

Tópicos de investigación agropecuaria con enfoque sustentable en México Volumen I

Ignacio Orona Castillo
Ernesto González Gaona
Roberto Sánchez Lucio
Alain Buendía García
Compiladores



2026

Ignacio Orona Castillo
Ernesto González Gaona
Roberto Sánchez Lucio
Alain Buendía García
Compiladores

**Tópicos de investigación agropecuaria con
enfoque sustentable en México**
Volumen I



Pantanal Editora

2026

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
Elaborado por la Bibliotecaria Janaina Ramos – CRB-8/9166

T674

Tópicos de investigación agropecuaria con enfoque sustentable en México - Volumen I / Organización Ignacio Orona Castillo, Ernesto González Gaona, Roberto Sánchez Lucio, et al. – Nova Xavantina-MT: Pantanal, 2026.
181p. ; il.

Otro organizador: Alain Buendía Garcia.

Livro em PDF

ISBN 978-65-85756-74-7

DOI <https://doi.org/10.46420/9786585756747>

1. Agricultura orgânica. 2. Sustentabilidade. 3. Produção alimentaria. I. Castillo, Ignacio Orona (Organización). II. Gaona, Ernesto González (Organización). III. Lucio, Roberto Sanchez (Organización). IV. Título.

CDD 630

Índice para catálogo sistemático

I. Agricultura orgânica



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

El contenido de ésta obra, titulada: Tópicos de investigación agropecuaria con enfoque sustentable en México en su primer Volumen, presenta algunas estrategias de manejo sustentable para la producción de alimentos en México, producto de resultados de investigación de un grupo de investigadores-especialistas en la temática, que pertenecen a prestigiadas instituciones de México: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Universidad Juárez del Estado de Durango, Instituto Tecnológico de Torreón, Universidad Autónoma Chapingo, Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”, Instituto Tecnológico Superior de Lerdo, Durango y la Universidad Politécnica Región Laguna cuya contribución busca ofrecer un mejor futuro, mediante el análisis de técnicas de cultivo que conservan los recursos del medio ambiente, con un enfoque de producción sostenible y de impacto positivo en la economía y en la sociedad.

La agricultura orgánica es una forma de obtener alimentos libres de residuos como fertilizantes y plaguicidas en general. Busca la sustentabilidad mediante el manejo integral del agua y del suelo, considerando su permanencia para garantizar alimentos sanos y abundantes a una sociedad en constante crecimiento.

El objetivo es ofrecer alternativas y experiencias para mejorar la calidad y cantidad de alimentos en beneficio de la población y ello se refleje en mejores ingresos y bienestar del productor.

Los compiladores

Índice

Presentación	4
Introducción	6
Capítulo 1	7
Evaluación de Soluciones Nutritivas en el Desarrollo y la Producción de Forraje Verde Hidropónico	7
Capítulo 2	18
Rendimiento y Calidad Fitoquímica de Frutos de Tomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.) Por Efecto del Estiércol Solarizado y la Inoculación con <i>Azospirillum brasilense</i>	18
Capítulo 3	40
La producción de café por productores del Grupo Terruño Nayarita en México	40
Capítulo 4	55
Perfil Fitoquímico en Chiles Tratados con Fertilización orgánica	55
Capítulo 5	68
Dinámica de Nitratos en la Producción de Lechuga en Acuaponía	68
Capítulo 6	81
Orégano mexicano, propagación y sus propiedades fitoquímicas: una revisión	81
Capítulo 7	94
Efectos de la Fertilización Orgánica e Inorgánica en el cultivo de Chile Jalapeño <i>Capsicum annuum</i> L. var. Autlan en las Características Físico-Químico-Biológicas del Suelo	94
Capítulo 8	116
Biofertilizantes como Alternativa de Producción en dos Genotipos de Maíz Forrajero	116
Capítulo 9	131
Respuesta del cultivo de Quinoa (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd) a sustratos orgánicos formulados con diferentes proporciones de Vermicompost: Arena	131
Capítulo 10	145
Uso de Enmiendas Orgánicas en la Agricultura: Una Revisión Sistemática Sobre sus Efectos en el Crecimiento, Rendimiento y Calidad de los Cultivos	145
Capítulo 11	171
Aprovechamiento de Candelilla (<i>Euphorbia antisyphilitica</i> Zucc.) para la Formulación de un Tratamiento Dermatológico	171
Índice	180
Los organizadores	181

INTRODUCCIÓN



El cultivo de la tierra surge como una necesidad para la permanencia del hombre en la tierra; la recolección de plantas y frutos la antecedió una vez que el *Homo sapiens* se hizo sedentario. Sin embargo; a través de los siglos, la combinación de recursos utilizados en la producción de alimentos agropecuarios ha ido cambiando, motivado por el crecimiento demográfico como por el uso de insumos de origen químico en la agricultura.

Los sistemas de riego han dado respuesta al mejor aprovechamiento del recurso ante la cada vez mayor escasez en cantidad y calidad del agua, y nuevos tipos de agricultura protegida e intensiva han prosperado a fin de satisfacer la demanda de insumos a la industria agroalimentaria que abastece el consumo alimenticio de una población en constante crecimiento, surgiendo así el uso de semillas transgénicas resistentes a sequía, plagas y enfermedades.

Como una respuesta a la producción de alimentos libres de residuos tóxicos y en armonía con la naturaleza surge la agricultura orgánica, que busca proteger el medio ambiente y la salud humana, por lo cual, el propósito de este libro, es mostrar avances de investigación logrados en distintos temas como son: el uso de estiércoles y vermicompostas, uso de bacterias promotoras de crecimiento, biofertilizantes, control biológico de plagas y sustratos en los cultivos de tomate, café, algodónero, chile jalapeño, maíz forrajero, nogal pecanero, y la producción de café.



Rendimiento y Calidad Fitoquímica de Frutos de Tomate (*Solanum lycopersicum* L.) Por Efecto del Estiércol Solarizado y la Inoculación con *Azospirillum brasilense*

Yield and Phytochemical Quality of Tomato Fruits (*Solanum lycopersicum* L.) due to the Effect of Solarized Manure and Inoculation with *Azospirillum brasilense*

Recibida em: 07/11/2025

Aprobado em: 04/02/2026

 10.46420/9786585756747cap2

Alfonso Andrade-Sifuentes³ 

Jorge Sáenz-Mata⁴ 

Manuel Fortis-Hernández¹ 

Pablo Preciado-Rangel¹ 

Edgar Omar Rueda-Puente^{5‡} 



³ Tecnológico Nacional de México-Campus Instituto Tecnológico de Torreón (TECNM-ITT), Antigua Carretera Torreón-San Pedro km 7.5, Torreón, Coahuila C.P. 27170, Mexico; ing.andrade_85@hotmail.com; ppreciador@yahoo.com.mx; Joorvi66@hotmail.com

⁴ Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Juárez del Estado de Durango, Av. Universidad SN, CP 35010 Fracc. Filadelfia Gómez Palacio, Dgo., México. jsaenz_mata@ujed.mx.

⁵ Departamento de Agricultura y Ganadería, Universidad de Sonora, Boulevard Luis Encinas y Rosales s/n, Colonia Centro, Hermosillo, Sonora C.P. 83000, Mexico.

‡ Autor para correspondencia: erueda04@santana.uson.mx

RESUMEN

El tomate es un cultivo vegetal con interés probiótico. Actualmente sujeta a una emergencia de bioseguridad global debido a la epidemia causada por COVID-19, la humanidad busca mantener su salud y fortalecerse comiendo vegetales que tienen propiedades probióticas. Considerando la solicitud de los productores de tomate de la Comarca Lagunera (CL), el objetivo de este trabajo consistió en determinar el impacto de la bioinoculación con *Azospirillum brasilense* (Ab) y estiércol solarizado (ES) en el rendimiento y calidad fitoquímica de frutos de tomate producidos en malla de sombra. Se inocularon semillas de la variedad Saladette TOP 2299 con Ab a 1×10^8 CFU. mL. Antes de los 46 días después de la siembra, las plántulas se trasplantaron en suelo enriquecido con estiércol solarizado a razón de 0, 40, 80, 120 y 160 t ha⁻¹. También se adoptó un tratamiento de fertilización química (FQ) (366-95-635). Se consideraron variables de emergencia, crecimiento, longitud radicular, rendimiento y organolépticos (Vit C, fenoles, flavonoides y licopeno). Los resultados muestran que la biofertilización basada en Ab + 40 ton de estiércol solarizado puede ser una alternativa para producir tomate en condiciones de sombra en la CL en comparación con los tratamientos no inoculados y con fertilización química (FQ).

Palabras clave: Zonas áridas; Sustentabilidad; Microorganismos benéficos.

SUMMARY

Tomato is a plant crop with probiotic interest. Currently subject to a global biosecurity emergency due to the epidemic caused by COVID-19, humanity seeks to maintain its health and strengthen itself by eating vegetables that have probiotic properties. Considering the request of tomato producers from the Comarca Lagunera (CL), the objective of this work was to determine the impact of bio inoculation with *Azospirillum brasilense* (Ab) and solarized manure (ES) on the yield and phytochemical quality of fruits of tomato produced in shade net. Seeds of the saladette variety TOP 2299 were inoculated with Ab at 1×10^8 CFU. mL Before 46 days after sowing, the seedlings were transplanted into soil enriched with solarized manure at a rate of 0, 40, 80, 120 and 160 t ha⁻¹; A chemical fertilization (FQ) treatment was also adopted (366-95-635). Variables of emergence, growth, root length, yield and organoleptics (Vit C, phenols, flavonoids and lycopene). The results show that biofertilization based on Ab + 40 tons of solarized manure can be an alternative to produce tomato under shade conditions in the CL compared to non-inoculated and chemical fertilization (FQ) treatments.

Index words: arid areas; sustainability; beneficial microorganisms.

INTRODUCCIÓN

El tomate (*Solanum lycopersicum* L.) es una de las hortalizas más consumidas a nivel mundial, debido a la amplia versatilidad de su uso (fresco y procesado) y a su alto valor nutracéutico (Yong et al., 2023). El tomate se considera un alimento funcional que es rico en fibra y contiene una amplia variedad de compuestos bioactivos que son benéficos para la salud humana (Wakchaure et al., 2020). La Comarca Lagunera (CL) está formada por los estados (Coahuila y Durango). Es un área reconocida en la producción de hortalizas, donde el tomate es de suma importancia (SAGARPA, 2019). Los problemas que enfrenta esta región son la salinidad, las altas temperaturas y la baja disponibilidad de recursos hídricos. Este último factor se debe a que la cuenca lechera más grande de América Latina se encuentra en la región CL (490,876 cabezas de ganado lechero), lo que afecta el agotamiento de los acuíferos (Acevedo-Peralta Garcia et al., 2017). La extracción continua de este recurso hidrológico ha propiciado que se obtenga la disponibilidad de agua para riego agrícola a profundidades de 600 ± 300 m. Actualmente, esta extracción de agua está incidiendo en la concentración de sales en el agua extraída, que alcanza de 8 a 12 g/L de agua en algunas zonas, mientras que en otras dentro del mismos valores de experiencia de CL de 1732 y 3386 $\mu\text{S.cm}$. Asimismo, la sodificación expresada en el índice de absorción de sodio (SAI) se tipifica como un promedio con un valor de 3.66 meq/L. La dureza del agua varía de dura a muy dura, con promedios de 50.47 y 114.00 ° F, respectivamente (Cervantes-Vázquez et al., 2021).

La superficie destinada a tomate en CL fue de 1199,06 ha en 2019 (SIAP, 2019). Su alta productividad depende de la agricultura convencional con el uso de altas cantidades de fertilizantes químicos. Sin embargo, esta acción ha agravado el problema de la salinización en la región. Actualmente, los agricultores agrícolas demandan sistemas de producción sostenibles en los que se reduzca al máximo el uso de fertilización química y se hayan dedicado al uso de agro insumos orgánicos; además, dado que el CL es un generador de grandes cantidades de estiércol, producto del ganado lechero, el sector agrícola busca utilizarlo como biofertilizante (Galindo et al., 2019). Derivado de lo anterior, existe evidencia de que el uso de fertilizantes orgánicos como el estiércol de bovino solarizado aumenta la calidad de los frutos de las hortalizas (Ali et al., 2019; Amir et al., 2011). Puede aportar materia orgánica y nutrientes, mejorar las características físicas y químicas (estructura, retención de humedad y fertilidad) del suelo, aumentar la población microbiana presente en el suelo y se ha demostrado que reduce algunas enfermedades inducidas por hongos fitopatógenos del suelo (Vázquez et al., 2011; López et al., 2014). Por otro lado, con los biofertilizantes a base de *Azospirillum* spp., Los rendimientos de los cultivos aumentan porque estimulan el crecimiento de las raíces y, por tanto, aumentan la absorción de nutrientes del suelo y contribuyen así a una menor pérdida de nitrógeno (Raffi et al., 2020), además del aumento del contenido de fenoles y flavonoides en las frutas porque afectan el metabolismo del azúcar y la concentración de vitaminas C y B9 (Bona et al., 2016).

Faltan estudios relacionados con la inoculación con estiércol en cultivo de tomate en las condiciones de una casa de sombra en la CL. Con base en lo anterior, el objetivo de este trabajo consistió en determinar el impacto de la bioinoculación con *Azospirillum brasilense* y estiércol solarizado en el rendimiento y calidad fitoquímica de frutos de tomate producidos en una malla de sombra en las condiciones de la Comarca Lagunera Región, México.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en el área agrícola de La Ganadera-VIGO S. A. de C. V., durante el ciclo agrícola primavera-verano en una casa sombra, donde las características de la estructura de soporte consistieron en acero galvanizado de 2 mm de espesor con 1.25 " y perfiles cuadrados de 1.5 " y malla antinsectos (color cristal) con hilos de 25 × 25 pulgadas de polietileno tratado contra rayos ultravioleta, calibre 720, con luz difusa y 30% de sombra. La ubicación del sitio experimental se encuentra a 21 km de la carretera Torreón-San Pedro, Coahuila, México en el paralelo 25° 43' 30 " N y 103° 19' 19" W.

Material microbiológico

El material microbiológico estudiado fue *Azospirillum brasilense* (Ab) (DSM 1843, Leibniz-Institut DMSZ, Braunschweig, Alemania). Se reactivó en un medio de cultivo selectivo NFb con rojo Congo (Sangoquiza et al., 2018) y ácido málico como principal fuente de carbono utilizando el medio de cultivo. Las condiciones de incubación fueron agitación continua (120 rpm) y una temperatura de 30 °C (Florez-Márqueze et al., 2017). Entre las 14 y las 16 h (fase logarítmica), se determinó la concentración del cultivo de acuerdo con el siguiente procedimiento: se virtió 1 mL del cultivo de Bacteria en una celda para medir con un espectrofotómetro (espectro maestro FISHER SCIENTIFIC 415), tomando la lectura de absorbancia a una longitud de onda de 540 nm frente a un NFb líquido con rojo Congo y un medio de control de ácido málico sin bacterias. La suspensión bacteriana se diluyó a una absorbancia de 1.00 unidad, y luego se preparó una concentración de Ab a 1×10^8 UFC.mL para los tratamientos (Tabla 1).

Tabla 1. Tratamientos establecidos con *Azospirillum brasilense* (Ab) como bacterias promotoras de crecimiento vegetal (PGPR) y dosis de estiércol solarizado en plantas de tomate en condiciones de sombra.

Tratamientos	Descripción
T1 = Ab	<i>Azospirillum brasilense</i>
T2 = Control	<i>Control Sin Azospirillum brasilense</i>
T3 = Ab + ES40	<i>Azospirillum brasilense</i> + Estiércol Solarizado (40 t ha ⁻¹)
T4 = ES40	Estiércol solarizado (40 t ha ⁻¹)
T5 = Ab + ES80	<i>Azospirillum brasilense</i> + Estiércol solarizado (80 t ha ⁻¹)
T6 = ES80	Estiércol solarizado (80 t ha ⁻¹)
T7 = Ab + ES120	<i>Azospirillum brasilense</i> + Estiércol solarizado (120 t ha ⁻¹)

Tratamientos	Descripción
T8 = ES120	Estiércol solarizado (120 t ha ⁻¹)
T9 = Ab + ES160	<i>Azospirillum brasilense</i> + Estiércol solarizado (160 t ha ⁻¹) con
T10 = ES160	Estiércol solarizado (160 t ha ⁻¹)
T11 = Ab + FQ	<i>Azospirillum brasilense</i> + Fertilización Química
T12 = FQ	Fertilización Química

Solarización del estiércol

La solarización del estiércol se llevó a cabo recogiendo el clima de un establo en estado crudo (12 días después de ser evacuado por ganado lechero-raza Holstein- en estado de alta producción en lactancia inicial, donde el ganado es alimentado con fórmula alimenticia rica en proteínas que se compone de 1.8 kg de maíz partido, 0.9 kg de salvado de trigo, 0.5 kg de soja y 1.3 kg de minerales (sales de Mg⁺⁺ y K⁺). Una vez recolectado el estiércol, se procesó realizando montículos de 5 m de largo por 1 m de ancho con una altura de 0.80 m y aplicando 55% de humedad, la cual se controló con un medidor de humedad marca Spectrum TDR-150; el agua utilizada para humedecer el estiércol era agua corriente fresca con un pH de 7 y una CE de 2.5 dS.m. Posteriormente, los montículos se cubrieron con plástico transparente (Plastic Poly Sheeting) de 30 micras de espesor sin albedo durante 90 días, alcanzando temperaturas de hasta 60 ± 3 ° C. Al final del período de 90 días, se analizó químicamente el estiércol; Los resultados mostraron un pH de 7.79, una EC de 6.8 dS.m⁻¹, 5.35% de materia orgánica, un nitrógeno total de 0.86% y 0.084 mg.kg⁻¹ de NH₄. Cabe mencionar que el estiércol solarizado tiene la capacidad de que, al ser cubierto por plásticos de alto albedo, la energía irradiada por el sol genere temperaturas entre 64 y 74 ° C, provocando que organismos patógenos como hongos, bacterias, nematodos, malezas e insectos se mueran y sean eliminados (Salazar et al., 2017). El estiércol se aplicó al sitio experimental 30 días antes de la siembra según los tratamientos indicados en la Tabla 1, a razón de 0, 40, 80, 120 y 160 t ha⁻¹ el cual se incorporó a una profundidad de 30 cm del suelo. Para homogeneizarlo en toda la zona de estudio utilizando un tractor con características de Tractor Compacto Yanmar.

Fertilización química

Los tratamientos basados en fertilización química consistieron en aplicar una fórmula de 36%-95%-635% (N-P₂O₅-K₂O) y considerando la condición nutricional del suelo. Los fertilizantes de urea (CO (NH₂) 2: 46%-00%-00%) (SMART, 2020), fosfato monoamónico (MAP; 11%-52%-00%) y NPK (12%-00%-46%) fueron usados. La aplicación de nitrógeno se dividió en tres partes iguales (cinco días antes del trasplante, floración y fructificación) y se aplicó a un lado de las plantas. El fertilizante a base de fósforo (MAP) se administró cinco días antes del trasplante.

Inoculación de semillas de tomate con *Azospirillum brasilense* (Ab)

En el presente estudio se evaluó la variedad TOP 2299 (Ahern Seeds®), tipo Saladette. Se caracteriza por ser una planta vigorosa, de porte fuerte, tallos gruesos, entrenudos medios y ciclos productivos intermedios-tardíos. La planta experimenta un buen desarrollo a altas temperaturas en los ciclos primavera-verano. Frutos de calibre grande, con una media de 160 a 200 g, mantienen su tamaño a lo largo del ciclo de producción. En esta fase, las semillas se trataron mediante un lavado con agua destilada estéril para eliminar el exceso de colorantes y productos químicos.

Las semillas se sumergieron en alcohol al 70% durante 10 s y luego se lavaron tres veces con agua destilada estéril. A continuación, se realizó otra desinfección con hipoclorito de sodio al 2% durante 2 min, seguida de un lavado con agua destilada estéril (Lin et al., 2006). Cabe señalar que, según Maeso et al. (2011), esta segunda fase de desinfección tuvo como objetivo tratar la semilla contra patógenos de la cubierta de la semilla, principalmente contra la bacteria Fitopatógena *Clavibacter michiganensis*. Una vez desinfectada la semilla de tomate y libre de excesos químicos, se consideró la inoculación de la semilla con Ab. La cual consistió en sumergir 1 g de semilla de tomate ($360 \text{ semillas g} \pm 5$) en un medio líquido a base de *Azospirillum brasilense* con $1 \times 10^8 \text{ UFC.mL}$ durante 1 min para cada tratamiento; Posteriormente, cada muestra de cada tratamiento (semilla + Ab) (Tabla 1) se añadió a un matraz Kitazato de 50 mL y se sometió individualmente a un vacío a 600 mm Hg durante 5 min. Luego, las semillas se colocaron en cámaras de crecimiento que contenían arena fina y semillas y se cubrieron con una fina capa de turba-musgo (Sunshine, Sun I Cry Horticulture Canada, Ltd.) a $25 \pm 3^\circ \text{C}$ en condiciones de oscuridad durante 24 horas a una temperatura de 30°C , H.r. de 45. Una vez que emergieron las semillas, se colocaron en condiciones de invernadero (36°C , una H.r. de 40% y 3000 lux) durante 45 días. Antes del trasplante, las plántulas se inocularon a los 14 y 26 días después de la siembra (das), sumergiendo el sistema radicular en una solución de base bacteriana de *A. brasilense* con $1 \times 10^8 \text{ UFC. mL}$. Posteriormente, se seleccionaron plántulas a los 46 días de la siembra y se trasplantaron a un campo en macrocuencas de 17 m de largo y 1.5 m de ancho a la casa de sombra, con un lineal de cinco plantas en lechos de suelo de 1 m de ancho y una distancia entre lechos de 1.90 m; en cada lecho había 50 cm entre filas de cada tratamiento. Se enterró una estructura de plástico de 1 cm de ancho a base de poliuretano duro para evitar la migración microbiana de un tratamiento a otro. Se realizaron análisis físicos y químicos del suelo con el fin de determinar las condiciones en las que se encontró que el suelo es de textura franco-arenosa, con un pH de 7.5, CE de 1.5 dS.m^{-1} , 1.4% de materia orgánica (MO), 10.50 mg.kg^{-1} de nitrógeno total, 10.50 ppm de NO_3 y 15.32 mg.kg^{-1} de NH_4 .

Tabla 2. Condiciones ambientales ($T^{\circ}\text{C}$, Hr, radiación fotosintéticamente activa (Rfa: $\text{me.m}^{-2}\text{s}^{-1}$) e insolación media anual (Ima h. día) presentes en las diferentes etapas fenológicas de la producción de tomate (saladette variedad TOP 2299) tratado por el efecto de *Azospirillum brasilense* (Ab) como PGPB y estiércol sobre las condiciones del galpón en sombra.

Etapas Fenológicas	T °C	H.r. (%)	Rfa ($\text{me. m}^{-2}\text{s}^{-1}$)	Ima h
Plántula / trasplante (junio)	$38 \pm 2^{\circ}\text{C}$	<39% HR	550.33	13.20
Prefloración (julio)	$38 \pm 3^{\circ}\text{C}$	<42% HR	555.22	13.30
Floración y fructificación (agosto-septiembre)	$35 \pm 3^{\circ}\text{C}$	<50% HR	510.32	11.50
Cosecha (noviembre)	$30 \pm 4^{\circ}\text{C}$	<46% HR	477.43	10.40

Rfa: radiación fotosintéticamente activa e Ima: insolación media anual. Días. Rfa e Ima: datos de la casa sombra. $T^{\circ}\text{C}$ y H. R: datos de la casa sombra.

Manejo de cultivos

Para evitar la presencia de malas hierbas, se realizaron limpiezas mediante rastrillos y azadas, evitando dañar el sistema radicular y la parte aérea de la planta. Las plantas fueron podadas a los 60 días y guiadas a dos tallos, tutoradas con rafia agrícola negra de polipropileno calibre seis. La polinización se realizó mediante abejorros (*Bombus impatiens*), colocando una colmena cada 30 m² con 100 individuos cada colmena durante todo el proceso de floración hasta la cosecha (75 a 180 días). Cabe destacar que los abejorros se colocaron 10 días antes de la floración para permitir el reconocimiento de abejorros en la zona de producción. En el caso de plagas de insectos y enfermedades fúngicas y bacterianas, incluidas las de tipo orgánico-preventivo como *Beauveria bassiana*, se aplicaron extractos de ajo y orégano.

Irrigación

Se suministró riego a las plantas según la etapa fenológica del cultivo mediante un sistema de riego por goteo superficial monitoreado con tensiómetros Modelo SR 24 ", el IRROMETER®. Las características de la cinta de riego fueron las siguientes: 2 l.h, calibre 16 con 40 cm de distancia entre goteros (Marca Rivulis). La calidad del agua de riego utilizada en el estudio correspondió a los siguientes valores: un pH de 6, una CE de 2.5 dS.m y 0.24 ppm de NO₃.

Cosecha

La cosecha comenzó cuando los frutos presentaban un color rosado entre el 30% y el 60% del fruto según la clasificación de color (Coromoto-Alcedo et al., 2018). Esta actividad se llevó a cabo hasta la formación del décimo grupo, período que duró cuatro meses. Los frutos de cada racimo se recolectaron

desinfectando las manos, guantes y material de corte como tijeras y navajas, colocando los recolectados en bandejas plásticas estériles y realizando la medición de las variables a evaluar.

Tratamientos y diseño experimental

Los tratamientos en estudio se diseñaron a partir de la combinación de inoculación con *Azospirillum brasilense* (Ab), con estiércol solarizado. El estudio consistió en 12 tratamientos (Tabla 1) que consistieron en inoculación con *Azospirillum brasilense* (Ab); aplicación de estiércol solarizado en dosis de 0, 40, 80, 120 y 160 t. ha⁻¹; y un tratamiento control (Fertilización Química en dosis de 366-95-635, N-P₂O₅-K₂O).

La estructura de los tratamientos correspondió a una factorial completo de 26 con 14 repeticiones y el diseño distribuido en la casa sombra consistió en bloques aleatorios.

Variables evaluadas

Tasa de emergencia y porcentaje final

La tasa y el porcentaje de emergencia se midieron y registraron una vez que las plántulas emergieron del sustrato de la cámara de germinación. El número de plántulas emergidas se registró mediante lecturas (evaluaciones) diarias (tasa de emergencia), y finalmente se midió el porcentaje de emergencia (%) después del cuarto día de prueba. La tasa de emergencia se calculó de la siguiente manera (Coromoto-Alcedo et al., 2018): $M = n_1 / t_1 + n_2 / t_2 + \dots + n_4 / t_4$, donde $n_1, n_2 \dots n_4$ son el número de plántulas emergidas en los tiempos $t_1, t_2 \dots t_4$ en días. Los datos sobre el porcentaje de emergencia se analizaron teniendo en cuenta una transformación (Ochoa-Jiménez et al., 2019). La tasa de emergencia, que es la suma de las plántulas emergidas registradas por día, se evaluó contando las plántulas que habían emergido.

Tasa y altura de la planta, volumen de raíz y clorofila por planta

Por otro lado, durante las primeras etapas (plántula, prefloración y floración) se recolectaron aleatoriamente plantas de cada tratamiento con el fin de medir su altura de planta en forma mensual hasta 100 días después de la siembra (das); la longitud de las plantas y los sistemas de raíces se midieron usando un micrómetro de escala manual (General, 143, General Tools, Manufacturing Co., Inc. Nueva York, NY, EE. UU.). Además de la variable anterior, también se evaluó (100 das) el contenido de nitrato en la savia (N-NO₃ mg. mL⁻¹ de savia), que se obtuvo mediante el procedimiento en (López et al., 2020). En la misma etapa fenológica (100 das), se evaluó el volumen de raíces; se utilizó un cilindro graduado a nivel, posteriormente se sumergió la raíz y se cuantificó el volumen con la raíz dentro del cilindro. Los datos correspondientes a esta variable se expresan en mililitros (mL) (Parra-Terraza et al., 2012).

La cuantificación de las clorofilas (Lingn et al., 2017), se procedió a la toma de 1 g de una muestra de hojas de cada tratamiento, y se homogeneizaron en un mortero utilizando 10 mL de acetona al 80% como disolvente. Se filtró el homogeneizado y se colocó el filtrado en tubos de vidrio; luego, se utilizó un espectrofotómetro para realizar las lecturas de absorbancia de cada tubo a longitudes de onda de 663 y 645 nm, utilizando en cada caso un tubo con 10 mL de acetona al 80% como blanco.

Tamaño del fruto (diámetro polar y diámetro ecuatorial), sólidos solubles, firmeza, peso medio y rendimiento (kg.m²)

Para determinar el efecto que los tratamientos indujeron sobre la calidad biofísica de los frutos, se evaluó el tamaño del fruto (diámetro polar (DP) y diámetro ecuatorial (DE) mediante una calibración Vernier digital (Stereon Brand); el contenido de sólidos solubles (determinado en Grados Brix) se midió con un refractómetro Master-T (Atago®, Tokio, Japón); la firmeza de la fruta (FF) se midió con un penetrómetro con un émbolo de 3 mm (FHT200, Extech Instruments®, EE. UU.); y el peso promedio de la fruta se determinó mediante una balanza Ohaus (Modelo 3729®, México). El rendimiento (kg.m²) se obtuvo considerando todos los frutos de calibre comercial desde el primero al décimo racimo por planta. Los frutos se cosecharon cuando alcanzaron un peso promedio de entre 160 a 200 g. Para ello se utilizó una balanza analítica Brand ADAM de 450 g de capacidad. Los resultados se expresaron en kilogramos.

Calidad nutracéutica: contenido fenólico, flavonoides, vitamina C y licopenos

Para la determinación de fitoquímicos bioactivos se analizaron 10 frutos de tomate seleccionados al azar de cada tratamiento, los cuales se lavaron con agua destilada durante 1 min para eliminar residuos. Luego, se trituraron manualmente (en un mortero) y se obtuvieron muestras de 5 g de pulpa fresca de tomate, las cuales se colocaron en 10 mL de metanol en tubos plásticos con tapón de rosca y luego se colocaron en un agitador rotatorio (ATR Inc.) durante 6 h a 20 rpm y 5 °C. Los tubos con la mezcla fueron luego se centrifugó a 3000 rpm durante 10 min y se extrajo el sobrenadante para su análisis. El contenido de fenólicos y flavonoides se determinó mediante una modificación del método de Folin-Ciocalteau (Esparza-Rivera et al., 2006). El contenido de vitamina C en la fruta se determinó mediante el método de titulación (Hernández-Hernández et al., 2019), en el cual se tomaron muestras de fruta fresca de 10 g, se trituraron junto con 10 mL de ácido clorhídrico al 2%, se filtraron y se completaron hasta 100 mL con agua destilada. En un matraz Erlenmeyer; luego, se tituló 10 ml del diluido con 2,6 diclorofenolindofenol (1×10^{-3} N). A continuación, se llevó a cabo la determinación de licopeno (Gutiérrez-Tlahque et al., 2019; Fernandez et al., 2007).

Análisis estadístico

Los datos de las variables respuestas a los factores de estudio, así como sus interacciones, se analizaron mediante el análisis de varianza de dos vías utilizando el software estadístico Statical Analysis System versión 9.4, y se utilizó prueba de tukey ($p \leq 0.05$) para la comparación de medias.

RESULTADOS

Tasa de emergencia y porcentaje final, tasa y altura de la planta y volumen de raíces

Los resultados según la metodología propuesta para la variable de altura de planta muestran que la inoculación con consorcios bacterianos en comparación con el tratamiento no inoculado fue más efectiva ($p \leq 0.05$) en un 26.38 por ciento (Tabla 3). Esta respuesta mostró, para el trasplante (46 días después de la siembra), que aquellas plántulas inoculadas con bacterias PGPR en consorcios presentaron una altura de plántula de 11.37 ± 3 cm; por su parte, las plántulas no inoculadas exhibieron hasta 8.4 ± 3 cm. De igual forma para la variable de volumen de raíz, las inoculaciones en consorcio y el T4 fueron estadísticamente iguales mostrando una mayor elongación de la raíz ($p \leq 0.05$) estando un 28.39 por ciento arriba del tratamiento testigo (Tabla 3).

En la Figura 2 se muestran los resultados de la clorofila, con diferencias significativas obtenidas solo en “b” en la interacción estiércol $\times$ tratamiento de inoculación ($p \leq 0.05$). La clorofila “a” fue uno de los factores para los que no hubo diferencias significativas. Sin embargo, los valores más altos fueron para los tratamientos inoculados (Ab + M40: 1.976 mg. g hoja fresca) en comparación con ES160: 1.500, que fue el tratamiento más bajo. En la clorofila “b”, los tratamientos inoculados resultaron en valores significativos en comparación con los que no fueron inoculados (Ab + ES40: 0.913 mg. g vs control 0.736 mg.

Tabla 3. Efecto de *Azospirillum brasilense* (Ab), estiércol solarizado e interacción (Ab × ES) sobre la tasa de crecimiento y el volumen radicular (VR) en plantas de tomate.

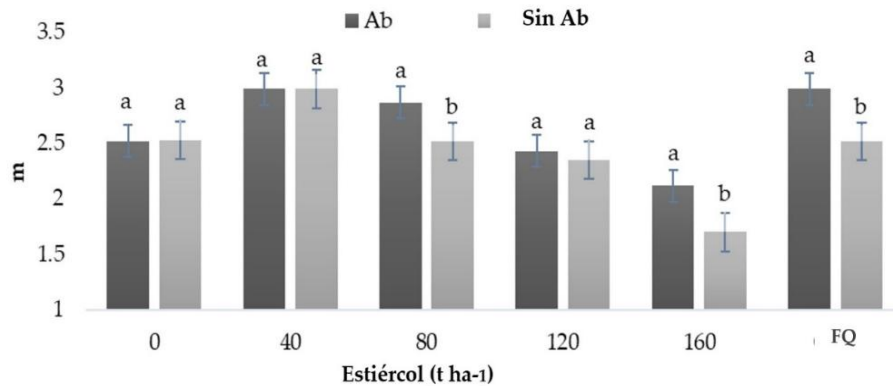
Factor	Emergencia de semilla		Dinámica de altura mensual					VR
	Día 1	Día 2	2	3	4	5	6	
% Meses			mL					
			Estiércol Solarizado					
0			0.71 ± 0.09 a	1.40 ± 0.19 a	2.00 ± 0.05 a	2.43 ± 0.21 b	2.82 ± 0.07 a	56.66 ± 12.5 a
40			0.98 ± 0.06 a	1.72 ± 0.06 a	2.27 ± 0.22 a	2.99 ± 0.21 a	3.38 ± 0.38 a	97.50 ± 40.0 a
80			0.93 ± 0.13 a	1.66 ± 0.07 a	2.25 ± 0.25 a	2.69 ± 0.29 a	2.88 ± 0.38 a	71.33 ± 23.0 a
120			0.73 ± 0.09 a	1.63 ± 0.04 a	2.08 ± 0.03 a	2.39 ± 0.15 b	2.61 ± 0.29 a	47.66 ± 40.0 a
160			0.68 ± 0.13 a	1.30 ± 0.34 a	1.61 ± 0.29 a	1.91 ± 0.24 c	2.33 ± 0.33 a	35.83 ± 18.5 a
FQ			0.87 ± 0.07 a	1.68 ± 0.09 a	2.05 ± 0.07 a	2.75 ± 0.74 a	3.20 ± 0.40 a	83.83 ± 15.0 a
			Inoculación					
Ab	80.00 ± 4 a	100.00 ± 0 a	0.89 ± 0.18 a	1.69 ± 0.10 a	2.10 ± 0.36 a	2.65 ± 0.53 a	3.00 ± 0.50 a	76.61 ± 38.5 a
Sin Ab	23.66 ± 3 b	70.66 ± 7 b	0.74 ± 0.19 a	1.44 ± 0.42 a	1.98 ± 0.66 a	2.40 ± 0.69 a	2.74 ± 0.53 a	54.33 ± 24.5 a
			Ab × ES					
			ns	ns	ns	*	Ns	ns

±Desviación estándar; las medias con letras iguales en una columna para cada factor no son estadísticamente diferentes (Tukey, $p \leq 0.05$); FQ: fertilización química; * y ns = significativo y no significativo según Tukey ($p \leq 0.05$).

Tabla 4. Efecto de *Azospirillum brasilense* (Ab), estiércol solarizado e interacción (Ab × ES) sobre el porcentaje de clorofila (a, b) en plantas de tomate en etapa de floración.

Factor	Clorofila		
	NO ₃	a	B
	%	mg.g. Hoja Fresca	
Estiércol Solarizado			
0	4.05 ± 0.93 a	1.638 ± 0.145 a	0.773 ± 0.055 b
40	4.36 ± 0.29 a	1.818 ± 0.165 a	0.890 ± 0.040 a
80	4.32 ± 0.27 a	1.730 ± 0.120 a	0.850 ± 0.020 a
120	4.39 ± 0.26 a	1.676 ± 0.115 a	0.841 ± 0.020 a
160	3.93 ± 0.55 a	1.621 ± 0.135 a	0.793 ± 0.030 b
FQ	4.59 ± 0.91 a	1.698 ± 0.090 a	0.835 ± 0.030 a
Inoculación			
Ab	4.53 ± 0.47 a	1.813 ± 0.164 a	0.851 ± 0.051 a
Sin Ab	4.02 ± 0.35 a	1.580 ± 0.397 a	0.809 ± 0.008 b
Ab × ES	ns	ns	*

±Desviación estándar; las medias con letras iguales en una columna para cada factor no son estadísticamente diferentes (Tukey, $p \leq 0.05$); FQ: fertilización química; * y ns = significativo y no significativo según Tukey ($p \leq 0.05$)

**Figura 1.** Interacción de la Ab-fertilización en altura de planta a los 5 meses; Ab: *Azospirillum brasilense*; 0, 40, 80, 120, 160 = estiércol t. ha; FQ: fertilización química.

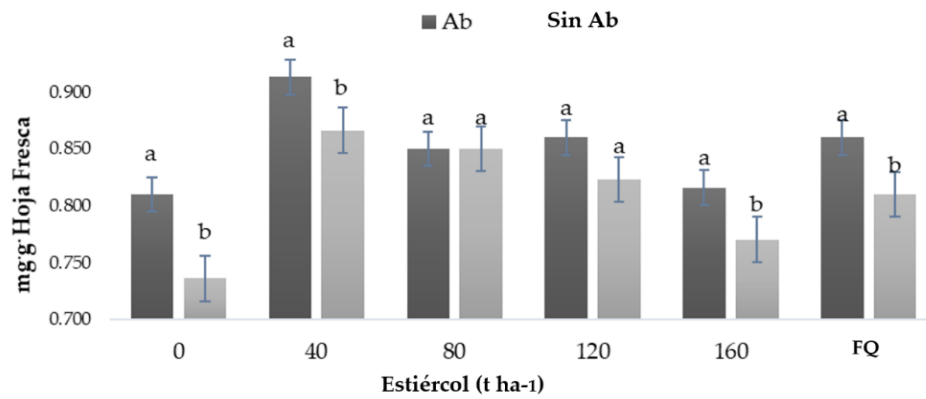


Figura 2. Interacción de Ab-Fertilización en contenido de clorofila b. Ab: *Azospirillum brasilense*; 0, 40, 80, 120, 160 = Estiércol t. ha; FQ: fertilización química.

Tabla 5. Efecto de *Azospirillum brasilense* (Ab), estiércol solarizado e interacción (Ab × SM) sobre diámetro polar (DP), diámetro ecuatorial (DE), sólidos solubles (SS), firmeza del fruto (FF), frutos por planta (FP) y rendimiento (Rto: kg.m²) en plantas de tomate.

Factor	DP mm	DE mm	SS Brix	FF N	FP No	Rto kgm ²
Estiércol Solarizado						
0	72.95 ± 2 a	50.51 ± 3 a	5.56 ± 0.66 d	10.40 ± 1.01 a	28 ± 1 a	9.83 ± 0.77 b
40	83.90 ± 3 a	59.08 ± 7 a	5.05 ± 0.25 e	10.32 ± 1.13 a	34 ± 4 a	12.00 ± 1.99 a
80	78.79 ± 2 a	52.43 ± 4 a	5.07 ± 0.22 e	12.26 ± 1.03 a	31 ± 4 a	12.20 ± 1.20 a
120	75.10 ± 3 a	46.27 ± 17a	6.99 ± 0.07 b	10.51 ± 1.03 a	20 ± 1 a	9.38 ± 1.62 b
160	70.50 ± 3 a	51.88 ± 1 a	8.10 ± 0.04 a	8.80 ± 1.00 a	17 ± 1 b	8.16 ± 1.74 c
FQ	83.15 ± 4 a	51.65 ± 6 a	6.55 ± 0.66 c	11.10 ± 1.87 a	39 ± 1 a	12.45 ± 1.45 a
Inoculación						
Ab	78.17 ± 8.6 a	55.04 ± 1.80 a	6.42 ± 1.6 a	10.57 ± 1.7 a	30 ± 10 a	11.27 ± 1.6 a
Sin Ab	76.65 ± 4.8 a	48.90 ± 5.9 a	6.02 ± 1.5 b	10.56 ± 1.7 a	27 ± 7 a	10.07 ± 1.9 a
Ab × ES						
	ns	ns	*	ns	*	*

± Desviación estándar; las medias con letras iguales en una columna para cada factor no son estadísticamente diferentes (Tukey, $p \leq 0.05$); FQ: fertilización química; * y ns = significativo y no significativo según Tukey ($p \leq 0.05$).

Tabla 6. Efecto de *Azospirillum brasilense* (Ab), estiércol solarizado e interacción (Ab × SM) sobre la vitamina C, licopeno, fenoles y flavonoides en frutos de tomate.

	Vitamina C	Licopeno	Fenoles	Flavonoides
Factor	Mg 100 g ⁻¹ PF	mg Kg ⁻¹ PF	mg AGE/100 g PF	mg QE/100 g PF
Estiércol solarizado				
0	8.80 ± 0.0 b	2.73 ± 0.8 a	96.150 ± 4 b	31.36 ± 9 b
40	8.80 ± 0.0 b	3.03 ± 0.8 a	101.60 ± 5 b	32.00 ± 4 b

80	12.02 ± 0.5 a	2.87 ± 0.8 a	118.77 ± 29 a	45.71 ± 18 a
120	4.40 ± 0.0 d	2.73 ± 0.8 a	121.27 ± 80 a	50.81 ± 24 a
160	4.40 ± 0.0 d	3.03 ± 0.8 a	139.60 ± 24 a	73.45 ± 10 a
FQ	5.28 ± 0.0 c	2.10 ± 0.4 b	106.84 ± 6 b	15.43 ± 7 b
Inoculación				
Ab	7.33 ± 5.0 a	3.15 ± 0.4 a	115.23 ± 34 a	35.40 ± 39 a
Sin Ab	7.23 ± 3.6 b	2.34 ± 0.1 b	115.94 ± 25 a	47.52 ± 34 a
<i>Ab</i> × ES				
	Ns	*	*	ns

±Desviación estándar; las medias con letras iguales en una columna para cada factor no son estadísticamente diferentes (Tukey, $p \leq 0.05$) *= Diferencia significativa y ns = no significativo según Tukey ($p \leq 0.05$).

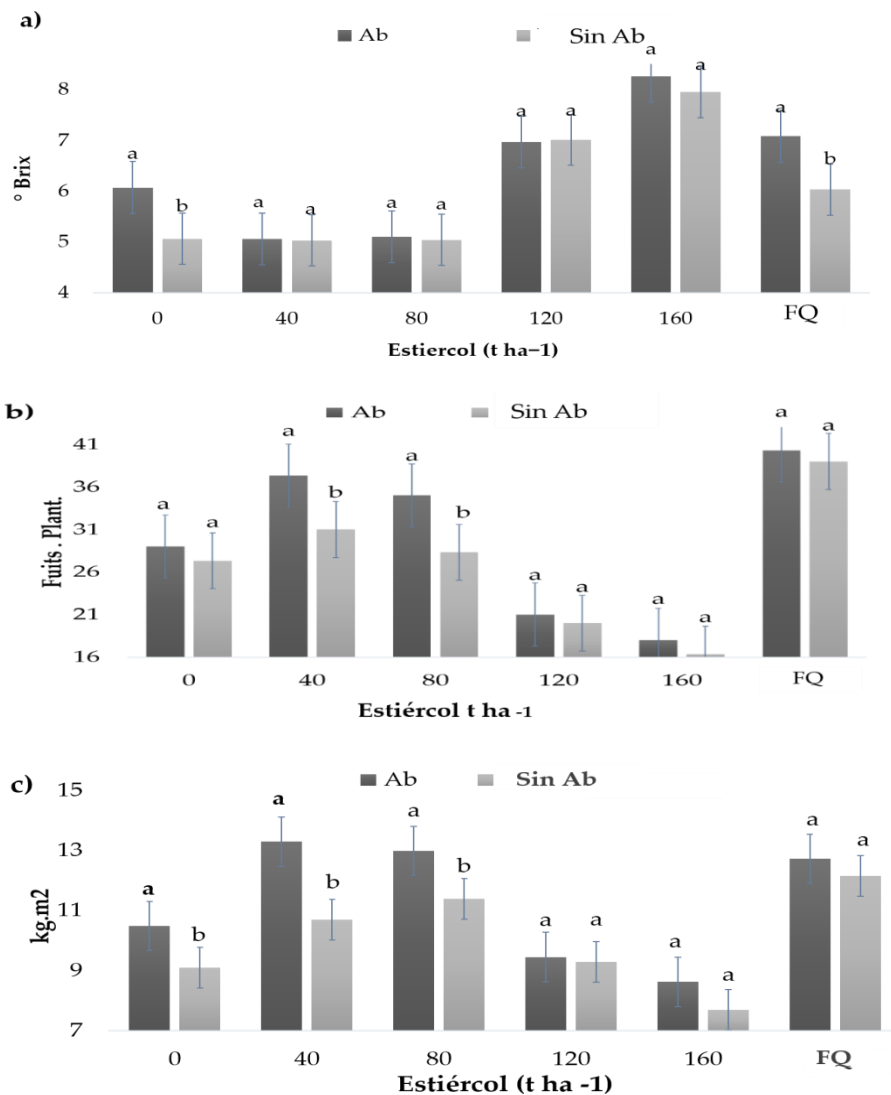


Figura 3. Interacción Ab-Fertilización en sólidos solubles (a), frutos/planta (b) y rendimiento por m² (c). Interacción Ab-fertilización en términos de altura de planta a los 5 meses; Ab: *Azospirillum brasilense*; 0, 40, 80, 120, 160 = estiércol t. ha⁻¹; FQ: fertilización química. Diferentes literales en las barras indican diferencia significativa con $p < 0.05$.

Calidad nutracéutica: contenido fenólico, flavonoides, vitamina C y licopeno

Considerando el licopeno y fenoles en frutos de tomate por efecto de *Ab* y estiércol solarizado en condiciones de sombra, los resultados revelan que hubo diferencias significativas entre factores, lo que se refleja en la significancia a nivel de interacción. En cuanto a la vitamina C y los flavonoides, aunque no hubo significación en la interacción, los mejores tratamientos en ambas variables fueron aquellos con y sin *Ab* y con estiércol ES80 (Tabla 6). Los valores más altos de licopeno y fenol estuvieron representados por *Ab*+ ES40 y / o *Ab* + ES160 (3.56 y 3.56 mg.100 g de tomate, respectivamente) (Figura 4a, b).

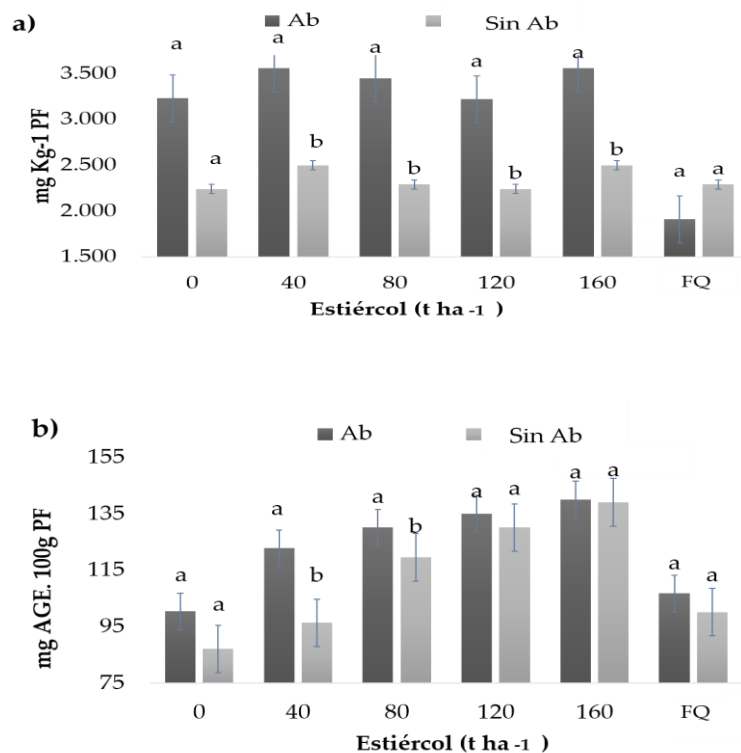


Figura 4. Interacción de *Ab*-Fertilización en licopeno (a) y fenoles (b) en frutos de tomate. *Ab*: *Azospirillum brasilense*; 0, 40, 80, 120, 160 = estiércol t. ha⁻¹; ICC: fertilización química. Diferentes literales en las barras indican diferencia significativa con $p < 0.05$.

DISCUSIÓN

La producción de alimentos en los últimos años ha otorgado un valor significativo a la salud de la humanidad. Actualmente sujeta a una contingencia global de bioseguridad debido a la epidemia causada por COVID-19, la humanidad busca mantener su salud y ha llegado a fortalecerse alimentándose de vegetales que tienen propiedades pronatales (Chauhan et al., 2020).

La producción de alimentos en los últimos años ha tenido una demanda extremadamente preocupante debido al crecimiento incontrolable de la sociedad. Una verdura particularmente importante es el tomate; En esta temporada de primavera-verano, México ha aumentado la exportación de tomates en un 15% adicional en comparación con 2019 y acaparó el 24.1% del comercio mundial solo en los

últimos ocho meses de 2020 (FAOSTAT, 2021). Con el propósito de capitalizar enfáticamente la actual demanda mundial de tomate y considerar la solicitud de los productores de tomate de la Comarca Lagunera de evaluar *Azospirillum brasilense* y el estiércol producido por los rebaños lecheros, bajo las condiciones metodológicas que propuso el estudio, los resultados obtenidos confirman lo pronunciado en (Galindo et al., 2016), junto con varios otros (Pappalettere et al., 2024; Silva et al., 2024). Que declaró que las bacterias promotoras del crecimiento de las plantas (PGPR) como *Azospirillum* tienen efectos en otras plantas que los cereales originalmente previstos. Este estudio apoya firmemente la idea de que *Azospirillum* debe considerarse una bacteria inespecífica y generalmente beneficiosa. Sin embargo, dado que se proponen como biofertilizantes, su eficacia debe demostrarse en una variedad de familias de cultivos convencionales, y los usuarios deben evitar limitarlo a cereales únicamente (Araújo et al., 2015). Asimismo, los efectos positivos de esta bacteria, como se observa en el presente estudio, aparentemente se deben a la producción de sustancias promotoras del crecimiento, como se reporta en otros estudios (Beltrán-Peña et al., 2020).

En nuestro estudio, como una primera aproximación con respecto a la emergencia de plántulas, detectamos que la influencia de *Azospirillum brasilense* (Ab) es un aumento del 300% a la emergencia sin Ab en el primer día, mientras que Ab fue 30% más efectivo en el segundo día (Tabla 3) en comparación con el control no inoculado. Visualmente y mediblemente, durante 45 días adicionales, las semillas inoculadas con Ab fueron más vigorosas en su emergencia, grandes y robustas, alcanzando hasta 20 ± 3 cm de altura a los 46 días, mientras que las no inoculadas solo fueron hasta 12 ± 3 cm de alto. A los 46 días y tras el trasplante, las plántulas bajo el efecto de Ab, estiércol y fertilización química mostraron comportamientos favorables.

En los meses posteriores al trasplante, cuando las plantas fueron sometidas a Ab, estiércol y fertilización química (según los tratamientos estudiados y mostrados en la (Tabla 1), aquellas plantas que tuvieron corta emergencia se comportaron estadísticamente de manera similar a aquellas a las que se les administró biofertilización (Ab + Estiércol) (Tabla 3), y no fue hasta el quinto mes en que la altura mostró una significancia estadística entre los tratamientos inoculados con los no inoculados (Figura 1). Es posible que el estiércol en el suelo sufra un proceso de descomposición mineral en el que participan los microorganismos del suelo, rompiendo sus estructuras bioquímicas en compuestos nitrogenados cada vez más simples de los que las plantas toman nitrógeno en forma de NH_4 y NO_3 ; esto es similar al proceso por el cual, una vez dentro de la planta, el estiércol se somete a un proceso de reducción a nitrito (NO^{2-}) en el citosol por la enzima nitrato reductasa usando NADH o NADPH.

Por otro lado, los autores de (Licea-Herrera et al., 2020) indicó que la inoculación con *Azospirillum brasilense* provocó efectos positivos en el crecimiento de las plantas de tomate, mejorando su estado nutricional y aumentando su rendimiento en un 11% en comparación con la planta testigo. Además, se obtuvo un alto nivel poblacional en la rizosfera de la planta. En nuestro estudio detectamos que las influencias de Ab + estiércol y Ab + FQ fueron más pronunciadas que para aquellos tratamientos que

no fueron inoculados (Tabla 3). Este efecto positivo se reflejó en el volumen de la raíz y, aunque no hubo significación en la interacción entre factores, los valores numéricos fueron mayores en los tratamientos en los que estuvo presente la participación de abono Ab + ES, los valores indican que Ab + ES alcanzó 115.11 mL en comparación con el control sin Ab y / o abono o fertilización química, que arrojó hasta 69.16 mL, una diferencia de hasta 60% (Tabla 3).

Aunque no se realizaron cortes histológicos a nivel de la raíz, consideramos que las bacterias *Ab* facilitan el enraizamiento y el crecimiento de las plantas (Bartolini et al., 2022). *Azospirillum* se ha encontrado en los espacios intracelulares de los tejidos vasculares de tallos y raíces (Doncel et al., 2016; Wisniewski et al., 2012) y se ha utilizado su capacidad para estimular el crecimiento de las plantas mediante la fijación de nitrógeno y la síntesis de hormonas vegetales (Baars et al., 2018). El nitrógeno (N), además de ser un componente específico de las proteínas, está presente en la mayoría de las combinaciones orgánicas de vegetales (Benimeli et al., 2019). Las proteínas se degradan, provocando productos de descomposición más simples y, finalmente, parte del nitrógeno aparece en forma de nitrato. De esta forma, puede ser utilizado por microorganismos y por plantas superiores para construir sus estructuras proteicas, o puede reducirse, en determinadas condiciones, a su estado elemental identificándose en la clorofila “b”, esta interacción fue favorecida para Ab + ES40 (Figura 2). Estos resultados se pueden atribuir a que el *Ab*, como PGPB, tiende a hacer más eficiente la actividad fotosintética, así como el contenido de clorofila, debido a los altos niveles de captación de CO₂; por tanto, hay una mayor acumulación de azúcares en los frutos (Steiner et al., 2020).

El comportamiento de las PGPB presenta importantes beneficios para las plantas, entre los que se encuentran los mecanismos de biosíntesis de sustancias promotoras del crecimiento de las plantas y una mayor absorción de nutrientes-procesos de fijación de nitrógeno atmosférico (N₂) (González et al., 2017) que impactan directa e indirectamente el metabolismo y fisiología de plantas, destacan (Almeida et al., 2020; Hasan et al., 2024).

Los resultados del presente estudio en relación a SS (6.42 ± 1.6 °Brix) (Tabla 5) superan a los reportados por (Dursun et al., 2010), quien encontró un valor de 3.63 °Brix al evaluar la coinoculación entre *Pantoea agglomerans*, *Acinetobacter baumannii* y *Bacillus megaterium* en el cultivo de tomate. En (Ordookhani et al., 2013). Los autores indican que la producción de fitohormonas en la zona de crecimiento radicular estimula el desarrollo de las raíces y, por tanto, conduce a una mejor absorción de agua y elementos nutritivos; esto da como resultado un aumento en la absorción de nutrientes por las plantas cuando se inoculan con PGPB. Los estudios relacionados con otro tipo de géneros que tienen una influencia positiva incluyen un trabajo basado en *Bacillus* sp. cepa, que produjo el mayor contenido de SS, licopeno y ácido ascórbico en frutos de tomate (Chandrasekaran et al., 2019), lo que junto con otros estudios (incluido el presente estudio) resalta la importancia de utilizar este tipo de microorganismo promotor del crecimiento vegetal.

Además de lo anterior, estudios sobre PGPB muestran que, además de producir fitohormonas como citoquininas e IAA y fijar nitrógeno, las PGPBs pueden solubilizar fosfato e inhibir el desarrollo de microorganismos fitopatógenos, lo que favorece el mejor desarrollo de las plantas que aún están sujetas a factores adversos como la salinidad (Fukami et al., 2018). Otra cualidad que tienen este tipo de microorganismos beneficiosos es que los fertilizantes a base de estiércol influyen en la disminución de la absorción de agua y nutrientes; esto implica un estrés iónico y osmótico que afecta el metabolismo de la planta, pero se mejora la calidad nutracéutica de los frutos (Ruiz et al., 2010; Díaz et al., 2016). *Bacillus* spp. y *Aeromonas* spp. En otro estudio (Pirlak et al., 2019) demostró que aumenta el contenido de ácido ascórbico, SS y licopeno en condiciones de invernadero, un efecto atribuido al hecho de que PGPB puede sintetizar fitohormonas (Adriano et al., 2011). Los resultados del presente estudio para DP, DE, SS, FF, FP y el Rto. permiten suponer que una biofertilización a base de abono Ab + puede ser una alternativa para incrementar no solo los rendimientos (Figuras 2.3 y 2.4) sino también los contenidos de licopeno, fenoles, flavonoides y vitamina C, que son biomoléculas de gran importancia para la salud humana (Waliszewski et al., 2010).

LITERATURA CITADA

- Acevedo-Peralta, A. I., Leos-Rodríguez, J. A., Figueroa-Viramontes, U., & Romo-Lozano, J. L. (2017). Política ambiental. Uso y manejo del estiércol en la Comarca Lagunera. Multidiscip. Sci. J. 27, 3–12. <https://doi.org/10.15174/au.2017.1270>.
- Adriano, A. M. D. L., Jarquín, G. R., Hernández, R. C., Salvador, F. M., & Monreal, V. C. T. (2011). Biofertilización de café orgánico en etapa de vivero en Chiapas, México. Rev. Mex. Cienc. Agrícolas. 2, 417-431.
- Ali, Q. (2019). Organic Manuring for Agronomic Crops. In Agronomic Crops; Hasanuzzaman, M., Ed.; Springer: Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-32-9783-8_10.
- Amir, K., & Fouzia, I. (2011). Chemical nutrient analysis of different composts (Vermicompost and Pitcompost) and their effect on the growth of a vegetative crop *Pisum sativum*. Asian J. Plant Sci. Res. 1, 116–130.
- Araújo, E. O., Martins, M. R., Vitorino, A. C. T., Mercante, F. M., & Urquiaga, S. S. (2015). Effect of nitrogen fertilization associated with diazotrophic bacteria inoculation on nitrogen use efficiency and its biological fixation by corn determined using ^{15}N . Afr. J. Microbiol. Res. 9, 643–650.
- Baars, O., Zhang, X., Gibson, M. I., Stone, A. T., Morel, F. M. M., & Seyedsayamdost, M. R. (2018). Seyedsayamdost. Crochelins: Siderophores with an unprecedented iron-chelating moiety from the nitrogen-fixing bacterium *Azotobacter chroococcum*. Angew. Chem. Int. Ed. Engl. 57, 536–541. <https://doi.org/10.1002/anie.201709720>.

- Bartolini, S., Pappalettere, L., & Toffanin, A. (2022). Evaluación del efecto de *Azospirillum baldaniorum* Sp245 sobre la capacidad de enraizamiento de esquejes de olivo (*Olea europaea* L., cultivar Santa Caterina). *Agroquímica* 66, 215–224
- Beltrán-Peña, E. M., Ayala-Rodríguez, J. A., & Bucio, J. L. (2020). Interrelaciones entre la disponibilidad de fosfato y el ambiente biótico del suelo en el crecimiento y desarrollo de las plantas. *Cienc. Nicolaita*, 78, 59-74.
- Benimeli, M. F., Plasencia, A., Corbella, R. D., Guevara, D. A., Sanzano, A., Sosa, F. A., & de Ullivari, J. F. (2019). *El Nitrógeno del Suelo; Cátedra de Edafología Facultad de Agronomía y Zootecnia Universidad Nacional de Tucumán: Tucumán, Argentina.*
- Bona, E., Lingua, G., & Todeschini, V. (2016). Effect of Bioinoculants on the Quality of Crops. In *Bioformulations: For Sustainable Agriculture*; Arora, N., Mehnaz, S., Balestrini, R., Eds.; Springer: New Delhi, India, pp. 93–124. https://doi.org/10.1007/978-81-322-2779-3_5.
- Cervantes-Vázquez, T. J. Á., Valenzuela-García, A. A., Cervantes-Vázquez, M. G., Guzmán-Silos, T. L., Fortiz, E. L., Rangel, P. P., & Rueda-Puente, E. O. (2021). Actividad morfofisiológica, enzimática y elemental en plántulas de tomate saladette de invernadero a partir del efecto de las rizobacterias promotoras del crecimiento de las plantas. *Agronomía*. 11, 1008. <https://doi.org/10.3390/agronomy11051008>
- Chandrasekaran, M., Chun, S. C., Oh, J. W., Paramasivan, M., Saini, R. K., & Sahayarayan, J. J. (2019). *Bacillus subtilis* CBR05 para frutos de tomate (*Solanum lycopersicum*) en Corea del Sur como una nueva bacteria probiótica vegetal (PPB): implicaciones del contenido total de fenólicos, flavonoides y carotenoides para la calidad de la fruta. *Agronomía* 9, 838. <https://doi.org/10.3390/agronomy9120838>
- Chauhan, M., Garg, V., Zia, G., & Dutt, R. (2020). Potential Role of Phytochemicals of Fruits and Vegetables in Human Diet. *Res. J. Pharm. Technol.* 13, 1587–1591.
- Coromoto-Alcedo, Y., & Reyes, I. (2018). Microorganismos Promotores de Crecimiento en el Biocontrol de *Alternaria alternata* en tomate (*Solanum Lycopersicum* L.). *Bioagro*, 30, 59–66.
- Díaz, F. A., Ortiz, C. F. E., & Espinosa, E. M. (2016). Mycorrhizal symbiosis and growth of sorghum plants irrigated with saline water. *Rev. Chapingo Ser. Zonas Áridas.* 15, 55–64.
- Doncel, A., Chamorro, L., & Pérez, A. (2016). Actividad in vitro de bacterias endófitas promotoras de crecimiento asociadas con pasto colosoana en el municipio de Corozal, Sucre. *Rev. Colomb. Cienc. Anim.* 8, 351–360.
- Dursun, A., Ekinici, M., & Dönmez, M. F. (2010). Effects of foliar application of plant growth promoting bacterium on chemical contents, yield and growth of tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) and cucumber (*Cucumis sativus* L.). *Pak. J. Bot.* 42, 3349–3356.

- Esparza-Rivera, J. R., Stone, M. B., Stushnoff, C., Pilon-Smith, E., & Kendall, P. A. (2006). Effects of Ascorbic acid applied by two hydrocooling methods on physical and chemical properties of green leaf lettuce stored at 5 °C. *J. Food Sci.* 71, 270–276.
- FAOSTAT, Base de datos estadísticos institucionales de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Disponible en línea: <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC> (consultado el 10 de agosto de 2024).
- Fukami, J., de la Osa, C., Ollero, F. J., Megías, M., & Hungria, M. (2018). Co-inoculación de maíz con *Azospirillum brasilense* y *Rhizobium tropici* como estrategia para mitigar el estrés de salinidad. *Biol. Func. Plantas.* 45, 328. <https://doi.org/10.1071/fp17167>.
- Galindo, F. S., Teixeira Filho, M. C. M., Buzetti, S., Santini, J. M. K., Alves, C. J., Nogueira, L. M., Ludkiewicz, M.G.Z., Andreotti, M., & Bellotte, J.L.M. (2016). Corn Yield and Foliar Diagnosis Affected by Nitrogen Fertilization and Inoculation with *Azospirillum Brasilense*. *Rev. Bras. Ciênc. Solo*, 40, 1–18. <https://doi.org/10.1590/18069657rbcs20150364>.
- Galindo, O. G., Viramontes, U. F., Cueto-Wong, J. A., Núñez-Hernández, G., Gallegos-Robles, M. A., & López-Martínez, J. D. (2019). Disponibilidad de nitrógeno usando dos tipos de estiércol de bovino lechero en cultivos de maíz forrajero y triticales. *Nova Sci.* 22, 124–141. <https://doi.org/10.21640/ns.v11i22.1709>.
- González, F., & Fuentes, M. (2017). Mechanism of action of five plant growth promoters microorganism. *Rev. Cienc. Agrícolas*, 34, 17–31. <https://doi.org/10.22267/rcia.173401.61>.
- Hasan, A., Tabassum, B., Hashim, M., & Khan, N. (2024). Papel de las rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal (PGPR) como potenciador del crecimiento vegetal para la agricultura sostenible: una revisión. *Bacterias* 3, 59-75. <https://doi.org/10.3390/bacteria3020005>
- Hernández-Hernández, H., Quiterio-Gutiérrez, T., Cadenas-Pliego, G., Ortega-Ortiz, H., Hernández-Fuentes, A. D., Cabrera de la Fuente, M., Valdés-Reyna, J., & Juárez-Maldonado, A. (2019). Impact of selenium and copper nanoparticles on yield, antioxidant system, and fruit quality of tomato plants. *Plants* 8, 355. <https://doi.org/10.3390/plants8100355>.
- Licea-Herrera, J., Quiroz-Velásquez, J. D., & Hernández-Mendoza, J. L. (2020). Impact of *Azospirillum Brasilense*, a rhizobacterium stimulating the production of indole-3-acetic acid as the mechanism of improving plants' grow in agricultural crops. *Rev. Bol. Quim.* 37, 34–39. <https://doi.org/10.34098/2078-3949.37.1.5>.
- Lin, T. F., Huang, H. I., Shen, F. T., & Young, C. C. (2006). The protons of gluconic acid are the major factor responsible for the dissolution of tricalcium phosphate by *Burkholderia cepacia* CC A174. *Bioresour. Technol.* 97, 957–960.
- Maeso, D., & Walasek, W. (2011). Evaluación de métodos para desinfectar semillas de tomate contra cancro bacteriano (*Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*). *Agrociencia Urug.* 16, 134–141.

- Ochoa-Jiménez, V. A., Berumen-Varela, G., Rivera-Domínguez, M., Báez-Sañudo, B., Troncoso-Rojas, R., & Tiznado-Hernandez, M. E. (2019). Development of a regeneration and genetic transformation protocol for tomato (*Solanum lycopersicum* L.) cv. Rutgers. *Agrociencia Cienc.* 53, 725–740.
- Ordookhani, K., Moezi, A., Khavazi, K., & Rejali, F. (2013). Effect of plant growth promoting rhizobacteria and mycorrhiza on tomato fruit quality. *Acta Hort.* 989, 91–96.
- Pappalettere, L., Bartolini, S., & Toffanin, A. (2024). Las bacterias productoras de auxinas utilizadas como bioestimulantes microbianos mejoran el crecimiento del tomate (*Solanum lycopersicum* L.) Plántulas en sistemas hidropónicos. *Biotechnología* 13, 32. <https://doi.org/10.3390/biotech13030032>
- Parra-Terraza, S., Lara-Murrieta, P., Villarreal-Romero, V., & Hernández-Verdugo, V. (2012). Crecimiento de plantas y rendimiento de tomate en diversas relaciones Nitrato/Amonio y concentraciones de bicarbonato. *Fitotec. Mex.*, 35, 143–153.
- Pirlak, L., & Köse, M. (2009). Effects of plant growth promoting rhizobacteria on yield and some fruit properties of strawberry. *J. Plant Nutr.* 32, 1173–1184.
- Platel, K. (2020). Functional foods in Indian tradition and their significance for health. In *Nutritional and Health Aspects of Food in South Asian Countries*; Academic Press: Cambridge, MA, USA, pp. 87–98.
- Raffi, M. M., & Charyulu, P. B. B. N. (2020). *Azospirillum*-biofertilizer for sustainable cereal crop production: Current status. *Recent Dev. Appl. Microbiol. Biochem*, 193–209. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-821406-0.00018-7>.
- Ruiz, L. G. A., Qüesta, A. G., & Rodríguez, S. D. C. (2010). Efecto de luz UV-C sobre las propiedades antioxidantes y calidad sensorial de repollo minimamente procesado. *Rev. Iberoam. Tecnol. Postcosecha* 11, 101–118.
- SAGARPA. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Delegación Comarca Lagunera. (2019). Available online: <http://www.sagarpa.gob.mx/dlg/laguna/informacion.htm>. (accessed on 19 June 2020).
- Sangoquiza, C. A., Viera, Y., & Yáñez Guzmán, C. F. (2018). Biological Response of *Azospirillum* spp. to Different Types of Stress. *Revista Centro Agrícola Universidad Central “Marta Abreu” de las Villas*. Available online: <http://cagricola.uclv.edu.cu> (Consultado el 3 febrero 2024).
- SIAP. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. (2019). Available online: http://nube.siap.gob.mx/cierre_agricola (accessed on 11 July 2020).
- Silva, P. S. T., García, N. S., Galindo, F. S., Arf, O., Nogueira, T. A. R., & Jani, A. D. (2024). La inoculación de *Azospirillum brasilense* en un sistema de cultivo de maíz-urocloa-arroz promueve los cambios químicos y biológicos del suelo y aumenta la productividad. *Cultivos*, 4, 211–226. <https://doi.org/10.3390/crops4020016>

- SMART. La Fertilización del Cultivo de Tomate. 2020. Available online: <https://www.smartfertilizer.com/es/articles/tomato-fertilizer/> (accessed on 10 January 2024).
- Steiner, F., Queiroz, L. F. M., Zuffo, A. M., da Silva, K. C., & Lima, I.M.D.O. (2020). Respuesta de cacahuete a la co-inoculación de *Bradyrhizobium* spp. y *Azospirillum brasilense* y aplicación de molibdeno en suelo arenoso del Cerrado brasileño. Rev. Agron. doi:10.1002/agj2.20519.
- Vázquez, V., García, H., Salazar, S., López, M., Valdez, C., Orona, C., & Preciado, R. (2011). Aplicación de estiércol solarizado al suelo y la producción de chile jalapeño (*Capsicum annuum* L.). Chapingo Ser. Hortic. 17, 69–74.
- Wakchaure, G. C., Minhas, P. S., Kamlesh, K. M., Satis, K., & Jagadish, R. (2020). Effect of plant growth regulators and deficit irrigation on canopy traits, yield, water productivity and fruit quality of eggplant (*Solanum melongena* L.) grown in the water scarce environment. J. Environ. Manag. 11, 110320, doi: 10.1016/j.jenvman.2020.11,03-20.
- Waliszewski, K. N., & Blasco, G. (2010). Propiedades nutraceuticas del licopeno. Salud Públ. México, 53, 254–265.
- Wisniewski-Dyé, F., Lozano, L., Acosta-Cruz, E., Borland, S., Drogue, B., Prigent-Combaret, C., Rouy, Z., Barbe, V., Herrera, A. M., & González, V. (2012). La secuencia del genoma de *Azospirillum brasilense* CBG497 y los análisis comparativos de los genomas principales y accesorios de *Azospirillum* proporcionan información sobre la adaptación al nicho. *Genes*, 3, 576-602. <https://doi.org/10.3390/genes3040576>
- Yong, K. T., Yong, P. H., & Ng, Z. X. (2023). El tomate y la salud humana: una perspectiva desde el procesamiento poscosecha, la bioaccesibilidad de nutrientes y la interacción farmacológica. Frente de Alimentos. 4, 1702-1719

Índice

A

Acuaponía, 68
Agricultura, 132, 142, 144, 145, 146
Aloe barbadensis, 172, 175
Aloe Vera, 172, 174, 175
Arena, 131, 134
Azospirillum brasilense, 18, 19, 21, 22, 23, 24, 25, 28, 29, 30, 31, 32, 33

B

Bacillus, 117, 119, 120, 122, 124, 125, 126, 127
Biofertilización, 19, 33, 35
Bloqueador solar, 172, 173, 175, 176, 177

C

Candelilla, 171, 173, 174, 175, 177
Capsicum annuum, 57, 59, 94, 96, 98, 105, 107, 109, 111, 115

Ch

Chile, 63
Chile Jalapeño, 94

E

Enmiendas Orgánicas, 145
Estiércol, 18, 21, 22, 28, 29, 30, 33
Euphorbia antisiphilitica, 171, 173

F

Fertilización, 8, 9, 10, 11, 12, 14, 15, 16, 19, 20, 22, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 39
fertilizante, 120, 124, 126
Forraje Verde, 7

G

Ganado, 9

I

Inorgánica, 94

J

Jalapeño, 59, 62

L

Lechuga, 68
Lippia graveolens, 83, 84, 87, 88, 89, 90

M

Maíz, 116
Metabolitos, 88, 89
México, 116
Micropropagación, 86
Mojarra tilapia, 69, 72

N

Nitratos, 69, 72, 74, 75, 76, 77, 78

O

Orégano, 81, 83, 84
Orgánica, 94, 99

P

Peces, 69, 70, 71, 72, 73, 75, 76, 77, 78
Piel, 172, 173
Producción, 8, 9, 11, 16, 116
Propagación, 81, 82, 83, 86, 90

Q

Quinoa, 131, 140, 141

S

Suelo, 146, 147, 148, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 157, 158, 159, 160
Sustancias húmicas, 146, 147, 148, 156, 160
Sustratos, 131, 132, 133, 135, 136, 138

T

Tomate, 19, 20, 21, 23, 24, 26, 28, 29, 30, 32, 33, 34

V

Vermicompost, 131, 134

Los organizadores



Dr. Ignacio Orona Castillo 

Profesor Investigador de Tiempo Exclusivo de la Universidad Juárez del Estado de Durango, adscrito a la Facultad de Agricultura y Zootecnia ubicada en ejido Venecia, Gómez Palacio Durango desde 2006. Miembro del Sistema Nacional de Investigadores Nivel I. Líneas de Investigación: Economía de los Recursos Naturales y Comercialización de Productos Agropecuarios.



Dr. Ernesto González Gaona 

Investigador Titular del Programa de Sanidad Forestal y Agrícola del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, adscrito al Campo Experimental Pabellón en Aguascalientes desde 1984, Miembro del SNII Nivel 1. Líneas de Investigación: Manejo orgánico biológico de plagas y enfermedades en Guayaba, Nopal, Vid, Maíz, así como plagas forestales con énfasis en defoliadores de la familia Diprionidae.



Dr. Roberto Sánchez Lucio 

Investigador Titular del Programa de Inocuidad y Producción Orgánica del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, adscrito al Campo Experimental Santiago Ixcuintla, Nayarit desde 2008, Miembro honorífico del Grupo de Expertos del Consejo Nacional de Producción Orgánica ante SENASICA: líneas de investigación Acompañamiento en la Certificación y Renovación en Sistemas de Reducción de Riesgos de Contaminación (SRRC). Asesoría para Obtener el Certificado Orgánico de Producción. Elaboración de Bioinsumos. Producción de Insectos Benéficos y Hongos Entomopatógenos.



Dr. Alain Buendía García 

Se desempeña como Profesor Investigador de Tiempo Completo desde 2018 en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna, ubicada en Torreón, Coahuila. Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores en la categoría de candidato. Sus líneas de investigación se enfocan en la generación de estrategias tecnológicas para la transición de los sistemas agropecuarios, así como la producción integral de cultivos y aprovechamiento de subproductos agropecuarios.

Esta obra, titulada “Tópicos de investigación agropecuaria con enfoque sustentable en México”, compila estrategias de diversas instituciones académicas para promover una producción de alimentos sana y libre de químicos. A través de la agricultura orgánica y el manejo integral del suelo y el agua, el texto propone técnicas de cultivo que conservan el medio ambiente, buscando no solo la sostenibilidad ecológica, sino también el bienestar socioeconómico de los productores y la seguridad alimentaria de la sociedad.



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