

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

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

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

Perspectivas de la aplicación del microbioma bacteriano de *Parkinsonia aculeata* en suelos salinos

Recibido en: 29/05/2024

Aprobado en: 06/07/2024

 10.46420/9786585756365cap1

Leandris ArgenteL-Martínez¹ 

Ofelda Peñuelas-Rubio¹ 

Julio Cesar García Urías¹ 

José Aurelio Leyva Ponce¹ 

Angélica Herrera-Sepúlveda^{1*} 

Jorge González Aguilera² 

Hebert Hernán Soto Gonzales³ 

Antonio González Hernández¹

RESUMEN

Como alternativa para mitigar la salinidad de los suelos, el uso de rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal (RPCV), se presenta en las tendencias actuales de biofertilización. El presente estudio constituye la antesala de esquemas de producción sustentables en ecosistemas áridos, cuyo objetivo fue el aislamiento, caracterización macroscópica y molecular de bacterias cultivables asociadas a la rizósfera de *Parkinsonia aculeata*, bajo condiciones de salinidad en el semidesierto de Sonora, y evaluar las perspectivas de aplicación para la mitigación del impacto de la salinidad en especies de interés agrícola del noroeste de México. Se obtuvieron un total de 20 aislamientos bacterianos los que, debido a su adaptación natural a condiciones salinas, pueden ser potenciales candidatos para la formulación de biofertilizantes, una vez probadas sus propiedades bioquímicas y de asociación.

INTRODUCCIÓN

La vida en las regiones áridas, semiáridas e hiperáridas se ve profundamente amenazada por las duras condiciones ambientales de limitación de agua, altos niveles de radiación solar y fluctuaciones de temperatura, junto con la salinidad del suelo y la deficiencia de nutrientes, que tienen graves consecuencias para el crecimiento y la supervivencia de las plantas (Ramawa, 2009).

¹ Tecnológico Nacional de México /Instituto Tecnológico del Valle del Yaqui, Bácum, Sonora, México

² Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Campus Cassilândia, MS, Brasil

³ Universidad Nacional de Moquegua (UNAM), Ilo, Peru

Autor para correspondência: angelikaherrera76@gmail.com

La salinización se refiere al proceso de acumulación de sales solubles en la superficie o en zonas cercanas a la superficie del suelo; dicho término incluye suelos salinos, sódicos y alcalinos siendo el fenómeno más común en la degradación del suelo (Bui, 2017).

Los suelos salinos, se caracterizan por presentar valores de $\text{pH} < 8.5$, conductividad eléctrica medida en el extracto de saturación del suelo $\text{CE} > 4 \text{ dSm}^{-1}$, porcentaje de sodio intercambiable $\text{PSI} < 15$, y los aniones dominantes son cloruros y sulfatos (Omuto et al., 2020). Por otra parte, los suelos sódicos tienen un contenido de Na relativamente alto ($\text{ESP} > 15$) pero el contenido de sales solubles es bajo ($\text{CE} < 4 \text{ dSm}^{-1}$) y el pH del suelo se presenta en un rango de 8.5 y 10.5. En este tipo de suelos, los aniones dominantes son carbonatos y carbonatos de hidrogeno. Los suelos sódicos salinos, presentan características intermedias entre los suelos sódicos $\text{pH} > 8.2$, alta proporción de Na ($\text{ESP} > 15$) y valores de $\text{CE} > 4 \text{ dSm}^{-1}$, pero el contenido de sal solubles es bajo (Richards, 1954).

La salinización de los suelos agrícolas es quizás el problema más serio que enfrenta la agricultura actual. En México, la salinización afecta el 3.2% del territorio nacional (600,000 ha) y se concentra principalmente en los estados de Sonora, Sinaloa, Tamaulipas, San Luis Potosí, Chiapas, Nuevo León, Oaxaca, Veracruz y Zacatecas (Gonzalez-Trejo et al., 2019). Los suelos salinos se concentran en áreas de riego de zonas áridas, las cuales ocupan el 60% de la superficie del país, y donde este proceso se acelera con el uso de aguas ricas en sales y un manejo inadecuado de los suelos, lo que ocasiona un deterioro progresivo de estos suelos, disminuyendo la producción y calidad de las cosechas (Ojeda-Barrios et al., 2021).

Las plantas que crecen en suelos salinos y los microorganismos asociados a ellas de manera natural se adaptan y crean mecanismos de resistencia a este estrés. De esa forma establecen una relación mutualista esencial para el crecimiento adecuado de las plantas y la absorción de nutrientes, así como para mejorar la tolerancia a los estreses bióticos y abióticos, incluido el estrés por salinidad (Alsharif et al., 2020). Los microorganismos, que presentan características y propiedades que favorecen el desarrollo de las plantas, se conocen como Rizobacterias Promotoras del Crecimiento Vegetal (RPCV) (Mus et al., 2016).

Específicamente, las RCPV poseen rasgos específicos que pueden mejorar el crecimiento de la planta mediante mecanismos directos e indirectos (Vejan et al., 2016). Los mecanismos directos mejoran el estado nutricional de las plantas al incrementar el volumen de exploración y funcionalidad de las raíces, la captación de agua, la disponibilidad y absorción de nutrientes y la fisiología de toda la planta (Kumar, 2015). Para lograrlo, se sintetizan hormonas reguladoras de crecimiento, ácidos orgánicos, enzimas, metalóforos, vitaminas y otros metabolitos secundarios (Moreno-Reséndez et al., 2018). Por otro lado, los mecanismos indirectos están involucrados en la protección contra el estrés ocasionado por factores abióticos y bióticos, entre los que destacan la inducción de resistencia a condiciones ambientales adversas (tolerancia a la sequía, acidez, alcalinidad, radiación solar, temperaturas extremas, toxicidad de metales) y a fitopatógenos. Este último factor involucra la activación de la resistencia sistémica inducida, inhibición

de producción de biopelículas, interferencia en la señalización 'quorum sensing', activación de mecanismos de detoxificación de factores de virulencia, y la producción de enzimas/metabolitos involucrados en funciones especializadas (Moreno-Reséndez et al., 2018; Villarreal-Delgado et al., 2018; Navarro-Torre et al., 2023, Glick & Gamalero, 2021).

En el estado de Sonora México, *Parkinsonia aculeata* es una de las especies vegetales más dominantes, la cual se encuentra bien adaptada a condiciones de salinidad, sequía y altas temperaturas (González et al., 2021; Argentel-Martínez et al., 2023, Herrera-Sepúlveda et al., 2023). Estas adaptaciones podrían ser el resultado de la presencia de comunidades bacterianas que, utilizando diferentes mecanismos bioquímicos, favorecen el crecimiento y reproducción de las plantas (Toledo et al., 2022). Teniendo en cuenta este escenario, se realizó la presente investigación, la cual tuvo por objetivo, el aislamiento, caracterización macroscópica y molecular de bacterias cultivables asociadas a la rizósfera de *P. aculeata*, bajo condiciones de salinidad en el semidesierto de Sonora, y evaluar las perspectivas de aplicación para la mitigación del impacto de la salinidad en especies de interés agrícola del noroeste de México. Los resultados de la presente investigación constituyen la base para una futura evaluación de potencialidades biotecnológicas del microbioma de *P. aculeata*, orientado a la promoción de plantas y/o biocontrol de enfermedades en cultivos que se establezcan en ecosistemas frágiles afectados por la salinidad del suelo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Sitios de muestreo

El estudio se llevó a cabo en el Municipio de San Ignacio Río Muerto, específicamente en la localidad de Bahía de Lobos, abarcando un área de 2 hectáreas con condiciones de salinidad elevada (conductividad eléctrica CE= 8,6 dS m⁻¹) (27°22'15" N; -110°25'35" O). Se recolectaron muestras de suelo a profundidades de 0-50 cm, extrayendo un total de nueve muestras compuestas en puntos distribuidos aleatoriamente para su análisis fisicoquímico (An et al., 2022).

Muestreo y procesamiento de muestras

Se empleó una barrena para evitar la contaminación de las muestras con un diámetro de 3,4 pulgadas y una longitud de 30 cm para la extracción de las muestras. Estas fueron obtenidas en áreas cercanas a plantas de *P. aculeata* con una altura promedio de 1,5-3,0 m. De cada ubicación se tomaron nueve submuestras de suelo, cada una con un peso de 1 kg. Posteriormente, las muestras fueron almacenadas en bolsas de plástico Ziploc y transportadas a temperatura ambiente al laboratorio para su posterior procesamiento (An et al., 2022) (Figura 1).

Aislamiento y caracterización macroscópica

El aislamiento de microorganismos cultivables de la rizósfera de *P. aculeata* se llevó a cabo siguiendo la metodología descrita por Cordero-Ramírez et al. (2012), la cual se describe a continuación. Para el aislamiento y la identificación iniciales, se tomó una submuestra de cada muestra de suelo para preparar una solución acuosa homogeneizada. Para purificar las bacterias se empleará el método de diluciones seriales utilizando medios de cultivo selectivos [Agar de aislamiento de actinomicetos (AIA), medio King's B y De Man Rogosa y Sharpe (MRS)]. Las colonias bacterianas se revisaron cada 48 horas durante seis días; cada nuevo morfotipo se subcultivó y mantuvo en medio LB. Estas permanecieron en observación durante una semana, con el objetivo de caracterizar macroscópicamente la morfología de las colonias (color, forma, tamaño y consistencia). Las características macroscópicas de las colonias se examinaron mediante microscopía óptica (modelo BH2; Olympus). Finalmente, los microorganismos purificados se criopreservaron con glicerol al 15% a $-70\text{ }^{\circ}\text{C}$.

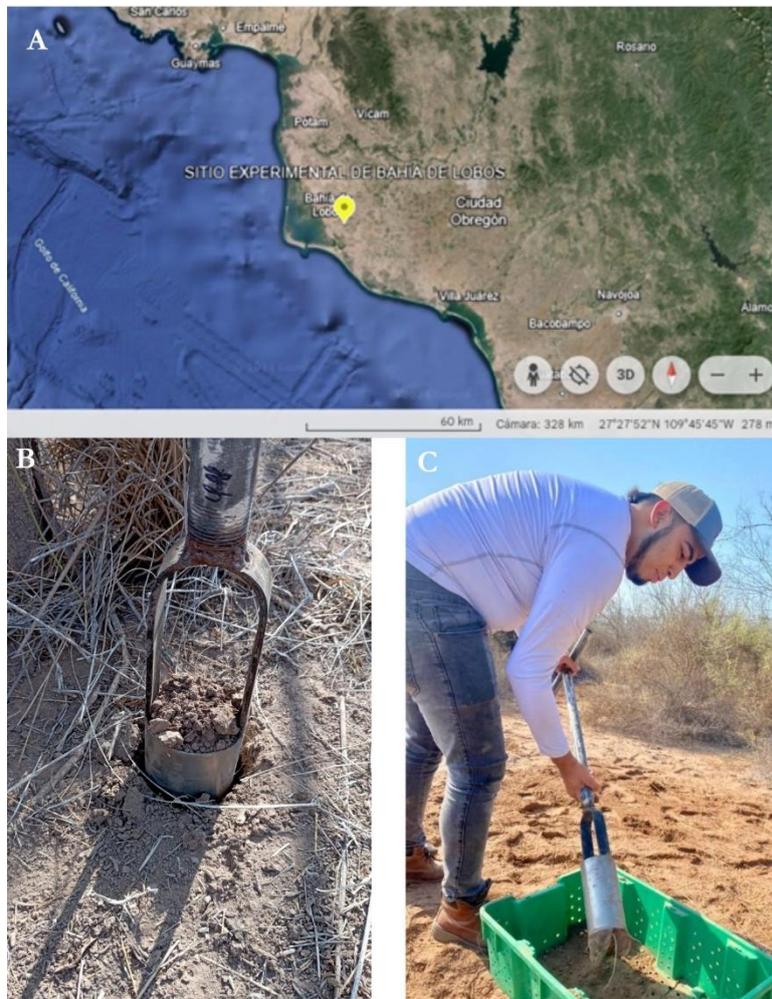


Figura 1. Toma de muestras de suelo rizosférico en el semi-desierto de Sonora. A) Ubicación del sitio experimental en Bahía de Lobos, municipio de San Ignacio Rio muerto. B) toma de muestra con barrena. C) tamizaje y homogenización de la muestra. Fuente: Los autores.

Extracción de ADN, amplificación y secuenciación de los microorganismos cultivables

Partiendo de las cepas purificadas, se realizará la extracción de ADN genómico, con el kit DNeasy® Blood & Tissue Kit (QIAGEN). El ADN genómico se utilizó como molde para la amplificación parcial de la región 16S del ADN ribosomal utilizando los cebadores F2C (5'-AGAGTTT'GATCATGGCTC -3')/ C (5'-ACGGGCGGTGTGTAC -3') (Shi et al., 1997). Fue utilizada las siguientes condiciones de amplificación: desnaturalización inicial a 94 °C durante 4 min; 30 ciclos a 94 °C durante 1 min, 60 °C durante 1 min y 72 °C durante 1,5 min; y una elongación final a 72 °C durante 5 min. La secuenciación del ADN se realizó mediante la plataforma Sanger (Sanger ABI 3730 XL, Applied Biosystem) utilizando el cebador interno U1 (5'-CCAGCAGCCGCGGTAATACG -3') (Lu et al., 2000). Las secuencias de ADN obtenidas se editaron y analizaron utilizando el software FinchTV 1.4.0 de Geospiza, Seattle, WA; y BLAST (NCBI, www.ncbi.nlm.nih.gov), respectivamente. Todas las secuencias se compararon y depositaron en el Genbank del NCBI. Las secuencias del gen 16S rRNA se alinearon con el software Clustal W, posteriormente se establecieron relaciones filogenéticas utilizando el algoritmo de Neighbour-joining empleando el software MEGA 6. Para la construcción del árbol filogenético, se utilizó la secuencia del 16S rRNA de *Pyrococcus abssi* (L19921.1) como grupo externo. La estabilidad de los clados se determinó con un valor de 1000 bootstrap.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se obtuvieron un total de veinte aislamientos bacterianos asociados a la rizósfera de *P. aculeata*, provenientes de Bahía de Lobos. Las características macroscópicas de estas cepas, se presentan en la Tabla 1. Las cepas se identificaron mediante el análisis del gen 16S rRNA y se compararon con los registros disponibles en el GenBank (NCBI). La longitud de las secuencias nucleotídicas varió entre 1295 y 1330 nt. El porcentaje de identidad de las secuencias fue mayor al 99.85% (Tabla 1) (Figura 2). Se logró llegar al nivel de identificación de especie para todas las cepas, encontrando un total de nueve especies, siendo las más frecuentes *Priestia megaterium* y *Priestia aryabhatai* (Figura 3).

Herrera-Sepúlveda et al. (2023), reportaron las características fisicoquímicas del suelo de Bahía de Lobos (pH 8.8, CE 14.6 dSm⁻¹ y PSI 38), clasificándolo como un suelo salino-sódico y de tipo gipsisoles. En el presente estudio se observó que estas características, tienen influencia en la composición de su flora microbiana con la presencia de bacterias cultivables asociadas a la rizósfera de *P. aculeata*. En suelos que no se encuentran sometidos a condiciones de salinidad, se pueden cultivar una mayor diversidad de bacterias, tal es el caso de los estudios realizados por Chandra et al. (2020). Estos autores reportaron el efecto en la diversidad microbiana cultivable de seis especies de plantas (biotipos) bajo diferentes niveles de salinidad, en donde se observó que a niveles de salinidad mayores (CE > 8.0 dS m⁻¹) se presenta una menor diversidad en las poblaciones microbianas, sin embargo, el impacto de la salinidad podía ser más severo dependiendo del biotipo. Los resultados obtenidos en el presente trabajo confirman esta afirmación, si consideramos que la CE del local en estudio tenía valores de 8,6 dS m⁻¹.

Tabla 1. Caracterización macroscópica y molecular de cepas aislada de la rizósfera de *P. aculeata* en condiciones de salinidad.

Cepa	Caracterización macroscópica		Caracterización molecular		
	Morfología de aislados purificados en agar LB+Glucosa (color, forma y tamaño, consistencia)	Numero de acceso en Genbak	Coincidencia más cercana basado en secuencias del gen 16S ARNr		
			Nombre científico	% de identidad	Numero de acceso
BA1	Crema, irregular grande, suave	ON869243	<i>Enterobacter cloacae</i>	99.85	KT261192
BA2-A	Crema, circular grande, suave	ON869244	<i>Bacillus aryabhatai</i>	99.92	MT18418
BA4	Crema, circular mediana, mucoide	ON869245	<i>Priestia megaterium</i>	99.85	MF431767
BA7-B	Crema, circular, mucoide	ON869246	<i>Priestia megaterium</i>	100	JF496300
BA8-A	Crema, suave	ON869247	<i>Sinomonas halotoleran</i>	99	OK605799
BA9	Amarilla, puntiforme, suave	ON869248	<i>Micrococcus luteus</i>	99.92	KM047496
BA10-B	Crema, mucoide	ON869249	<i>Sinomonas halotoleran</i>	98.92	OK605799
BM1	Crema, circular grande, seca	ON869250	<i>Bacillus cereus</i>	100	MT544972
BM2	Crema, circular mediana, suave	ON869251	<i>Priestia megaterium</i>	99.85	KT153598
BM3-A	Crema, circular mediana, suave	ON869252	<i>Priestia endophytica</i>	99.92	KC237279
BM3-B	salmón, puntiforme, suave	ON869253	<i>Kocuria turfanesis</i>	99.69	MG594807
BM4	Crema, circular mediana, suave	ON869254	<i>Priestia megaterium</i>	100	MK318791
BM6-A	Crema circular grande, mucoide	ON869255	<i>Priestia aryabhatai</i>	100	MT184818
BM6-B	Crema circular mediana, suave	ON869256	<i>Priestia aryabhatai</i>	100	MT078622
BM6-C	Crema puntiforme, suave	ON869257	<i>Priestia megaterium</i>	100	OM463625
BM7	Crema, circular mediana- borde ondulado, suave	ON869258	<i>Priestia aryabhatai</i>	99.92	JF895478
BM10	Crema, circular grande-borde ondulado, suave	ON869259	<i>Priestia megaterium</i>	100	MK318796
BP5	Crema, circular pequeña, suave	ON869260	<i>Staphylococcus warneri</i>	100	MH198281
BP6	Crema, circular mediana, suave	ON869261	<i>Priestia endophytica</i>	99.85	MT373518
BP9	Crema, circular mediana, suave	ON869262	<i>Priestia endophytica</i>	99.85	MT373518

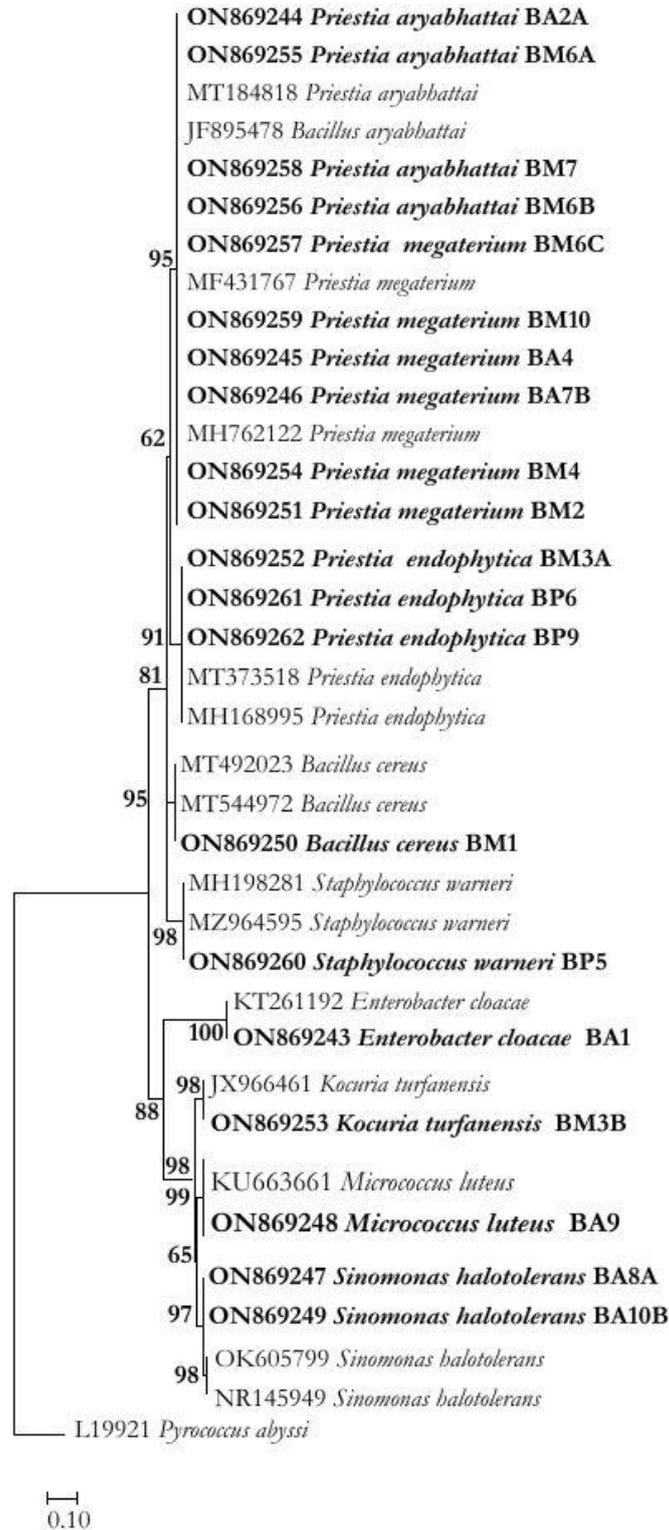


Figura 2. Árbol filogenético obtenido a partir de secuencias de 16S ARNr de cepas asociadas a la rizósfera de *P. aculeata* en el sitio bajo condiciones de salinidad. La construcción del árbol se llevó a cabo utilizando el método de Vecino más cercano (*Neighbor-Joining*). *Pyrococcus abyssi* (L1992.1) se incluyó como grupo externo. Se muestran valores de Bootstrap superiores al 50% (basado en 1000 replicas).

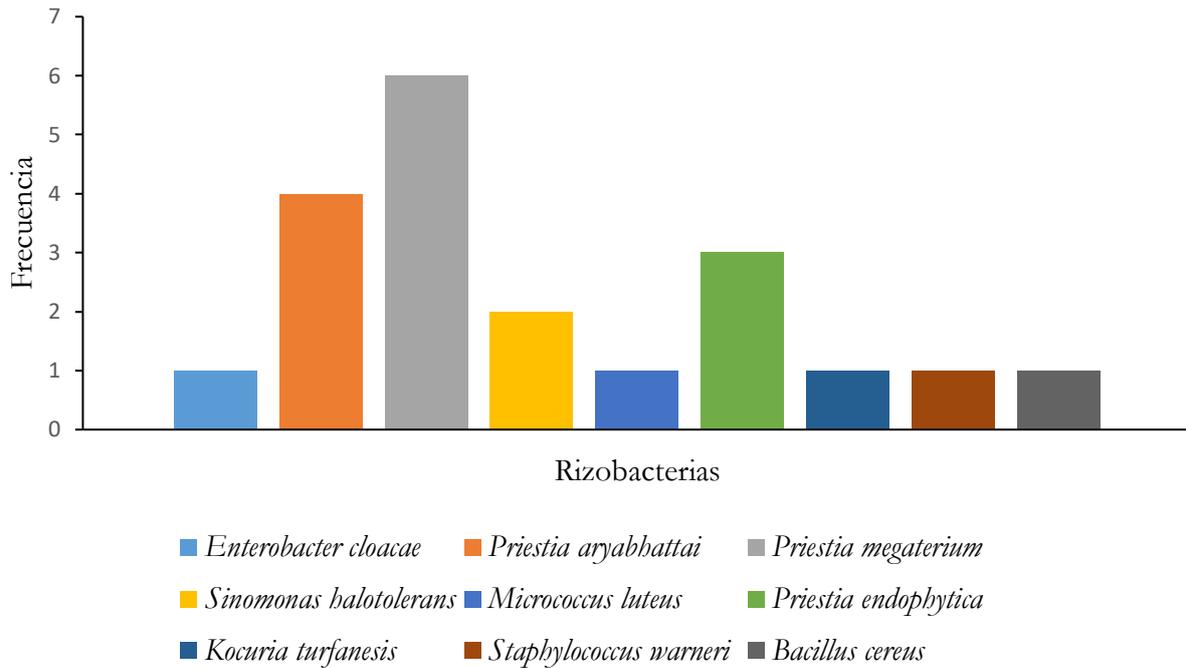


Figura 3. Distribución del número de cepas asociadas a la rizósfera de *P. aculeata* en el sitio experimental de Bahía de Lobos. La contabilización se hizo con base a la secuenciación parcial del gen 16S ARNr.

Ibarra-Villareal et al. (2023) reportaron el efecto de la diversidad de las bacterias cultivables asociadas al cultivo de trigo en el Valle del Yaqui, destacando el impacto de la CE sobre la diversidad bacteriana. Se observó que la mayor diversidad de bacterias cultivables se presentó en suelos con valores de CE de 0.9 y 2.4 dS m⁻¹ y una menor diversidad en valores de CE de 5.2 y 6.4 dS m⁻¹. Además, Abdul Rahman et al. (2021) reportan los efectos negativos del estrés salino en suelos, destacando las alteraciones en las propiedades fisicoquímicas las cuales influyen en la reducción de la actividad microbiana al igual que en su composición.

Entre las cepas aisladas, nueve especies fueron identificadas y todas ellas han sido previamente reportadas como RPCV, exhibiendo varios rasgos de interés tales como actividad antimicrobiana, producción de enzimas, síntesis de hormonas vegetales, solubilización y fijación de elementos, capacidad de tolerar la sal, producción de metabolitos secundarios para aliviar el estrés abiótico, actividades antioxidantes y biorremediación. Específicamente, las especies *S. halotolerans*, *E. cloacae*, *K. turfanesis* y *P. aryabhatai* pueden clasificarse como bacterias halófilas moderadas, debido a su capacidad para crecer bajo 3-15% de NaCl (Goswami et al., 2014; Guo et al., 2015; Ji et al., 2020; Shahid et al., 2022). Estas bacterias están adaptadas a ambientes áridos y pueden sobrevivir a largos periodos de sequía y ejercer un efecto positivo mejorado en las plantas cuando se produce la rehidratación (Etesani & Glick, 2020; Chandra et al., 2021). Por lo tanto, estos microorganismos pueden tener un gran potencial para su uso en la agricultura, ya que se ha informado de que varias bacterias halófilas aumentan la producción de cultivos y protegen a las plantas contra diferentes tipos de estrés abiótico (Pathania et al., 2020). Por lo tanto, los microorganismos asociados a plantas endémicas de zonas áridas constituyen un nicho para aislar

microorganismos con potencial para remediar suelos salinos, y para mejorar el rendimiento de cultivos en suelos salinos (Takur et al., 2022).

Bajo esta premisa, es importante estudiar las comunidades microbianas nativas, incluyendo el aislamiento y cultivo de las mismas, para comprender su papel ecológico en ambientes específicos como los suelos salinos y secos y su implicación en el rendimiento de las plantas (Verma et al., 2013) y, en gran medida, como paso esencial para desarrollar capacidades biotecnológicas novedosas e innovadoras capaces de cambiar la realidad de varios ecosistemas que manifiestan estrés hoy con capacidades de biorremediación con el uso de estas bacterias caracterizadas.

CONCLUSIONES

Se obtuvo un total de 20 aislados bacterianos de la rizósfera de *P. aculeata* en condiciones de suelo salino, los cuales fueron identificados en base a secuencias parciales del gen parcial 16S rRNA, estas pertenecen a nueve especies que previamente han sido reportadas como RPCV. Es necesario profundizar con la caracterización metabólica de estas bacterias ya que, debido a su adaptación natural a condiciones salinas, es probable que sean candidatas ideales para su uso potencial en la formulación de inoculantes bacteriano. Una vez obtenidos inoculantes podrían mejorar la fertilidad del suelo, aumentar la tolerancia de las plantas a la salinidad, mejorando la productividad de los cultivos como parte de la seguridad alimentaria, propiciando prácticas de biofertilización amigables con el medio ambiente.

BIBLIOGRAFÍA

- Abdul Rahman, N. S. N., Abdul Hamid, N. W., & Nadarajah, K. (2021). Effects of Abiotic Stress on Soil Microbiome. *International Journal of Molecular Science*, 22, 9036.
- Alsharif, W., Saad, M. M., & Hirt, H. (2020). Desert microbes for boosting sustainable agriculture in extreme environments. *Frontiers in Microbiology*, 11, 496411.
- An, F. et al. (2022). Succession of soil bacterial community along a 46-year chronosequence artificial revegetation in an arid oasis-desert ecotone. *Science of The Total Environment*, 814, 152496.
- Argentel-Martínez, L. et al. (2023). Dinámica del desarrollo foliar de *Parkinsonia aculeata* L., Sp. Pl. ante altas temperaturas, la sequía y la salinidad del semidesierto de Sonora. *Ciência Florestal*, 33, e70584.
- Bui, E. N. (2017). Causes of soil salinization, sodification, and alkalization. In *Oxford Research Encyclopedia of Environmental Science*. Oxford University Press: Oxford, UK.
- Chandra, P. et al. (2021). Strategies to Mitigate the Adverse Effect of Drought Stress on Crop Plants—Influences of Soil Bacteria: A Review. *Pedosphere*, 31(3), 496–509.
- Chandra, P. et al. (2020). Culturable microbial diversity in the rhizosphere of different biotypes under variable salinity. *Tropical Ecology*, 61, 291-300.

- Cordero-Ramírez, J. D. et al. (2012). Microorganismos asociados a la rizosfera de jitomate en un agroecosistema del valle de Guasave, Sinaloa, México. *Revista mexicana de biodiversidad*, 83(3), 712-730.
- Etesami, H., & Glick, B.R. (2020). Halotolerant plant growth–promoting bacteria: Prospects for alleviating salinity stress in plants. *Environmental and Experimental Botany*, 178, 104124.
- Glick, B. R., Gamalero, E. (2021). Recent developments in the study of plant microbiomes. *Microorganisms*, 9(7), 1533.
- González, H. H. S. et al. (2021). Salinity effects on water potential and the normalized difference vegetation index in four species of a saline semi-arid ecosystem. *PeerJ*, 9, e12297.
- González-Trejo, N. et al. (2019). Tecnologías de remediación para suelos salinos.: Un caso de estudio: México. *Avances en Ciencias e Ingeniería*, 10(1), 13-26.
- Goswami, D. et al. (2014). Delineating *Kocuria turfanensis* 2M4 as a credible PGPR: a novel IAA-producing bacteria isolated from saline desert. *Journal of Plant Interactions*, 9(1), 566-576.
- Guo, Q.Q. et al. (2015). *Sinomonas halotolerans* sp. nov., an actinobacterium isolated from a soil sample. *Antonie van Leeuwenhoek*, 108, 887–895.
- Herrera-Sepúlveda, A. et al. (2023). First report of *Sinomonas halotolerans* from *Parkinsonia aculeata* rhizosphere. *Biologia*, 79(2), 621-627.
- Ibarra-Villarreal, A. L. et al. (2023). Soil salinity shifts cultivable microbial communities of wheat (*Triticum turgidum* subsp. durum) rhizosphere in the Yaqui valley, Mexico. *Agrociencia*. 57(5)1-20.
- Ji, C. (2020). Effects of *Enterobacter cloacae* HG-1 on the nitrogen-fixing community structure of wheat rhizosphere soil and on salt tolerance. *Frontiers in Plant Science*, 11, 1094.
- Kumar, A. (2015). Does a plant growth-promoting rhizobacteria enhance agricultural sustainability? *Journal of Pure and Applied Microbiology*, 9(1):715-724.
- Lu, J. J. et al. (2000). Use of PCR with universal primers and restriction endonuclease digestions for detection and identification of common bacterial pathogens in cerebrospinal fluid. *Journal of clinical microbiology*, 38(6):2076-80.
- Moreno-Reséndez, A. et al. (2018). Rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal: una alternativa de biofertilización para la agricultura sustentable. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 20(1):68-83.
- Mus, F. et al. (2016). Symbiotic nitrogen fixation and the challenges to its extension to nonlegumes. *Applied and environmental microbiology*, 82(13), 3698-3710.
- Navarro-Torre, S. et al. (2023). Sustainable agricultural management of saline soils in arid and semi-arid Mediterranean regions through halophytes, microbial and soil-based technologies. *Environmental and Experimental Botany*, 105397.
- Ojeda-Barrios, D. et al. (2021). Causes, effects, and management of salinity problems in pecan production in North Mexico. *Saline and Alkaline Soils in Latin America: Natural Resources, Management and Productive Alternatives*, 177-187.

- Omuto, C. T. et al. (2020). Mapping of Salt-affected Soils: Technical Manual. FAO, Rome, Italy. 112p
- Pathania, P. et al. (2020). Role of plant growth-promoting bacteria in sustainable agriculture. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 30, 101842.
- Ramawat, K. G. (2009). Desert plants: biology and biotechnology. Springer Science & Business Media. Springer, Berlin. 503p
- Richards, L. A. (1954). Diagnosis and improvements of saline and alkali soils. Agriculture Handbook No. 60. USDA, Washington, EUA, 159p.
- Shahid, M. et al. (2022). Stress-tolerant endophytic isolate *Priestia aryabhatai* BPR-9 modulates physio-biochemical mechanisms in wheat (*Triticum aestivum* L.) for enhanced salt tolerance. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(17), 10883.
- Shi, T. et al. (1997). Characterization of viable bacteria from Siberian permafrost by 16S rDNA sequencing. *Microbial ecology*, 33, 169-179.
- Thakur, N., Singh, S. P., & Zhang, C. (2022). Microorganisms under extreme environments and their applications. *Current Research in Microbial Science*, 3: 100141.
- Toledo, S. et al. (2022). Structure and function of soil microbial communities in fertile islands in austral drylands. *Austral Ecology*, 47(3), 663-673.
- Vejan, P. et al. (2016). Role of plant growth promoting rhizobacteria in agricultural sustainability—a review. *Molecules*, 21(5), 573.
- Verma, J. P. et al. (2013). Effect of indigenous Mesorhizobium spp. and plant growth promoting rhizobacteria on yields and nutrients uptake of chickpea (*Cicer arietinum* L.) under sustainable agriculture. *Ecological Engineering*, 51, 282-286.
- Villarreal-Delgado, M. F. et al. (2018). The genus *Bacillus* as a biological control agent and its implications in agricultural biosecurity. *Mexican Journal of Phytopathology*, 36(1):95-130.

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.



El 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-CONAHICYT) 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