico IBM SPSS Statistics 22.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Figura 6 muestra la cantidad de agua absorbida (en gramos) por las semillas de frijol inoculadas con diferentes tratamientos a lo largo de 72 horas bajo condiciones de 70% de humedad. Aunque se observaron variaciones en los promedios entre tratamientos, estas no fueron estadísticamente significativas ($p > 0.05$). Se observa que el tratamiento control (T4) fue superior a las 24, 48 y 72 horas. Después de las 24 horas, la absorción de agua continuó incrementándose, el tratamiento control (T4) se mantuvo como el tratamiento con mayor absorción a las 48 horas, seguido por T2. Por su parte, T1 y T3 mostraron valores más bajos.

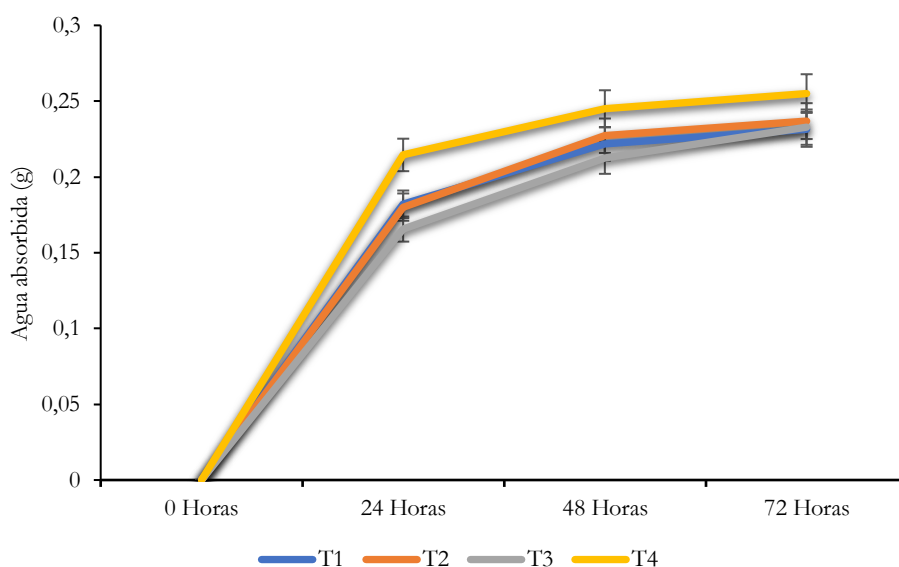


Figura 6. Absorción de agua por efecto de bacterias bajo condiciones de 70% de humedad.

Finalmente, a las 72 horas, las diferencias entre tratamientos tendieron a reducirse, alcanzándose valores de absorción muy similares, siendo el control (T4) el de mayor valor de absorción de agua.

Sin embargo, es importante considerar que las suspensiones bacterianas fueron preparadas en medio PBS, mientras que el control utilizó agua estéril, lo que podría haber influido en la velocidad inicial de imbibición debido a diferencias en la osmolaridad, ya que uno de los efectos más evidentes del estrés salino es la reducción en la capacidad de absorción de agua (Argente-Martínez et al., 2015).

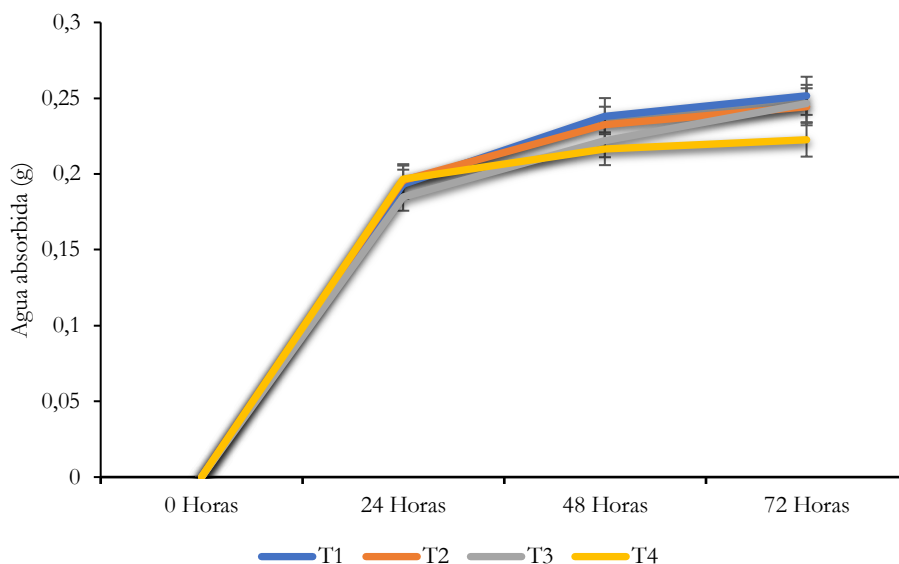


Figura 7. Absorción de agua por efecto de bacterias bajo condiciones de 80% de humedad.

Para la condición de 80% de humedad, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos para la variable evaluada ($p > 0.05$), a las 24 horas se mostró un rápido incremento en la absorción de agua de manera similar para todos los tratamientos. Sin embargo, a partir de las 48 horas, el tratamiento de *Enterobacter cloacae* (T1) presentó una absorción de agua mayor en comparación con los demás tratamientos, seguido de T2 y T3, mientras que el control (T4) registró valores inferiores. Esta tendencia se mantuvo a las 72 horas, donde T1 conservó el mayor nivel de absorción (Figura 7).

La inoculación de *Enterobacter cloacae* en cultivos bajo estrés hídrico y salino incrementa las proteínas asociadas a la defensa, la fotosíntesis y el transporte de iones. También regula la expresión de proteínas que refuerzan la pared celular y mantienen la integridad de la membrana, previniendo daños celulares (Bécquer et al., 2022).

En un estudio realizado por Hussain et al. (2025), *E. cloacae* en consorcio con otras bacterias solubilizadoras de fosfato mostró un efecto positivo en la mitigación del estrés hídrico en cultivo de trigo,

esta co-inoculación promovió de forma significativa el desarrollo del sistema radicular y mejoró el índice de vigor en condiciones de déficit hídrico.

Así mismo, la inoculación de semillas con esta bacteria en cultivos de sorgo provocó un aumento significativo en el contenido de agua residual en las hojas, en comparación con las plantas estresadas no tratadas, por lo que *E. cloacae* tiene un efecto positivo en la respuesta fisiológica de las plantas bajo condiciones de estrés hídrico (Shinde, 2024).

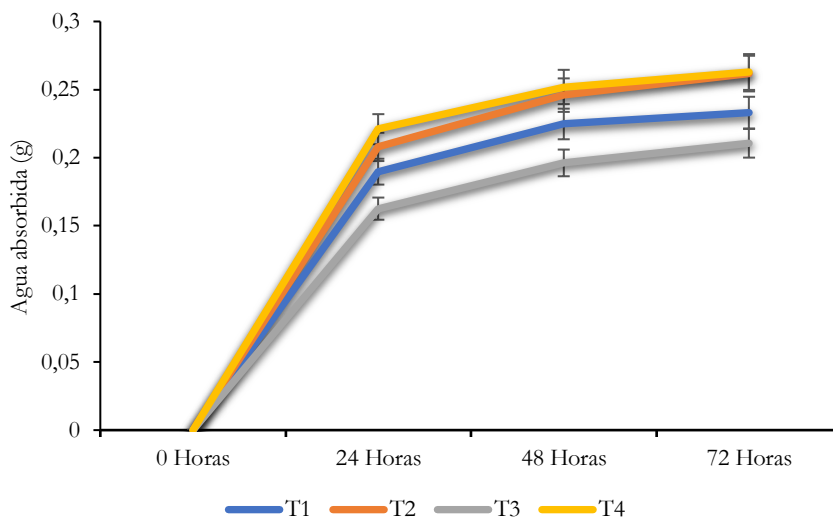


Figura 8. Absorción de agua por efecto de bacterias bajo condiciones de 100% de humedad.

Bajo condiciones de 100% de humedad se observa que T4 fue el tratamiento que mayor absorción de agua obtuvo a las 24, 48 y 72 horas, a pesar que el análisis de varianza no mostró diferencias significativas entre los tratamientos ($p > 0.05$) (Figura 8). El tratamiento control (T4) presentó la mayor absorción desde las primeras mediciones, seguido de T2 (*Priestia megaterium*), mientras que el consorcio (T3) mostró los valores más bajos. A las 48 horas, se mantuvo esta tendencia, con T4 y T2 superando en absorción de agua en comparación al resto de los tratamientos.

Priestia spp. contribuye significativamente a la adaptación de las plantas frente al estrés hídrico, a través de distintos mecanismos fisiológicos y bioquímicos, como la síntesis de osmolitos y compuestos antioxidantes, así como la generación de biopelículas en la zona de la rizosfera, lo que favorece una mejor absorción de agua y nutrientes (Baumer-Franceschini et al., 2024).

La bacteria *P. megaterium* ha demostrado que induce múltiples respuestas fisiológicas en las plantas, incluyendo la modulación en la expresión de genes relacionados con el estrés, la activación del sistema antioxidante y cambios en los niveles de fitohormonas, lo que contribuye a una mayor tolerancia al estrés abiótico (Shaffique et al., 2024).

De manera similar, la coinoculación de *P. megaterium* y *B. subtilis* ha mostrado efectos sinérgicos en el crecimiento y rendimiento de plantas leguminosas como la soya (Marchão et al., 2025).

Tabla 1. Porcentaje de germinación de semillas de frijol bajo diferentes condiciones de humedad (70%, 80% y 100%) a las 24, 48 y 72 horas.

Tratamientos	24 horas			48 horas			72 horas		
	70%	80%	100%	70%	80%	100%	70%	80%	100%
T1: <i>Enterobacter cloacae</i>	0 a	0 a	0 a	25 a	16.66 b	33.33 a	50 ab	66.66 a	58.33 a
T2 <i>Priestia megaterium</i>	0 a	0 a	0 a	0 a	33.33 ab	33.33 a	58.33 ab	75 a	58.33 a
T3 <i>Enterobacter cloacae</i> + <i>Priestia megaterium</i>	0 a	0 a	0 a	8.33 a	25 ab	41.66 a	25 b	66.66 a	66.66 a
T4: Control	0 a	0 a	0 a	41.66 a	75 a	58.33 a	83.33 a	83.33 a	91.66 a

*Medias con letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0.05$).

La Tabla 1 muestra el porcentaje de germinación de semillas de frijol a las 24, 48 y 72 horas después de la siembra bajo condiciones de humedad del sustrato del 70%, 80% y 100%. A las 24 horas no se observaron signos visibles de germinación en ninguno de los tratamientos en las diferentes condiciones de humedad evaluados, registrándose un 0% de germinación en todos los casos.

A las 48 horas se registraron los primeros signos de germinación. El tratamiento control (T4) mostró los mayores porcentajes de germinación en las condiciones de 80 y 100% de humedad, alcanzando un 75 y 58.33% de semillas germinadas respectivamente para esas condiciones, significativamente superiores al resto de los tratamientos. Por su parte, en la condición de 100% de humedad no hubo diferencias estadísticas entre los tratamientos.

A las 72 horas, todos los tratamientos mostraron un incremento en porcentaje de semillas germinadas. El tratamiento T4 continuó con los valores más altos de germinación, alcanzando 83.33% en condiciones de 70% y 80% de humedad, y 91.66% bajo 100% de humedad del sustrato.

El tratamiento de la bacteria *Enterobacter cloacae* (T1) y el consorcio (T3) alcanzaron porcentajes de germinación de hasta 66%. Por su parte, *Priestia megaterium* (T2) mostró mejores resultados, alcanzando 75% de germinación al 80% de humedad, resultando estadísticamente igual al control (T4) para las condiciones de 80 y 100% de humedad.

Estos resultados coinciden con los reportados por Pliego-Marín *et al.* (2013) que obtuvieron una afectación en la germinación de frijol por efecto del estrés hídrico, lo que redujo tanto la precocidad como la velocidad del proceso.

Arslan y Bulut (2023) evaluaron rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal en la germinación y el desarrollo de plántulas de frijol, incluyendo cepas del género *Bacillus*, y reportaron porcentajes de germinación que variaron entre 67.5 % y 97.5 %, dependiendo de la cepa utilizada. Cabe destacar que, en su estudio, las semillas del tratamiento control comenzaron a germinar después del tercer día, lo que indica que la inoculación bacteriana favoreció una germinación más rápida y eficiente.

La germinación rápida y uniforme de las semillas, así como el crecimiento inicial de las plántulas, son factores clave para la producción agrícola, ya que resultan importantes para asegurar un buen establecimiento de las plántulas en el campo (Reed et al., 2022).

Es importante considerar que las suspensiones bacterianas fueron preparadas en medio PBS, mientras que el tratamiento control se realizó con agua estéril. Esta diferencia en el medio de aplicación podría haber influido en la velocidad inicial de imbibición, ya que la presencia de sales en el PBS puede generar un estrés osmótico, reduciendo el potencial hídrico y, en consecuencia, limitando la disponibilidad de agua para la absorción por parte de la semilla (Mazón-Suástegui et al., 2022). Este factor podría haber atenuado los efectos positivos esperados de las bacterias durante las etapas iniciales del proceso de absorción de agua.

CONCLUSIONES

La inoculación de semillas de frijol con *Enterobacter cloacae*, *Priestia megaterium* y su combinación mostró efectos en la absorción de agua y la germinación bajo diferentes niveles de humedad. En condiciones de 70 y 100% de humedad, el tratamiento control (T4) presentó la mayor absorción de agua. A 70% de humedad la inoculación con *Priestia megaterium* (T2) mostró una buena capacidad de absorción inicial, pero no superó al tratamiento control (T4). Por su parte, la inoculación con *Enterobacter cloacae* (T1) promovió una mayor absorción de agua en condiciones de 80% de humedad.

Para futuras investigaciones, se sugiere evaluar los tratamientos bacterianos utilizando agua estéril como medio de suspensión, con el fin de minimizar el impacto osmótico y diferenciar con mayor precisión el efecto fisiológico atribuido a los microorganismos sobre la germinación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Argentel-Martínez, L., Garatuza-Payán, J., Gutiérrez-Coronado, M., Yépez-González, E., Villaseñor-López, O. y Travieso-Aguilar, M. (2015). Efectos de la salinidad en la absorción de agua por las semillas, germinación y el crecimiento en los primeros estadios del desarrollo del trigo (*Triticum aestivum* L. y *Triticum durum* L.) y su relación con la tolerancia varietal. *Revista Latinoamericana de Recursos Naturales*, 11(2), 56-67.
- Arruda, B., Bagagi, B. M., de Freitas Junior, N. B., Bejarano Herrera, W. F., Estrada-Bonilla, G. A., Leoti Zanetti, W. A., Silva Silvério, A. L., & Ferrari Putti, F. (2025). Biochemical and Plant Growth Response of the Common Bean to Bioinput Application Under a Drought Stress Period. *Stresses*, 5(1), 17. <https://doi.org/10.3390/stresses5010017>
- Arslan, M., & Bulut, S. (2023). The effects of bacillus ssp. on germination and seedling growth of common bean (*Phaseolus vulgaris*). *Current Trends in Natural Sciences*, 12(23), 160-166.
- Baumer-Franceschini, S., Padula-Paz, I. C. , & Martins-Guimarães, A. (2024). Eficácia agrônômica do produto estive (*Priestia arybathaii* + *Priestia megaterium*) sobre o crescimento de soja em

cinco condições edafoclimáticas diferentes. *Revista Inova Ciência & Tecnologia/Innovative Science & Technology Journal*.

- Bécquer, C. J. (2022). Rhizobacteria and their contribution to plant tolerance to drought and salinity. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 56(2).
- Bhadrecha, P., Singh, S. & Dwibedi, V. 'A plant's major strength in rhizosphere': the plant growth promoting rhizobacteria. *Arch Microbiol* 205, 165 (2023). <https://doi.org/10.1007/s00203-023-03502-2>
- Hussain, H. S., Tabbasum, S., Mahreen, N., Yahya, M., Ejaz, K., Aslam, Z., ... & Yasmin, S. (2025). Integrated Application of Drought-Tolerant Phosphate Solubilizing Bacteria and Native P Source Improves P Availability with Sustainable Wheat Production. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 1-24.
- Maestre, R. B., Acuña, R. S., & Marcano, G. R. (2024). Germinación de semillas de leguminosas inoculadas con diferentes dosis de bioinsumos. *Revista ESPAMCIENCIA*, 15(1), 53-62.
- Maqueira-López, L. A., Roján-Herrera, O., Izquierdo-Collazo, A. I., García-Roque, O., & Páez-López, A. (2024). Productividad de cultivares de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Parte II. Variabilidad del rendimiento en función del crecimiento. *Cultivos Tropicales*, 45(1), 1-7.
- Marchão, R. L., Silva, G. C. d., Andrade, S. R. M. d., Junior, F. B. d. R., Júnior, M. P. d. B., Haphonso, R. H., & Carvalho, A. M. d. (2025). Improving Soybean Development and Grain Yield by Complementary Inoculation with Growth-Promoting Bacteria *Azospirillum*, *Pseudomonas*, *Priestia*, and *Bacillus*. *Plants*, 14(3), 402. <https://doi.org/10.3390/plants14030402>
- Mazón-Suástegui, J. M., García-Bernal, M., Ojeda-Silvera, C. M., Batista-Sánchez, D., & Ruiz-Espinoza, F. H. (2022). Índice de tolerancia al estrés salino y análisis de crecimiento de dos variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris* L. y *Vigna unguiculata* L., Walp.), cultivadas en un medio salino (NaCl) y tratadas con medicamentos homeopáticos. *Terra Latinoamericana*, 40.
- Morales-Guevara, D. M., Dell'Amico-Rodríguez, J. M., Guerrero-Domínguez, L., & Santa Cruz-Suárez, A. (2024). Response of Bean Crops to Controlled Deficit Irrigation Applied at Different Stages of their Biological Cycle. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 33(2).
- Morales-Santos, Martha E., Peña-Valdivia, Cecilia B., García-Esteva, Antonio, Aguilar-Benítez, Gisela, & Kohashi-Shibata, Josué. (2017). Características físicas y de germinación en semillas y plántulas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) silvestre, domesticado y su progenie. *Agrociencia*, 51(1), 43-62.
- Moreno-Reséndez, A., García-Mendoza, V., Reyes-Carrillo, J. L., Vásquez-Arroyo, J., & Cano-Ríos, P. (2018). Rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal: una alternativa de biofertilización para la agricultura sustentable. *Revista Colombiana de Biotecnología*, XX(1), 68-83. <https://doi.org/10.15446/rev.colomb.biote.v20n1.73707>

- Pliego-Marín, L., López-Baltazar, J., & Aragón-Robles, E. (2013). Características físicas, nutricionales y capacidad germinativa de frijol criollo bajo estrés hídrico. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 4(SPE6), 1197-1209.
- Reed, R. C., Bradford, K. J., & Khanday, I. (2022). Seed germination and vigor: ensuring crop sustainability in a changing climate. *Heredity*, 128(6), 450-459.
- Shaffique, S., Shah, A. A., Peter, O., Injamum-ul-hoque, M., Elansary, H. O., Kang, S. M., ... y Lee, I. J. (2024). La rizobacteria *Priestia megaterium* cepa SH-19 mitiga los efectos peligrosos del estrés térmico a través de una red endógena de elucidación de metabolitos secundarios y señalización de regulación molecular. *BMC Biología Vegetal*, 24(1), 827.
- Shinde, K. S. (2024). Enhancing Drought Tolerance in Sorghum Plants through Bacterial Inoculation: A Study on Water Retention and Stomatal Conductance. *Research Advances in Microbiology and Biotechnology Vol. 9*, 109–117. <https://doi.org/10.9734/bpi/ramb/v9/2371G>
- Tanya-Morocho, Mariuxi, & Leiva-Mora, Michel. (2019). Microorganismos eficientes, propiedades funcionales y aplicaciones agrícolas. *Centro Agrícola*, 46(2), 93-103.

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

Quitosano, 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

