

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

Investigaciones Biológicas, Agrícolas y Ambientales de México

Volumen II



Pantanal Editora

2025

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

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



Pantanal Editora

2025

Copyright© Pantanal Editora

Editor Jefe: Dr. Alan Mario Zuffo

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

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

Consejo editorial

Grado académico y nombre

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

Institución

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

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

Hoja de catálogo

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

I62

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

Libro en PDF

ISBN 978-65-85756-56-3

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

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

CDD 500

Índice para catálogo sistemático

I. Ciencia



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

Pantanal Editora

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

Prólogo

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

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

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

Los autores

Resumen

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

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

Ciencias biológicas



Evaluación de híbridos de maíz cultivados en suelo en condiciones de salinidad

Recibido em: 20/04/2025

Aprobado em: 14/05/2025

 10.46420/9786585756563cap10

Lorenzo Pérez-López 

Ofelda Peñuelas-Rubio 

Leandris Argente-Martínez 

Joe Luis Arias Moscoso 

Francisco Cadena-Cadena 

Jony R. Torres Velázquez 

Francisco Cervantes Ortiz 

Cesar Leobardo Aguirre-Mancilla* 

INTRODUCCIÓN

La salinidad es la consecuencia de la presencia en el suelo de sales solubles en altas concentraciones, se pueden encontrar tanto en la fase sólida como en la fase líquida por esta razón tiene una extraordinaria movilidad en el suelo Lutenberg (2019). Es uno de los factores abióticos que limitan el buen desarrollo y crecimiento de las plantas y como consecuencia la baja producción, principalmente en regiones de clima árido y semiárido, estrés que se manifiesta en bajos rendimientos de los cultivos, pérdida de variedades (Rodríguez-Delgado et al., 2025). Se proyecta que la salinización impactará el 50% de los cultivos alrededor del mundo en el 2050, lo que tendrá marcados efectos en la producción Velázquez-Ventura, et al (2020).

Evidentemente el problema de salinidad en los suelos ya es mundial, reflejándose en la baja producción de cultivos en la agricultura regada, así como en la no regada (Zhang et al., 2022). Los suelos afectados por este agente abiótico generalmente se desarrollan en zonas que reciben y acumulan sales que son transportadas de otros lugares con el agua. Su presencia afecta la asimilación de nutrientes por las plantas y la actividad microbiana del suelo (Irshad et al., 2022). Actualmente existen más de 833 millones de hectáreas de suelos afectados por salinidad en todo el mundo, que representan el 8.7 % del planeta. La mayoría de ellos se pueden encontrar en entornos naturalmente áridos o semiáridos en África, América Latina y Asia (Fadl et al., 2023).

Específicamente en México, la salinización afecta el 3.2% del territorio nacional alcanzando un promedio de 600,000 ha⁻¹ siendo los estados de Sonora, Sinaloa, Tamaulipas, San Luis Potosí, Chiapas, Nuevo León, Oaxaca, Veracruz y Zacatecas con mayor superficie agrícola con problemas de salinización (Jiménez-Mejía et al., 2022).

* Autor correspondiente: cesar.am@roque.tecnm.mx

El mejoramiento genético en el cultivo de maíz, es denominado mejoramiento vegetal convencional implementando diseños dialélicos mediante la hibridación de líneas puras endogámicas el cual contribuye a la selección de genotipos con tolerancia a la salinización.

Tomando como perspectiva la expansión demográfica en las últimas décadas, nos vemos obligados a elaborar estrategias para incrementar la producción de este cereal y así poder cubrir la futura demanda alimenticia. Por lo que una de las alternativas es comenzar a producir en zonas que presentan problemas de erosión, salinidad en el suelo y sequías. Por lo descrito anteriormente el objetivo del presente trabajo tiene como premisa la evaluación de cinco híbridos simples de maíz en suelos con condiciones moderadas de salinización.

MATERIAL Y MÉTODOS

El lugar donde se realizó el experimento fue en el área experimental del Tecnológico Nacional de México campus Tecnológico del Valle del Yaqui, ubicado sobre la Calle 600, Av. Tecnológico, Block 611, Bácum. Sonora. México, CP 85276, San Ignacio Río Muerto, Sonora. A una altitud de 26 msnm. El clima del municipio se clasifica en dos tipos, el sector al norte del río Yaqui tiene un clima Seco muy cálido y cálido, mientras que la mitad al sur del río registra clima Seco templado. La temperatura media anual de BÁCUM es de 24 °C. El suelo donde se estableció el experimento presenta un contenido de materia orgánica de 0.59 % y una conductividad eléctrica del extracto de saturación de 4.81 (Pérez-López et al., 2025).

Material Genético

El material genético utilizado se generó de un diseño dialélico, en el cual se realizaron cruzas directas y recíprocas basado en el método I de Griffing; en base a nueve líneas endocriadas de maíz blanco (Tabla 2). De las 36 Cruzas Directas (CD) posibles se obtuvieron 21, 21 Cruzas Recíprocas (CR) y 7 autopolinizaciones. El total de tratamientos o genotipos fue de 5 híbridos simples, evaluados bajo un diseño experimental de bloques completos al azar con tres repeticiones.

Tabla 2. Tratamientos. Híbridos simples evaluados

Tratamientos	Híbridos de maíz evaluados
T1	L6 PROMON X L7 TecNM – DCA 107
T2	L6 PRMON X L9 TecNM – 95 – 30 P16
T3	L1 TecNM – 38-R X L7 TecNM – DCA 107
T4	L7 TecNM – DCA 107 X L6 PROMON
T5	L2 TecNM – 144 - R56 X L6 PROMON

La siembra fue manual y se realizó el 25 de diciembre 2022, en surcos con una longitud de 5 metros, una distancia de 0.16 m entre plantas y 0.80 m entre surcos. En cuanto al manejo agronómico del cultivo la fertilización se realizó mediante cuatro aplicaciones de fertilizantes: una de fondo a base de UREA (46%) y mezcla de DAP (fosfato diamónico) (400 kg ha^{-1}) en el momento de la siembra. Durante la conducción del experimento se efectuaron otras tres aplicaciones de fertilizante previo a los riegos de auxilio, a razón de 150 kg ha^{-1} de NPK (18-18-18).

Riegos

Se aplicaron cinco riegos uno de emergencia y cuatro de auxilio, estos últimos con un intervalo 39 a 15 días para mantener una humedad aceptable durante la fenología del cultivo; con un promedio en láminas de riego de 11.5 mm.

Control de plagas

La presencia de plagas fue significativa en las primeras etapas del cultivo como el trips (*Rankliniella occidentalis*) y gusano cogollero (*Spodoptera fugiperda*), para lo cual se realizaron aplicaciones preventivas de los insecticidas Rimón® Supra y Decís® (deltametrina), en dosis de 1.0 L ha^{-1} respectivamente.

Para mantener el cultivo libre de malezas se realizaron dos pasos con la cultivadora y con ello proporcionar la suficiente aireación al suelo, además se realizó el control manual (deshierbes, cuando fue necesario) para eliminar posibles hospederos de plagas y enfermedades.

Variables evaluadas

Se midieron variables fisiológicas con el equipo portátil Irgaporómetro, durante la fenofase de floración, como la fotosíntesis (A) medidos en unidades de $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-2}$, Conductancia estomática (Gs) medido en unidades de $\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-2}$ y la transpiración (E) medidos en ($\mu\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-2}$) y la Eficiencia de uso de agua foliar (WUE) medido en unidades de $\mu\text{mol CO}_2 \mu\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-2}$.

Variables agronómicas y de rendimiento evaluadas

Se evaluaron las variables componentes del rendimiento, como la profundidad del grano (PG, cm), se determinó mediante la diferencia entre el diámetro de la mazorca, el diámetro del olote (DOH) fue medida con un vernier digital, longitud y diámetro de la mazorca (LM y DM, respectivamente) ambas medidas en cm con flexómetro y la segunda con vernier digital marca TRUPUER.

El número de hileras por mazorca (NHM, unidad), número de granos por hilera (NGH, unidad), peso volumétrico (PV, g) expresado en gramos, se determinó en tres repeticiones de volúmenes de 250 g usando la balanza volumétrica (SUMILAB), y rendimiento (Rnd) de grano expresado en (kg ha^{-1}) al 14% de humedad siguiendo la metodología propuesta por Espinoza et al. (2010). De cada híbrido se tomaron veintiocho plantas (tres repeticiones de siete plantas en un metro lineal), tomando las mazorcas y desgranándolas para pesarlas y obtener el rendimiento.

La humedad del grano se determinó con el equipo Staeinlite® modelo 90 y la báscula para pesar los granos de cada híbrido simple evaluado.

Análisis estadísticos

Para el análisis estadístico de las variables evaluadas, se utilizó un análisis de varianza de rangos simples de efectos fijos para la identificación de las posibles diferencias significativas entre los 5 híbridos evaluados (Fisher, 1937). Los indicadores estadísticos error cuadrático medio (MSE), el valor calculado de Fisher (valor F), probabilidad de error cuando se está rechazando la hipótesis nula (p), el error estándar de la media (EE) y el coeficiente de determinación no ajustado fueron calculados. Cuando hubo efectos significativos entre los híbridos, se utilizó la prueba de comparación múltiple de medias de Tukey para un nivel de significancia del 1%. Se utilizó el Paquete estadístico profesional STADISTICA, versión 14.0.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Contenido de clorofilas

En la Figura 1 se puede observar que el contenido de la variable clorofila, medidos en la etapa R2 y R3 en los cinco híbridos evaluados presentaron diferencias altamente significativas con un intervalo de 49.5 a 58 en unidades SPAD, siendo el tratamiento 1 (T1) el de mayor valor y el tratamiento 2 (T2) el de menor valor, y los tratamientos T3, T4 y T5 presentaron cantidades muy similares sin diferencias significativas entre sí. Dichos resultados coinciden con los obtenidos por Autores como Castañeda et al., (2018); en las mismas etapas fenológicas del cultivo., quienes reportaron valores de 54 unidades usando tal fertilizante nitrogenado en un suelo salino. Este estudio confirma que las plantas resultaron tolerantes a la salinidad con base a contenido de clorofila.

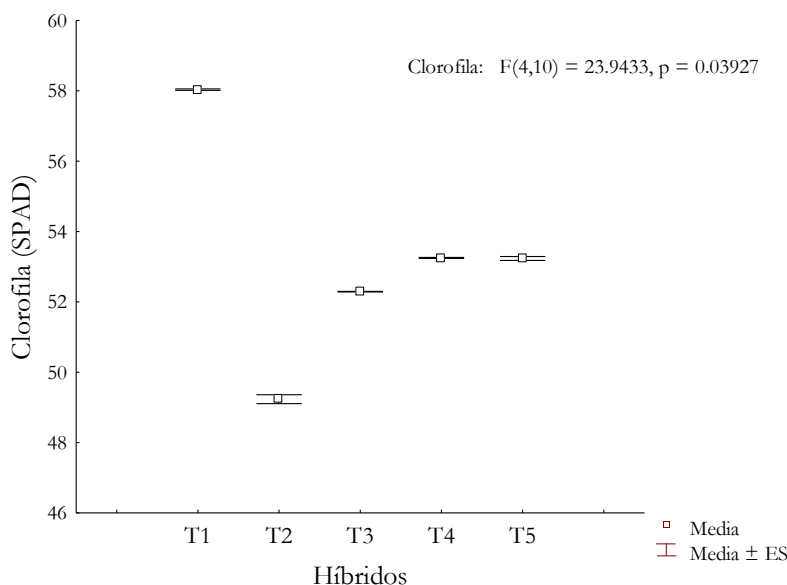


Figura 1. Contenido de clorofila (unidades SPAD) en cinco híbridos de maíz establecidos en un suelo salino a una $CE = 4.2 \text{ dS m}^{-1}$. Barras rectangulares representan error estándar de la media de los tratamientos. F (4,10): F de Fischer para cinco tratamientos y tres repeticiones por tratamiento. P: probabilidad de error.

La salinidad afecta el contenido de clorofila en algunas especies vegetales particularmente en maíz (Irshad et al., 2022). Algunos de los reportes más recientes indican que el uso de ácidos húmicos y otras enmiendas químicas reducen los efectos de la salinidad en el contenido de clorofilas a, b y consecuentemente en la actividad fotosintética (Malik et al., 2023). Estudios desarrollados recientemente por Sezer et al. (2021) demostraron el rol que tiene el uso de melatonina en el incremento del desarrollo y el contenido de clorofilas en maíz. Estos autores obtuvieron una disminución significativa superior al del contenido de clorofilas cuando el nivel de salinidad se acercaba a los 8 dS m^{-1} . Estos hallazgos confirman el efecto adverso de la salinidad en el desarrollo de las plantas dado que la salinidad obstaculiza la maquinaria fotosintética, la transpiración y el intercambio gaseoso al disminuir el contenido de clorofila y carotenoides, distorsionar la ultraestructura del cloroplasto y el sistema PSII y reducir la conductancia estomática (Sang et al., 2020).

Conductancia estomática

De esta variable en la Figura 2 se puede observar que hubo diferencias altamente significativas en los cinco tratamientos en los cinco híbridos evaluados, donde el tratamiento 1 (T1) presento la conductancia mayor y el tratamiento 5 (T5) el menor valor en unidades $\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ 315 y 130 respectivamente.

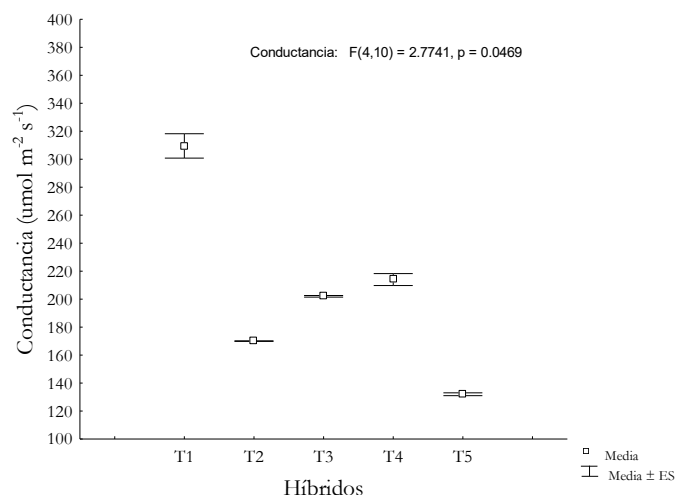


Figura 2. Conductancia estomática en cinco híbridos de maíz establecidos en un suelo salino a una CE= 4.2 dS m⁻¹. Barras rectangulares representan error estándar de la media de los tratamientos. F (4,10): F de Fischer para cinco tratamientos y tres repeticiones por tratamiento. P: probabilidad de error.

Las estomas juegan un papel clave en la regulación de la fotosíntesis y la transpiración, afectando el rendimiento y la productividad de los cultivos. Las variaciones de la conductividad estomática son mayormente función de las condiciones edáficas y ambientales más que de las capacidades morfológicas de las estomas (Haworth et al., 2021). Este proceso fisiológico conductancia estomática permite saber el grado de apertura de las estomas en las hojas de las plantas, considerado como un parámetro que regula la pérdida de vapor de agua y la entrada de CO₂, regulando la transpiración (E), maximizando la fotosíntesis (A). El rango promedio normal de la conductancia estomática va desde los 200 a los 300 $\mu\text{mol m}^{-2}$ y en este estudio fueron tres híbridos que presentaron estos valores, y dos por debajo de este parámetro.

Fotosíntesis

La variable fotosíntesis en los cinco híbridos evaluados Figura 3, presentaron diferencias altamente significativas, con un rango de 18 a 27 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ de fotosíntesis máxima, destacándose el tratamiento 1 (T1) con el máximo valor con 27 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ y el tratamiento 2 (T2) el de menor valor con 18 $\text{CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$.

Estos valores se consideran relativamente buenos puesto que la fotosíntesis máxima promedio que puede presentar las plantas de maíz durante su desarrollo fenológico es de 35 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, en condiciones de suelo optimas sin problemas de salinidad.

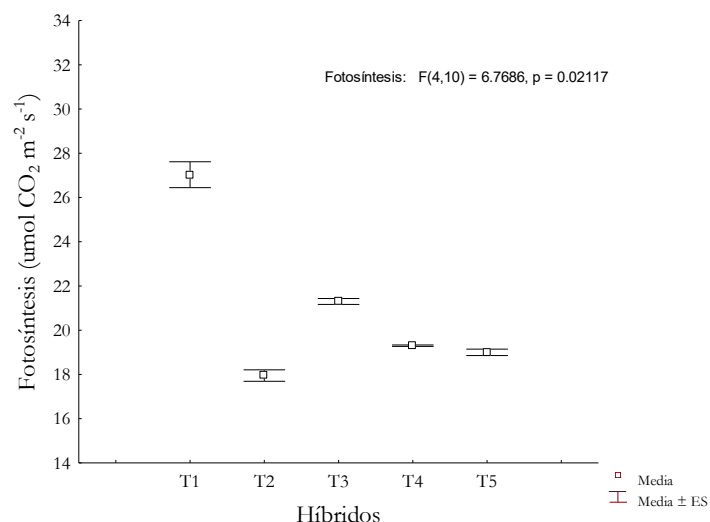


Figura 3. Fotosíntesis máxima en cinco híbridos de maíz establecidos en un suelo salino a una CE= 4.2 dS m⁻¹. Barras rectangulares representan error estándar de la media de los tratamientos. F(4,10): F de Fischer para cinco tratamientos y tres repeticiones por tratamiento. P: probabilidad de error.

Transpiración

En la Figura 4 se presentan los valores de transpiración de los cinco tratamientos evaluados en $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, con diferencias altamente significativas entre los tratamientos, observándose que el tratamiento 3 (T3), arroja los valores más altos con 1.98 y el tratamiento 2 (T2) el valor más bajo con 1.80 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$.

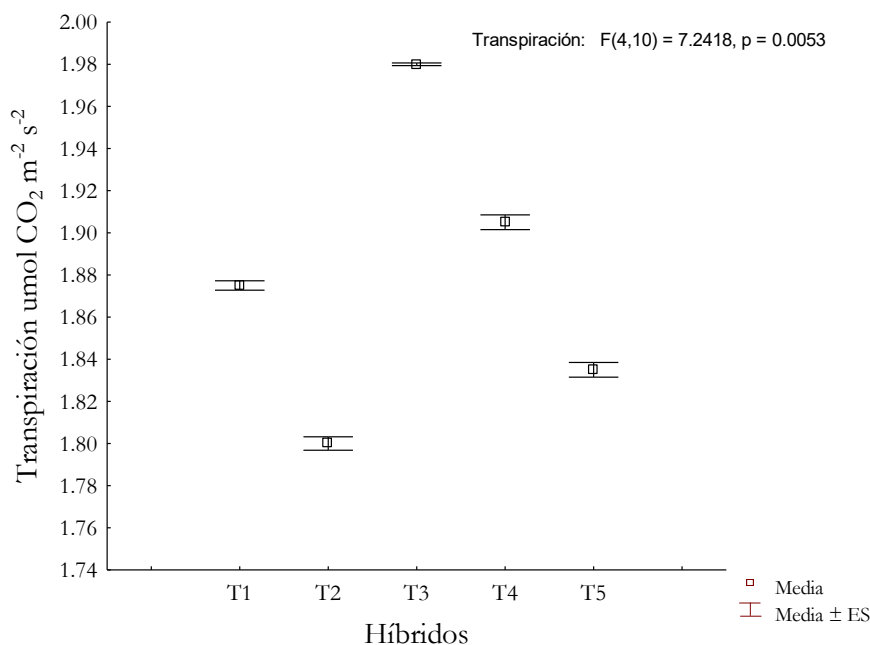


Figura 4. Transpiración en cinco híbridos de maíz establecidos en un suelo salino a una CE= 4.2 dS m⁻¹. Barras rectangulares representan error estándar de la media de los tratamientos. F(4,10): F de Fischer para cinco tratamientos y tres repeticiones por tratamiento. P: probabilidad de error.

Múltiples estudios demuestran el rol de la fotosíntesis y la transpiración en el desempeño agronómico del maíz (Yan et al., 2024). En condiciones de salinidad, con el incremento de estas variables se reducen las pérdidas por concepto del estrés salino. Mantener alta fotosíntesis y menor pérdida de agua por transpiración, tal como se observó en el híbrido T1 aquí evaluado, asegura una mayor eficiencia de uso de agua y por consiguiente un mayor rendimiento de grano (Nasar et al., 2021).

Rendimiento de grano

En la Figura 5 se muestra el rendimiento de grano de los híbridos evaluados. Existieron diferencias altamente significativas entre todos los híbridos. El rendimiento más alto se obtuvo en híbrido T1, superando las 14.3 t ha⁻¹. El híbrido T2 fue el de menor rendimiento de grano, clasificando como el más susceptible a la condición de salinidad existente en el suelo donde se desarrolló el experimento.

Estudios recientes demuestran que el maíz es más susceptible a la salinidad que el trigo encontrándose intensidad del estrés hasta del 80% cuando el nivel de salinidad supera los 6.5 dS m⁻¹ (Argente-Martínez et al., 2024). La reducción del rendimiento del maíz, es el resultado de diferentes afectaciones metabólicas y fisiológicas en las plantas que afectan la síntesis de almidón y de proteínas. Estudios desarrollados por Gao et al. (2024) encontraron afectaciones entre 20 % y 38 %, por efectos de la salinidad. Esta condición generó el aborto de granos, lo cual se identificó como la principal causa de la reducción del rendimiento del maíz bajo estrés hídrico y salino.

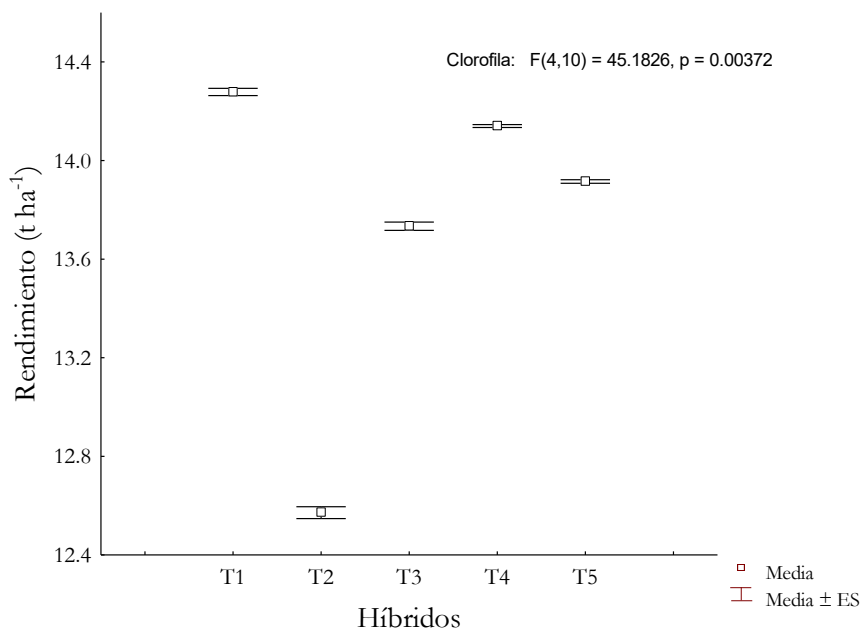


Figura 5. Rendimiento de grano de cinco híbridos de maíz establecidos en un suelo salino a una CE= 4.2 dS m⁻¹. Barras rectangulares representan error estándar de la media de los tratamientos. F(4,10): F de Fischer para cinco tratamientos y tres repeticiones por tratamiento. p: probabilidad de error.

CONCLUSION

Conforme a los resultados obtenidos en el presente estudio se concluyó que el híbrido T1, en todas las variables evaluadas fue el de valores más altos y por consiguiente menores afectaciones por la salinidad. El estrés salino a una conductividad eléctrica en el extracto de saturación de 4 dS m⁻¹ reduce el rendimiento de los híbridos evaluados entre el 6 y el 13%.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Argentel-Martínez, L., Peñuelas-Rubio, O., Pérez-López, L., Aguilera, J. G., Steiner, F., Zuffo, A. M., & Ratke, R. F. (2024). Assessing Salinity, Drought and High Temperature Stress in Maize (*Zea mays* L.) and Wheat (*Triticum aestivum* L.) Varieties: Theoretical Combination as Multifactorial Stress. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 210(6), e70001.
- Castañeda, C. S., Almanza-Merchán, P. J., Pinzón, E. H., CELY-REYES, G. E., & SERRANO-CELY, P. A. (2018). Estimación de la concentración de clorofila mediante métodos no destructivos en vid (*Vitis vinifera* L.) cv. Riesling Becker. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 12(2), 329-337.
- Espinosa, A., Tadeo, M., Gómez, N., Sierra, M., Virgen, J., Palafox, A., Caballero, F., Vázquez, G., Rodríguez, F., & Valdivia, R. (2010). V-54 A, a new yellow grain maize variety for delayed rainfed planting in the High Valleys of Mexico. *Mexican Journal of Agricultural Sciences*, 1, 677-680.
- Fadl, M. E., Jalhoum, M. E., AbdelRahman, M. A., Ali, E. A., Zahra, W. R., Abuzaid, A. S., ... & Scopa, A. (2023). Soil salinity assessing and mapping using several statistical and distribution techniques in arid and semi-arid ecosystems, Egypt. *Agronomy*, 13(2), 583.
- Fisher RA. 1937. *The Design of Experiments*. Edinburgh; London: Oliver and Boyd.
- Gao, J., Liu, N., Wang, X., Niu, Z., Liao, Q., Ding, R., ... & Tong, L. (2024). Maintaining grain number by reducing grain abortion is the key to improve water use efficiency of maize under deficit irrigation and salt stress. *Agricultural Water Management*, 294, 108727.
- Haworth, M., Marino, G., Loreto, F., & Centritto, M. (2021). Integrating stomatal physiology and morphology: evolution of stomatal control and development of future crops. *Oecologia*, 197(4), 867-883.
- Irshad, I., Anwar-ul-Haq, M., Akhtar, J., & Maqsood, M. (2022). Effects of different organic amendments on maize (*Zea mays* L.) growth in salt affected soil. *Seed*, 1000, 100.
- Jiménez-Mejía, R., Medina-Estrada, R. I., Carballar-Hernández, S., Orozco-Mosqueda, M. D. C., Santoyo, G., & Loeza-Lara, P. D. (2022). Teamwork to survive in hostile soils: use of plant growth-promoting bacteria to ameliorate soil salinity stress in crops. *Microorganisms*, 10(1), 150.
- Lutenberg, O. (2019). La Salinidad y su Influencia en suelos y plantas. Línea]. Available: <http://www.ana.gob.pe/media/496359/salinidad.pdf>. Fecha de Consulta, 9, 32.

- Malik, Z., Malik, N., Noor, I., Kamran, M., Parveen, A., Ali, M., & Fahad, S. (2023). Combined effect of rice-straw biochar and humic acid on growth, antioxidative capacity, and ion uptake in maize (*Zea mays* L.) grown under saline soil conditions. *Journal of Plant Growth Regulation*, 42(5), 3211-3228.
- Nasar, J., Khan, W., Khan, M.Z. et al. Photosynthetic Activities and Photosynthetic Nitrogen Use Efficiency of Maize Crop Under Different Planting Patterns and Nitrogen Fertilization. *J Soil Sci Plant Nutr* 21, 2274–2284 (2021). <https://doi.org/10.1007/s42729-021-00520-1>
- Pérez-López, L., Martínez, L. A., Peñuelas-Rubio, O., Moscoso, J. L. A., Aguilera, J. G., Cervantes-Ortiz, F., ... & Chávez, C. C. (2025). Preliminary selection of F1 maize hybrids for saline soils in the Yaqui Valley, Mexico. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 29(7), e283312.
- Rodríguez-Delgado, I., Martín-Martín, G. J., Pérez-Iglesias, H. I., & García-Batista, R. M. (2025). Comportamiento de propiedades físicas, químicas y biológica del suelo en sistemas de producción agrícola. *Revista Metropolitana de Ciencias Aplicadas*, 8(S1), 184-196.
- Sang, H., Guo, W., Gao, Y., Jiao, X., & Pan, X. (2020). Effects of alternating fresh and saline water irrigation on soil salinity and chlorophyll fluorescence of summer maize. *Water*, 12(11), 3054.
- Sezer, İ., Kiremit, M. S., Öztürk, E., Subrata, B. A. G., Osman, H. M., Akay, H., & Arslan, H. (2021). Role of melatonin in improving leaf mineral content and growth of sweet corn seedlings under different soil salinity levels. *Scientia Horticulturae*, 288, 110376.
- Velázquez-Ventura, J. C., Rincón-Sánchez, F., Ruiz-Torres, N. A., & Martínez-Reyna, J. M. (2020). Respuesta al estrés por salinidad de familias s1 de dos poblaciones de maíz. *Ecosistemas y recursos agropecuarios*, 7(1).
- Yan, Y., Duan, F., Li, X., Zhao, R., Hou, P., Zhao, M., ... & Zhou, W. (2024). Photosynthetic capacity and assimilate transport of the lower canopy influence maize yield under high planting density. *Plant Physiology*, 195(4), 2652-2667.
- Zhang, Y., Hou, K., Qian, H., Gao, Y., Fang, Y., Xiao, S., ... & Ren, W. (2022). Characterization of soil salinization and its driving factors in a typical irrigation area of Northwest China. *Science of the Total Environment*, 837, 155808.

Índice

A

adaptabilidad, 158
aislamiento, 203, 205, 207

B

bicentenario, 156, 159, 160
biophysical, 40

C

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

D

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

E

Enterobacter cloacae, 9
extractos vegetales, 62, 69

F

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

H

híbridos, 97

I

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

M

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

N

NDVI, 108, 113, 114, 116, 117

Q

Quitano, 111, 113

R

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

S

sensorial, 52, 57
silicosulfocálcico, 137
sulfocálcico, 137

T

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

V

Valle del Yaqui, 97
vigor de plántula, 123

X

X-ray, 40, 41, 43, 45

Y

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

Z

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

Editores



Leandris Argentele-Martínez

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

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



Ofelda Peñuelas Rubio

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

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



 Jaime Garatuza-Payán

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

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



Pantanal Editora

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

Nova Xavantina – Mato Grosso – Brasil

Telefone (66) 9608-6133 (Whatsapp)

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

contato@editorapantanal.com.br



9786585756563

