

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 del QuitoMax[®] en la germinación de plántulas de tomate de las variedades Amalia y Claudia en condiciones semicontroladas

Recibido em: 31/03/2025

Aprobado em: 19/04/2025

 10.46420/9786585756563cap11

Carlos Avila Amador 

Nydia Estrellita Buitimea Cantua* 

Leandris Argentele-Martínez 

Ofelda Peñuelas Rubio 

Joe Luis Arias Moscoso 

Francisco Cadena Cadena 

Raúl Carlos López Sánchez 

INTRODUCCIÓN

El tomate (*Solanum lycopersicum* L.) es, a nivel mundial, uno de los cultivos más relevantes debido a su extensa producción, alta demanda y múltiples usos en la industria alimentaria. Puede consumirse tanto fresco como procesado en diversos productos (Ji et al., 2023; Al-Roshdi et al., 2023).

En la agricultura moderna, los productos bioactivos han ganado atención por sus múltiples beneficios para las plantas, tales como la inducción de mecanismos de defensa y la estimulación del crecimiento vegetal. Además, presentan la ventaja de no ser dañinos ni para las plantas ni para el medio ambiente (Alzate et al., 2022; Gedeon et al., 2022).

Dentro de esta categoría, los bioestimulantes constituyen una variedad de productos que contienen principios activos capaces de influir en la fisiología de las plantas, promoviendo su desarrollo, mejorando su productividad y aumentando su resistencia frente a enfermedades, lo que se traduce en un incremento de los rendimientos agrícolas (Hernández et al., 2022; Chele et al., 2021). El quitosano estimula las enzimas y otros metabolitos en plantas y el crecimiento y desarrollo de los cultivos (Malerba; Cerana, 2016).

Hace varios años Falcón et al. (2021) informaron que el QuitoMax[®], una formulación líquida basada en quitosano, ha mostrado efectos positivos en el rendimiento de cultivos como hortalizas, granos y tubérculos. Estos estudios se realizaron en diversas localidades y condiciones en Cuba. Así mismo, los efectos fueron beneficiosos en la fisiología y el crecimiento de plántulas de tabaco en semillero, con la aspersión foliar de QuitoMax[®] (Sotolongo et al., 2025).

* Autor correspondiente: nydia.buitimea@unison.mx

El presente trabajo tiene como objetivo evaluar el efecto de la imbibición, durante 24 horas, de semillas de tomate de las variedades Amalia y Claudia en una solución de QuitoMax[®] con una concentración de 1 g L⁻¹, sobre el desarrollo de las plántulas.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se estableció en condiciones semicontroladas en el invernadero de producción de plántulas del Tecnológico Nacional de México Campus Valle del Yaqui, Obregón, México. El área experimental presentó las siguientes condiciones climáticas: temperatura promedio (medida con pistola de infrarrojo, *TRUPER*) 21 °C y una humedad relativa (HR) del 37% (determinada mediante heliógrafo satelital).

Preparación del sustrato y siembra

Las semillas se colocaron en bandejas de polipropileno de 128 cavidades (66.4 cm de largo x 33.5 cm de ancho y 7.7 cm de alto). Las semillas se sembraron a una profundidad de 1 cm. Se utilizó un sustrato inerte tipo *SUNSHINE*, el cual fue humedecido hasta un 95% de la capacidad de campo con agua común con una conductividad eléctrica de 0.22 dS m⁻¹.

Se utilizaron semillas de los cultivares Amalia y Claudia, con un poder germinativo superior al 95%, ambas variedades obtenidas a través del Programa de Mejoramiento Genético del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA). Las semillas empleadas se desinfectaron con hipoclorito de sodio durante 30 segundos y se lavaron con abundante agua destilada estéril.

El bioestimulante QuitoMax[®] (4 g L⁻¹, 0.5% de ácido acético y 0.07% de iones de potasio), cuyo ingrediente activo es un polímero de quitosano, obtenido por el Grupo de Productos Bioactivos (GPB) del INCA (Terry et al., 2017). Este producto se obtiene a partir de la desacetilación básica (NaOH) de la quitina presente en la cubierta de las langostas y se utilizó para embeber 64 semillas de cada variedad en una solución de QuitoMax[®] a una concentración de 1 g L⁻¹ durante 24 horas.

Posteriormente, las semillas se extrajeron de los tubos *Falcon* donde fueron pregerminadas, separando el residual de la solución con toallas de papel estériles y se sembraron manualmente en las bandejas.

Fertilización, riegos y atenciones culturales a las plántulas

Se realizó una fertilización a los siete días después de la emergencia (dde) a razón de 1 g L⁻¹ a base del fertilizante fórmula completa (Triple 19) (19-19-19). Posteriormente, se aplicó una segunda fertilización con el mismo fertilizante, pero a una concentración de 5 g L⁻¹ aplicando un volumen de 10 ml por cepellón. El riego en las bandejas se aplicó a diario, para mantener el sustrato en el 95% de la capacidad de campo.

Tratamientos, hipótesis y diseño experimental

Durante la pregerminación de las semillas, aplicando la dosis de 1 g L⁻¹ de QuitoMax[®] durante 24 horas en ambas variedades, los frascos de pregerminación se mantuvieron a temperatura ambiente (21 °C) para evaluar su efecto en el tiempo de ocurrencia de la emergencia y el porcentaje final de germinación.

Hipótesis a probar

H0: la aplicación de QuitoMax[®] durante el proceso de imbibición de las semillas no modifica el tiempo de ocurrencia de la emergencia, el porcentaje final de germinación ni las variables del desarrollo.

Hi: la aplicación de QuitoMax[®] durante el proceso de imbibición de las semillas sí modifica el tiempo de ocurrencia de la emergencia, el porcentaje final de germinación y las variables del desarrollo.

Tratamientos y diseño experimental

Se establecieron cuatro tratamientos, que consistieron en las dos variedades utilizadas sin el bioestimulante, y los otros dos tratamientos con la dosis de QuitoMax[®]. En todos los tratamientos el tamaño de muestra fue de n= 64 semillas.

Tabla 1. Tratamientos.

Tratamientos	Variedades	QuitoMax [®] (g L ⁻¹)
T1	Amalia	0
T2	Amalia	1
T3	Claudia	0
T4	Claudia	1

Variables Evaluadas

Tiempo de ocurrencia de la emergencia. El tiempo de ocurrencia de la emergencia se evaluó cuando más del 50% de las plántulas habían emergido, contando la cantidad de días transcurridos hasta este momento, su respectivo porcentaje y el tiempo a la emergencia hasta lograr mayor porcentaje de germinación.

El vigor vegetal inicial de las plántulas

El vigor vegetal inicial de las plántulas (VVi), se evaluó siguiendo la metodología propuesta por Esparza et al. (2010), clasificando las plántulas de la siguiente forma: 5- plántulas sanas, sin clorosis ni curvaturas del tallo; 4- plántulas con clorosis y/o curvaturas en tallo; 3- plántulas dañadas o con ausencia de alguna hoja cotiledonal; 2- plántulas marchitas; 1- plántulas muertas. Esta medición se desarrolló por única vez a los 20 días posterior a la emergencia.

Índice de vegetación de diferencia normalizada

El índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI de sus siglas en inglés) se midió con un sensor portátil (Govaerts; Verhulst, 2010), a partir de los 6 días después de la emergencia, estableciendo una dinámica de mediciones a intervalos semanales, en cada bandeja se tomaron 30 mediciones a una altura de 0.60 m del dosel de las plántulas, conforme a la referencia del sensor. Esta variable se evaluó para comparar, en cada tratamiento, el valor del NDVI (por sus siglas en inglés); $-1 < \text{NDVI} < 1$, cuya interpretación puede contribuir al diagnóstico rápido y dirigido de las condiciones nutrimentales del cultivo (en especial de nitrógeno) y la posible incidencia de estrés. Valores mayores del NDVI representan un mejor estado nutritivo (Inman et al., 2005).

Variables del desarrollo de las plántulas

A los 25 dde en condiciones de semillero, se seleccionaron 10 plántulas al azar por cada tratamiento, a las que se les realizaron las siguientes evaluaciones:

- Altura de las plántulas (AP): se midió en cm con cinta o flexómetro marca *TRUPER*, con un error de medición de 0.0001 cm, la base del tallo hasta el primordio.
- Longitud de la raíz (LR): se midió en cm con similar instrumento (flexómetro) desde el cuello de la raíz hasta el límite de la raíz principal.
- Diámetro del tallo de las plántulas (DT): se determinó en cm con un pie de rey digital (*TRUPER*), a partir de dos centímetros por encima del cuello de la raíz.
- Relación raíz-altura de la planta ($r_{R/T}$). En las plántulas tomadas para ambas mediciones se calculó la relación entre órganos mediante el cociente entre la longitud de las raíces y la altura de las plántulas.
- Número de hojas por plántula (NH): por conteo.
- Volumen de las raíces (VR): se tomaron raíces de forma aleatoria, las que fueron lavadas cuidadosamente con agua destilada para separar el sustrato y se introdujeron, de forma individual en una probeta graduada con agua, a volumen conocido y por diferencia de volumen se determinó el correspondiente a cada medición, se expresó en cm^3 .

Análisis estadísticos

Se comprobó el cumplimiento de los supuestos teóricos de homogeneidad de varianzas (Kolmogorov, 1933). Posteriormente, se realizaron análisis de varianza de clasificación simple basados en un modelo lineal de efectos fijos (Fisher, 1935) y cuando existieron diferencias entre las medias de los tratamientos, se empleó la prueba de comparación múltiple de Tukey, para un nivel de significación del 1% (Tukey, 1960). Se empleó para este análisis el paquete estadístico profesional *ESTATISTIC*, versión 14.2 para *Windows*.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El tiempo de ocurrencia de la emergencia (TOE) se afectó con la imbibición de la semilla en la solución de QuitoMax® a una dosis de 1 g L⁻¹ (Tabla 2). En la variedad Amalia la emergencia se retrasó dos días al compararla con el control, con diferencias significativas ($F=4.1936$; $p=0.00421$). En esta variedad (Amalia) el tiempo de ocurrencia al 95% de emergencia de las plántulas (germinación efectiva) fue de 11 días, mientras que sin el bioestimulante fue de nueve días. Similar respuesta se encontró en la variedad Claudia, donde la emergencia ocurrió un día después, respecto a cuando no se pregerminaron las semillas con QuitoMax® (a los 10 días). Con estos hallazgos, se rechaza la hipótesis nula referida a que la aplicación de QuitoMax® durante el proceso de imbibición de las semillas no modifica el tiempo de ocurrencia de la germinación ni el porcentaje final de esta.

Estos resultados difieren de los obtenidos por Reyes y Enríquez (2019), quienes reportaron una disminución del tiempo de emergencia al tratar las semillas con (1000, 2000 y 3000 mg L⁻¹) en la variedad de tomate Amalia. Una explicación de los resultados obtenidos en esta variable (TOE) en el presente trabajo, puede ser debido a que el QuitoMax® es una molécula orgánica considerablemente grande (124 kDa de masa molecular, 44-60% de grado de acetilación y viscosidad de 0,08-0,12 g cm⁻¹ seg⁻¹) (Falcón et al., 2015), lo que puede hacer más lenta la absorción durante la pregerminación.

Tabla 2. Tiempo de ocurrencia de la emergencia (TOE) y vigor vegetal inicial (VVi) de las variedades Amalia y Claudia embebidas en la solución de QuitoMax® y respectivo su control.

Tratamientos	TOE (días)	VVi
Amalia	9a	5
Amalia + Q	11c	5
Claudia	9a	5
Claudia + Q	10b	5

En concordancia con este supuesto, Mouden et al. (2020) estudiaron que a las 24 horas después de iniciada la imbibición, las semillas pueden aún incrementar su peso por concepto de absorción de agua, este trabajo indica que 24 horas quizás no es suficiente para que el quitosano penetre la cubierta seminal. Otros resultados también publicaron el efecto del tamaño de la molécula de quitosano lo que pudiera dificultar su entrada a través de la testa o cubierta seminal.

Se conoce que el tomate tiene una cubierta seminal semipermeable, fina y dura (Bewley Black, 1882, citado por Vázquez, 2021) pero no todos los compuestos orgánicos logran atravesarla (Mouden et al., 2020), conforme fue descrito al evaluar la permeabilidad de la testa de ocho cultivares de tomate y el efecto del uso de ácido jasmónico.

El porcentaje de germinación efectiva (PGe), asumiendo este a partir del momento en que el 95% de las plántulas habían emergido, presentó diferencias significativas entre tratamientos ($F= 687.75$;

$p=0.00054$) y este indicador fue superior en 4% en la variedad Claudia (Figura 1) al compararla los valores de los tratamientos de semillas embebidas en la solución de QuitoMax[®] con su control.

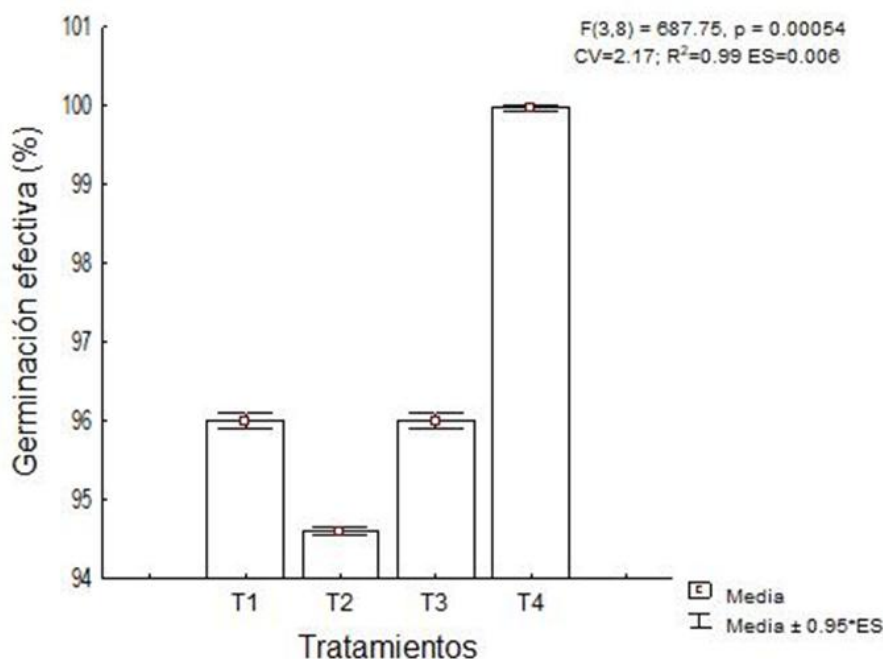


Figura 1. Germinación efectiva de las semillas de las variedades Amalia y Claudia al aplicar QuitoMax[®] y su respectivo control (T1: Amalia; T2: Amalia + Q; T3: Claudia; T4: Claudia + Q).

En la variedad Amalia el valor del PGe fue menor en un 1.4%. Las plantas que germinaron en las bandejas, posterior a los 12 días se desecharon ya que tendría teóricamente variaciones en los parámetros del desarrollo para posteriores evaluaciones.

La evaluación de esta variable permitió concluir que, por efecto de los tratamientos, se explicó el 99% de la variabilidad total existente en los datos ($R^2=0.99$) y el porcentaje de variación fue del 2%. Con independencia de lo obtenido con o sin QuitoMax[®] y del tiempo de ocurrencia, todas las semillas establecidas germinaron (datos no mostrados), lo que indica que las semillas de ambas variedades eran básicas presentan suficiente energía de germinación y poder germinativo.

Coincidiendo con los resultados obtenidos en la variedad Claudia, se informa que el uso del QuitoMax[®] mejora los porcentajes de emergencia en el cultivo del tomate (López et al., 2021; González et al., 2021), pepino (*Cucumis sativus*) (Masjuan et al., 2018), pimiento (*Capsicum annuum*) (Masjuan et al., 2022), maíz (*Zea mays* L.) (Blanco et al., 2022) aunque en este caso sólo a partir del quinto día. Efecto similar fue obtenido al aplicar Quitina y/o Quitosano en la semilla a 25, 50 y 100 ml L⁻¹ (Amine et al., 2020).

En cambio, el vigor vegetal inicial (VVi) no mostró diferencias al observar las plántulas de los diferentes tratamientos (Tabla 2). Se les asignó a todos, conforme a la metodología de Esparza et al. (2010), la puntuación máxima en la escala de evaluación.

Todas las plántulas presentaron uniforme pigmentación, sin clorosis ni necrosis, ni daños en la conformación normal de las hojas cotiledonales y verdaderas, ni curvaturas del tallo.

La similitud observada en el VVi de las plántulas, a los 20 dde, evidencia que las semillas presentaban suficiente poder germinativo, y que la aplicación del QuitoMax® durante la pregerminación no afectada el vigor vegetal inicial, por lo que para este indicador se acepta la hipótesis nula planteada.

Altura de las plántulas y tiempo de crecimiento relativo

Existieron diferencias significativas, entre los tratamientos, para la variable AP ($F=2009.3$; $p=0.00389$). La aplicación de QuitoMax® promovió el desarrollo de las plántulas, aun cuando el tiempo de ocurrencia de la emergencia fue menor en los tratamientos donde se aplicó. La mejor contribución del bioestimulante aplicado fue en la variedad Claudia respecto a las restantes variantes experimentales establecidas (Figura 2).

Además, por efecto de los tratamientos, la variabilidad total encontrada en la variable AP fue del 95%. Esto demuestra que el QuitoMax® aporta al desarrollo inicial de las plantas de forma significativa ($r=0.99^{**}$ y 0.98^{**}) para los tratamientos en Claudia y Amalia, respectivamente. En ambos casos el grado de bondad de ajuste de los datos superior a 94%.

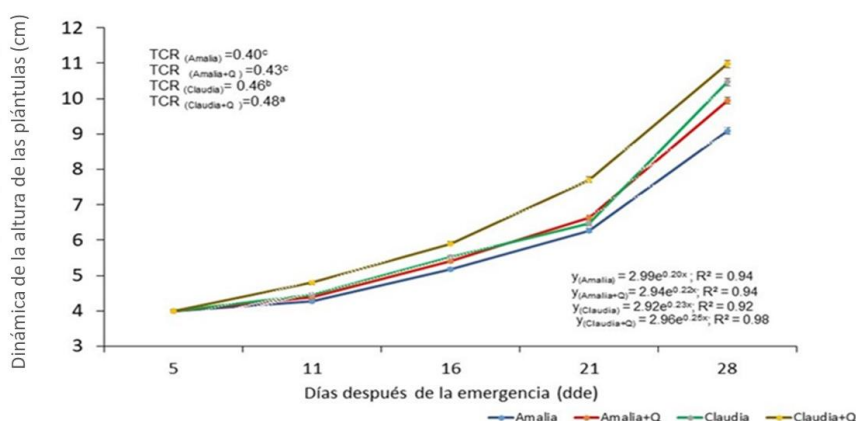


Figura 2. Dinámica de la altura de las plántulas en los tratamientos a los 6; 11; 16; 21 y 28 dde. Tiempo de crecimiento relativo, expresado en cm cada 24 horas.

En todos los tratamientos la AP describieron una curva de la forma $F_{(x)} = c \cdot e^{f(x)}$ (curva exponencial) del desarrollo y en ambas variedades (Figura 2). Lo obtenido demuestra que, aunque hubo una mejor respuesta de las plantas para la variable AP con la aplicación del bioestimulante, la normalidad teórica del desarrollo no se afectó, por tanto, el efecto solo fue metabólico, sin alteraciones extremadamente diferentes al desarrollo normal de las plantas (Fang et al., 2022; Hsieh et al., 2021).

También, por efecto de la aplicación del QuitoMax® se incrementó la pendiente de las curvas que describen la AP (ecuaciones exponenciales en Figura 2). En el presente ensayo, la variedad Claudia superó

a Amalia en altura de las plántulas. La tasa de crecimiento relativo aumentó en 0.02 y 0.03 cm día⁻¹ para Claudia y Amalia, respectivamente, cuando las semillas fueron embebidas en la solución de QuitoMax®.

Los resultados del presente trabajo coinciden con los obtenidos por Castro et al. (2022) que, al aplicar quitosano en la semilla de plantas de tomate, reportaron la obtención de plantas más robustas. Estos efectos beneficiosos pueden deberse a que el quitosano aumenta la eficiencia de la absorción de nutrientes (Zanin et al., 2018), y consecuentemente se estimula el desarrollo de la parte aérea. Resultados similares obtuvieron al utilizar el quitosano en tomate Reyes y Enríquez (2019) y Terry et al. (2017). Efecto similar fue obtenido al aplicar Quitina y/o Quitosano en la semilla a 25, 50 y 100 ml L⁻¹ (Amine et al., 2020).

La influencia de este bioestimulante pudiera estar relacionada con la disponibilidad de los productos de la descomposición de la quitina tales como amonio y sus derivados que, al germinar las plantas, pueden ser utilizadas en las primeras etapas del desarrollo de las plántulas y pueden constituirse en una fuente lenta pero sostenida de nitrógeno, cuya duración puede llegar incluso a los tres meses (Beier; Bertilsson, 2013).

Estos resultados conllevan a rechazar la hipótesis nula en relación a la influencia del bioestimulante en la calidad de las plántulas. Demostrándose la factibilidad de la utilización del bioestimulante, al ser este indicador más visible para determinar que las plantas están de trasplante.

Índice de vegetación de diferencia normalizada

Al evaluar el NDVI en las plántulas de tomate, se pudo observar que las semillas de las variedades que fueron tratadas con el bioestimulante en la pregerminación mostraron los mayores valores. La variedad Claudia con QuitoMax® fue la de mejores resultados con 0.73 y la variedad Amalia sin QuitoMax®, la de más bajo NDVI con 0.67, con diferencias altamente significativas entre los tratamientos ($F=1021$; $p=0.00172$) (Figura 3). Al comparar los resultados de este indicador, en cada variedad con su control, los valores se incrementaron al utilizar el bioestimulante en 0.2 unidades en ambos cultivares.

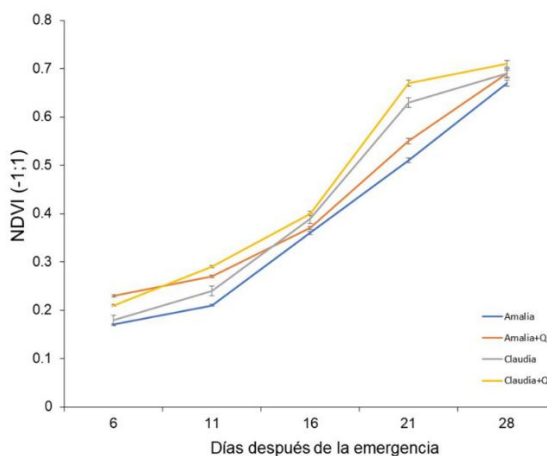


Figura 3. Índice de vegetación de diferencia normalizada, en los tratamientos a los 6; 11; 16; 21 y 28 días después de la emergencia (dde). Barras rectangulares en las líneas representan error estándar para $p<0.01$.

Con los datos obtenidos se demuestra que las plantas presentaban buena nutrición carbonada y nitrogenada (Chiesi et al., 2022). Se informó que los mayores valores del NDVI ($-1 < \text{NDVI} < 1$) representan un mejor estado nutricional de las plantas (Inman et al., 2005).

Además, el NDVI es un indicador importante del estado nutricional de las plantas (Stefen et al., 2016) y ofrece una aproximación de la eficiencia de uso de N disponible en el suelo (Allbed et al., 2014). El NDVI reconocido, como un indicador preciso del buen estado fisiológico y nutricional en plantas (Bian et al., 2021) y que existe una alta correlación entre NDVI y el índice de área foliar en el cultivo del tomate (Chicaneli, 2019).

Se informó que, en las plantas, la funcionalidad del sistema radicular se refleja en el rendimiento del área foliar (Chen et al., 2019). El alto vigor vegetal (NDVI alto) indica que las raíces han explorado la profundidad suficiente para obtener agua y nutrientes y apoyar la demanda transpiratoria (Blum, 2017), en plántulas de tomate es relevante el funcionamiento del sistema radical y por tanto el uso de QuitoMax[®] en la pregerminación.

Los resultados encontrados en el presente experimento indican que el QuitoMax[®] favorece el desarrollo foliar, especialmente si se reconoce que el NDVI es uno de los indicadores de vegetación más prácticos y de fácil acceso utilizados por ecólogos y agrónomos para utilizarlo con éxito en trabajos científicos y prácticos (Shammi; Meng, 2021; Lykhovyd et al., 2021). Además, es el índice de vegetación de mayor aceptación debido a su capacidad para representar la intensidad de los procesos de crecimiento de las plantas (Li et al., 2019).

Variables morfológicas

Al analizar la variable altura de las plántulas se encontraron diferencias altamente significativas entre los tratamientos ($F=0213.4$; $p=0.00001$) por lo que se rechaza la hipótesis sobre la similitud de respuesta de la variable evaluada en los tratamientos (hipótesis nula). Los tratamientos establecidos contribuyeron en un 95% a la variabilidad total encontrada en la altura de las plantas, por lo que el modelo matemático empleado permitió identificar estas diferencias ($R^2=0.95$).

Los mayores valores de AP se obtuvieron con el uso del QuitoMax[®] en la variedad Claudia (10.89 ± 0.03 cm) y los menores en la variedad Amalia (9.11 ± 0.01 cm) sin la aplicación de este. En la variedad Amalia este indicador fue de (9.96 ± 0.04 cm) al embeber la semilla en la solución del bioestimulante comparado con el control solo con agua destilada. En la variedad Claudia la AP fue menor 10.35 ± 0.04 cm) en el tratamiento que no se aplicó el bioestimulante (Tabla 3).

Este resultado demuestra la efectividad del bioestimulante empleado para la promoción del desarrollo aéreo, por tanto, su mayor efecto es a nivel foliar, coincidiendo con lo reportado para el tomate por otros autores (Gómez et al., 2023; Castro et al., 2022; Reyes et al., 2020; Reyes; Enríquez, 2019), y en pimiento (Sierra et al., 2023; Masjuan et al., 2022). Efecto similar fue obtenido al aplicar quitina y/o

quitosano en la semilla de tomate a 25, 50 y 100 ml L⁻¹ (Amine et al., 2020). Asimismo, al determinar el efecto de seis concentraciones de QuitoMax[®] sobre el crecimiento y producción del cultivo de pepino, Reyes et al. (2024) concluyeron que este bioestimulante influyó en el crecimiento y desarrollo de las plantas.

Tabla 3. Variables morfológicas evaluadas a los 28 dde en los tratamientos establecidos.

Tratamientos	AP	LR	GT	Pf A	Pf R	VR	r _{R/T}	NH
Amalia	9.11 ^d	7.9	2.25 ^b	0.61 ^b	0.48 ^b	3.9	1.39 ^a	3.3 ^b
Amalia + Q	9.96 ^c	8.5	2.25 ^b	0.77 ^b	0.67 ^a	3.9	1.63 ^a	3.8 ^{ab}
Claudia	10.35 ^b	7.8	2.25 ^{ab}	1.0 ^a	0.46 ^b	3.6	1.02 ^b	4.1 ^a
Claudia + Q	10.89 ^a	8.8	2.26 ^a	1.01 ^a	0.58 ^{ab}	4.6	1.11 ^b	3.8 ^{ab}
ES	0.1	0.23	0.22	0.01	0.03	0.03	0.15	0.05
R ²	0.95	0.83	0.36	0.59	0.29	0.45	0.45	0.24

[AP: Altura de las plántulas (cm); LR: Longitud de la radícula (cm); GT: Grosor del tallo (mm); Pf A: Peso fresco parte aérea (g); Pf R: Peso fresco de la raíz (g); VR: Volumen de la raíz (ml³); r_{R/T}: Relación longitud de la raíz/ altura de la planta; NH: Número de hojas (NH)]Medias con letras iguales no difieren por Tukey para p<0.01. ES: error estándar; CV: coeficiente de variación; R²: coeficiente de terminación sin ajustar]

En el presente trabajo solo en esta variable el modelo matemático permitió identificar la variabilidad de respuesta en un alto porcentaje, aunque en las restantes variables evaluadas existieron también diferencias.

Aunque se obtuvieron mayores valores de LR de ambas variedades y mayor VR en la variedad Claudia (Tabla 3), no se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos, resultado similar fue reportado por Reyes et al. (2020) en el cultivo del tomate concentraciones de 1,0 y 2,0 g L⁻¹.

Los resultados de esta investigación mostraron, además, que la imbibición de las semillas en QuitoMax[®] (1 g L⁻¹) durante 24 horas logró valores favorables al compararlo con el control en la AP, GT, LR, Pf A, Pf R, VR en la variedad Claudia, y en la variedad Amalia para el NH y R(LR/AP) (Tabla 3). Resultados similares reportaron González et al. (2021) y Reyes et al. (2020) al evaluar la influencia del QuitoMax[®] sobre la germinación y la calidad de las plántulas de tomate.

El mecanismo de acción del quitosano en tomate, se relacionó con un incremento del contenido de clorofila luego de la aplicación foliar (Reyes et al., 2020). Condición que puede variar de acuerdo a la concentración de quitosano utilizada (Salachna; Zawadzinska, 2014). Al aplicar quitosano en el cultivo del pepino, este presentó efectos positivos en las variables de crecimiento y desarrollo el cual estimula un incremento de la producción de clorofila y la fotosíntesis en las plantas (Rendina et al., 2019).

Una posible explicación para estos resultados es que se deben a la incorporación de nutrientes (N, P, K), los cuales favorecen el crecimiento de las plantas (Castro et al., 2022) o al incremento de la actividad de enzimas claves del metabolismo del N y del C (Colman et al., 2019).

En sentido general, el efecto del QuitoMax[®] fue más notorio cuando se evaluó la altura de la planta, la tasa de crecimiento relativo, la masa fresca de la parte aérea y el índice de vegetación de diferencia normalizada. El bioestimulante estudiado influyó positivamente en el desarrollo aéreo de las plantas de tomate y se demuestra que el NDVI fue un indicador preciso para establecer las diferencias con el uso del QuitoMax[®], en ambas variedades.

CONCLUSIONES

La aplicación de QuitoMax[®] en la imbibición de semillas de tomate demostró efectos positivos sobre diversas variables morfológicas y fisiológicas, tales como el incremento en el índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI) y la mejora en la altura y el vigor vegetal inicial de las plántulas.

En la variedad Claudia, el bioestimulante mostró un impacto significativo, aumentando la altura de las plántulas y la tasa de crecimiento relativo, con resultados superiores a los observados en la variedad Amalia.

Si bien las diferencias en ciertas variables (como el volumen de la raíz y la longitud de la radícula) no fueron significativas, los resultados obtenidos sugieren que el uso de QuitoMax[®] mejora el desempeño general de las plántulas al proporcionar una fuente adicional de nutrientes durante las primeras etapas del desarrollo.

La variabilidad observada en los tratamientos demuestra que QuitoMax[®] influye directamente en el desarrollo aéreo de las plantas, lo que reafirma la factibilidad de emplear QuitoMax[®] como una alternativa para mejorar la calidad de las plántulas ofreciendo beneficios específicos que contribuyen al manejo sostenible de este cultivo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Allbed, A., Kumar, L., y Aldakheel, Y. Y. (2014). Assessing soil salinity using soil salinity and vegetation indices derived from IKONOS high-spatial resolution imageries: Applications in a date palm dominated region. *Geoderma*, 230, 1-8. doi.org/10.1016/j.geoderma.2014.03.025
- Al-Roshdi, M. R., Ammara, U., Khan, J., Al-Sadi, A. M., y Shahid, M. S. (2023). Artificial microRNA-mediated resistance against Oman strain of tomato yellow leaf curl virus. *Frontiers in Plant Science*, 14, 1164921. https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1164921.
- Alzate, Z, M. Y., Miras, M, B., Monterisi, S., Rouphael, Y., Colla, G., Lucini, L., y Pii, Y. (2022). Integrated Metabolomics and Morpho-Biochemical Analyses Reveal a Better Performance of *Azospirillum brasilense* over Plant-Derived Biostimulants in Counteracting Salt Stress in Tomato. *International Journal of Molecular Sciences*, 23(22), 14216.https://doi.org/10.3390/ijms232214216.

- Amine, R., Abba, E. H., Mohammed, B. I., and Khadija, O. (2020). The Amendment with Chitin and/or Chitosan Improves the Germination and Growth of *Lycopersicon esculentum* L., *Capsicum annum* L. and *Solanum melongena* L. *Indian Journal of Agricultural Research*, 54(4), 420-428. DOI: 10.18805/IJAR.A-452
- Beier, S., and Bertilsson, S. (2013). Bacterial chitin degradation—mechanisms and ecophysiological strategies. *Frontiers in microbiology*, 4, 149. doi.org/10.3389/fmicb.2013.00149
- Bian, L., Wang J., Liu J. y Han B. (2021). Spatiotemporal Changes of soil salinization in the yellow river delta of China from 2015 to 2019. *Sustainability* 13(2): 822.https://doi.org/10.3390/su13020822.
- Blanco, B., Y., Cartay R., O. E., & Espina N., M. (2022). Efecto de diferentes formas de aplicación del QuitoMax[®] en el crecimiento del maíz. *Agroonomía Mesoamericana*, 47246-47246.
- Blum, A. (2017). Osmotic adjustment is a prime drought stress adaptive engine in support of plant production. *Plant Cell and Environment* 40(1):4–10. Doi.org/10.1111/pce.12800
- Castro, L. I., Calero H, A., Rodríguez H, M. G., Peláez C, A., Martínez B, D., & Pérez, Y. (2022). Potencialidades de dos bioestimulantes en la germinación y el crecimiento de las plántulas de tomate. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 23(1). https://doi.org/10.21930/rcta.vol23_num1_art:2343
- Chele, K. H., Steenkamp, P., Piater, L. A., Dubery, I. A., Huyser, J., y Tugizimana, F. (2021). A global metabolic map defines the effects of a Si-based biostimulant on tomato plants under normal and saline conditions. *Metabolites*, 11(12), 820.https://doi.org/10.3390/metabo11120820.
- Chen, G., Hobbie SE, Reich PB, Yang Y, Robinson D. (2019). Allometry of fine roots in forest ecosystems. *Ecology Letters* 22(2):322–331. https://doi.org/10.1111/ele.13193
- Chicaneli, I. N. (2019). Avaliação de índice de área foliar por meio de sensoriamento remoto em pivo central na cultura do tomate. *Anais da semana agrônômica da faculdade evangélica de goianésia*, 9(1). https://www.rincon061.org/.
- Chiesi, M., Angeli, L., Battista, P., Fibbi, L., Rapi, B., Gozzini, B., & Maselli, F. (2022). Monitoring and analysis of crop irrigation dynamics in Central Italy through the use of MODIS NDVI data. *European Journal of Remote Sensing*, 55(1), 23-36. https://doi.org/10.1080/22797254.2021.2013735
- Colman, S. L., Salcedo, M. F., Mansilla, A. Y., Iglesias, M. J., Fiol, D. F., Martín-Saldaña, S., Alvarez, V. A., Chevalier, A. A., & Casalongué, C. A. (2019). Chitosan microparticles improve tomato seedling biomass and modulate hormonal, redox and defense pathways. *Plant Physiology and Biochemistry*, 143, 203-211. https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2019.09.002
- Esparza, D. G., López C. J., Villanueva- J. JA, Osorio A. F, Otero C. G & Camacho D. E (2010) Concentración de azadiractina, efectividad insecticida y fitotoxicidad de cuatro extractos de *Azadirachta indica* A. Juss. *Agrociencia* 44(7): 821- 833. https://www.scielo.org.mx/scielo.

- Falcón, R. A. B., Costales Mené, D., González-Peña Fundora, D., & Nápoles García, M. C. (2015). Nuevos productos naturales para la agricultura: las oligosacarinas. *Cultivos Tropicales*, 36, 111-129. <http://scielo.sld.cu/>.
- Falcón, R., González, D., Nápoles, M. C., Morales, D. M., Núñez, M. C., Cartaya Rubio, O. E., ... y Jiménez Arteaga, M. C. (2021). Oligosacarinas como bioestimulantes para la agricultura cubana. *Anales de la Academia de Ciencias de Cuba*, 11(1). <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2019.115331>.
- Fang, S. L., Kuo, Y. H., Kang, L., Chen, C. C., Hsieh, C. Y., Yao, M. H., & Kuo, B. J. (2022). Using Sigmoid Growth Models to Simulate Greenhouse Tomato Growth and Development. *Horticulturae*, 8(11), 1021. <https://doi.org/10.3390>
- Fisher, R. A. (1937). *The Design of Experiments*. Edinburgh; London: Oliver and Boyd.
- Gedeon, S., Ioannou, A., Balestrini, R., Fotopoulos, V., y Antoniou, C. (2022). Application of Biostimulants in Tomato Plants (*Solanum lycopersicum*) to Enhance Plant Growth and Salt Stress Tolerance. *Plants*, 11(22), 3082. <https://doi.org/10.3390/plants11223082>.
- Gómez, S. A., López S. G., Jerez M. E., González C. P., & Guerrero D. L. (2023). Influencia de dos bioestimulantes en el crecimiento y desarrollo de plantas de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.). *Cultivos Tropicales*, 43(2), 07. <https://ediciones.inca.edu.cu/>
- González, L. G., Paz, I., Boicet, T., Jiménez, M. C., Falcón-, A., y Rivas, T. (2021). Efecto del tratamiento de semillas con QuitoMax® en el rendimiento y calidad de plántulas de tomate variedades ESEN y L-43. *Terra Latinoamericana*, 39. <https://doi.org/10.28940/terra.v39i0.803>.
- Govaerts, B., and N. Verhulst. (2010). The normalized difference vegetation index (NDVI) Greenseeker (TM) handheld sensor: toward the integrated evaluation of crop management. Part A: -Concepts and Case Studies: Mexico, D.F. CIMMYT. p:13. <https://repository.cimmyt.org/>
- Hernández, H., Sánchez, H., Palmeros, S., Ocampo, Á., Santacruz, F., Meza, I. D., y Becerril, A. (2022). Seaweed Extract Improves Growth and Productivity of Tomato Plants under Salinity Stress. *Agronomy*, 12(10), 2495. <https://doi.org/10.3390/agronomy12102495>.
- Hsieh, C. Y., Fang, S. L., Wu, Y. F., Chu, Y. C., & Kuo, B. J. (2021). Using sigmoid growth curves to establish growth models of tomato and eggplant stems suitable for grafting in subtropical countries. *Horticulturae*, 7(12), 537. <https://doi.org/10.3390/horticulturae7120537>
- Inman, D., Khosla, R. y Mayfield, T. (2005). On-the-go active remote sensing for efficient crop nitrogen management. *Sensor Review* 25: 209-214. <https://doi/10.1108/02602280510606499/full/html>.
- Ji, X., Deng, T., Xiao, Y., Jin, C., Lyu, W., Wu, Z., y Yang, H. (2023). Emerging *Alternaria* and *Fusarium* mycotoxins in tomatoes and derived tomato products from the China market: Occurrence, methods of determination, and risk evaluation. *Food Control*, 145, 109464. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2022.109464>.
- Kolmogorov, A. (1933). *Basic Concepts of Probability Theory*. Berlin: Julius Springer; 62 p.

- Li, C., Li, H., Li, J., Lei, Y., Li, C., Manevski, K. y Shen Y. (2019). Using NDVI percentiles to monitor real-time crop growth. *Comput Electron Agric*, 162, 357-363. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2019.04.026>.
- López, T, S. F., Álvarez S, A. R., Reyes P, J. J., Vital L, L., & Yanez C, D. J. (2021). Respuesta agronómica y control fitosanitario de plantas de tomate (*Solanum lycopersicum* L), a la aplicación de quitosano. *Revista Científica Agroecosistemas*, 9(3), 6-12. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/article/view/488>.
- Lykhovyd, P.V. (2021). Seasonal dynamics of normalized difference vegetation index in some winter and spring crops in the South of Ukraine. *Agrology* 4: 187-193. <https://doi.org/10.32819/021022>
- Malerba, M., y R. Cerana. (2016). Chitosan Effects on Plant Systems. *Int. J. Mol. Sci*, 996:1–15. <https://doi.org/10.3390/ijms17070996>
- Masjuan, Y. G., Olivera, N. T., y Escalona, Y. A. (2022). Efecto de diferentes dosis de QuitoMax en el crecimiento de plántulas de pimiento (*capsicum annum* l) (Original). *Redel. Revista Granmense de Desarrollo Local*, 6(1), 30-39.
- Masjuan, Y. G., Olivera, N. T., Gómez, G. G., y Oduardo, R. (2018). Efecto de diferentes dosis de QuitoMax en el crecimiento de plántulas de pepino (*Cucumis sativus* L.). *Agrisost*. Recovered: <http://revistas.reduc.edu.cu/index.php/agrisost/index>
- Mouden, S., Kappers, I. F., Klinkhamer, P. G., & Leiss, K. A. (2020). Cultivar variation in tomato seed coat permeability is an important determinant of jasmonic acid elicited defenses against western flower thrips. *Frontiers in Plant Science*, 11, 576505. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.576505>
- Rendina, N., Nuzzaci, M., Scopa, A., Cuypers, A. y Sofo, A. (2019). Chitosan-elicited defense responses in Cucumber mosaic virus (CMV)-infected tomato plants. *Journal of Plant Physiology*. 234(235):9-17. <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2019.01.003>.
- Reyes, P, J., y Enríquez A, E. (2019). Evaluación de QuitoMax® en la emergencia, crecimiento y nutrientes de plántulas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.). *Ciencia Y Tecnología*, 11(2), 31–37. <https://doi.org/10.18779/cyt.v11i2.233>
- Reyes, P., Llerena, R., Quinatoa L., Llerena F., Palacios, A., Aragón, E., y de Luna, R. (2024). Crecimiento y desarrollo de plantas de pepino (*Cucumis sativus* L.) bioestimuladas con QuitoMax®. *Revista Terra Latinoamericana*, 42. <https://doi.org/10.28940/terra.v42i0.1818>.
- Reyes, P., Rivero, H., García, B. (2020). Aplicación de quitosano incrementa la emergencia, crecimiento y rendimiento del cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en condiciones de invernadero. *Biotecnia*, 22(3): 156-163. <https://www.scielo.org.mx/>.
- Salachna, P. y Zawadzińska, A. (2014). Effect of chitosan on plant growth, flowering and corms yield of potted freesia. *Journal of Ecological Engineering*. 15(3):97-102. doi:10.12911/22998993.1110223.
- Shammi, S.A., Meng Q. (2021). Use time series NDVI and EVI to develop dynamic crop growth metrics for yield modeling. *Ecol Indic* 121: 107124. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.107124>

- Sierra, D. R. R., Gómez, G. G., & Pantoja, A. J. (2023). Evaluación de Pectimorf[®] y QuitoMax[®] en el cultivo del pimiento (*Capsicum annuum*, L. variedad Lical) (Original). Redel. Revista Granmense de Desarrollo Local, 7(1), 142-161.
- Sotolongo, J. C. G., González, Y. L., Menéndez, D. C., Hernández, L. T., & Rodríguez, A. F. (2025). Quitosano: estimulante del crecimiento del tabaco en etapa de semillero. Avances, 27(1), 48-64. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9966719>
- Stefen, DLV, Souza CA, Coelho CMM, Gutkoski LC, Sangoi EL. (2016). A adubação nitrogenada durante o espigamento melhora a qualidade industrial do trigo (*Triticum aestivum* cv. Mirante) cultivado com regulador de crescimento etil-trinexapac. Revista de la Facultad de Agronomía 114(2):161–169.
- Terry, A., Falcón R., Ruiz, P., Carrillo S. y Morales M. (2017). Respuesta agronómica del cultivo de tomate al bioproducto QuitoMax[®]. Cultivos Tropicales, 38(1), 147-154. <https://www.scielo.org/cu>.
- Tukey, J. W. (1960). A survey of sampling from contaminated distributions. In: Olkin I, ed. Contribution to Probability and Statistics: Essays in Honor to Harold Hotelling. Redwood City: Stanford University Press., 448-485.
- Vázquez, L, D. (2021). Rendimiento y calidad de semilla de tomates nativos (Doctoral dissertation). Consultado el 24 de febrero de 2023. Disponible en: http://colposdigital.colpos.mx:8080/jspui/bitstream/10521/4672/1/Vazquez_Lopez_D_MC_Fisiologia_Vegetal_2021.pdf
- Zanin, L., Tomasi, N., Zamboni, A., Sega, D., Varanini, Z., & Pinton, R. (2018). Water-extractable humic substances speed up transcriptional response of maize roots to nitrate. Environmental and Experimental Botany, 147, 167-178. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2017.12.014>

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

