

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.



Biofertilizantes como Alternativa de Producción en dos Genotipos de Maíz Forrajero

Biofertilizers as a Production Alternative in two Genotypes of Forage Corn

Recibida em: 07/12/2025

Aprobado em: 04/02/2026

 10.46420/9786585756747cap8

Steven Avila-Jara^{1‡} 

Miguel Ángel Gallegos-Robles¹ 

Uriel González-Salas¹ 

José Luis García-Hernández¹ 



¹ Facultad de Agricultura y Zootecnia, UJED. Carretera Gómez Palacio-Tlahualilo km 32, Venecia. 35000 Gómez Palacio, Durango, México.

‡ Autor de correspondencia: avila.jara07@gmail.com

RESUMEN

En la Comarca Lagunera se producen grandes cantidades de maíz forrajero; sin embargo, la fertilización química que recibe este cultivo causa impactos negativos al medio ambiente, además de aumentar los costos de producción. Debido a esto, se buscan alternativas sustentables para la producción forrajera en la región, tal es el caso de los biofertilizantes. En la presente investigación se evaluó la producción forrajera en dos genotipos de maíz forrajero aplicando biofertilizantes. Se probaron 12 tratamientos bajo un diseño experimental de bloques al azar con arreglo factorial 2x6 con tres repeticiones. Los fertilizantes fueron: *Bacillus amyloliquefaciens* (BA), *Bacillus amyloliquefaciens* + química 50% (BA+Q), químico (Q), estiércol bovino (E), biofertilizante comercial (BC) y testigo (T), los cuales se aplicaron a los dos genotipos (San Lorenzo y Galáctico). Aunque solo se obtuvieron diferencias significativas en las variables agronómicas, los biofertilizantes obtuvieron las mejores medias, seguidos del estiércol bovino. El mayor rendimiento de forraje verde fue para el tratamiento con estiércol (69.20 t ha^{-1}) y en seco destacó el BA+Q (29.55 t ha^{-1}). BA y BA+Q también produjeron mayor porcentaje que el resto en cuanto a la calidad bromatológica. En los genotipos, Galáctico presentó mejores promedios obteniendo diferencias significativas en casi todas las variables. San Lorenzo registro diferencias significativas solo en variables agronómicas y de calidad. Los biofertilizantes se presentan como una opción sustentable ante los fertilizantes químicos igualando la producción y ofreciendo beneficios ambientales.

Palabras clave: *Bacillus amyloliquefaciens*, Biofertilizantes, producción forrajera, alternativas sustentables.

SUMMARY

In the Comarca Lagunera, large quantities of forage corn are produced, however, the chemical fertilization that this crop receives causes negative impacts on the environment, in addition to increasing production costs. Due to this, sustainable alternatives are being sought for forage production in the region, such as biofertilizers. In the present investigation, forage production was evaluated in two genotypes of forage corn by applying biofertilizers. 12 treatments were tested under a randomized block experimental design with a 2x6 factorial arrangement with three repetitions. The fertilizers were: *Bacillus amyloliquefaciens* (BA), *Bacillus amyloliquefaciens* + 50% chemistry (BA+Q), chemical (Q), bovine manure (E), commercial biofertilizer (BC) and control (T), which were applied to the two genotypes (San Lorenzo and Galactico). Although significant differences were only obtained in the agronomic variables, treatments with biofertilizers obtained the best averages, followed by bovine manure. The highest yield of green forage was for the treatment with manure (69.20 t ha^{-1}) and in dry the BA+Q stood out (29.55 t ha^{-1}). BA and BA+Q also produced a higher percentage than the rest in terms of bromatological quality. In the genotypes, Galactico presented better averages, obtaining significant differences in almost all variables. San Lorenzo registered significant differences only in agronomic and quality variables. Biofertilizers are presented as a sustainable option compared to chemical fertilizers, equalizing production and offering environmental benefits.

Index words: *Bacillus amyloliquefaciens*, Biofertilizers, forage production, sustainable alternatives.

INTRODUCCIÓN

La Comarca Lagunera ocupa el primer lugar a nivel nacional en la producción de leche y forrajes de alta calidad y excelentes rendimientos (SAGARPA, 2016). En el 2021 se sembraron 48 789 hectáreas de maíz forrajero las cuales produjeron 2 100 649 ton ha⁻¹(SIAP, 2021); sin embargo, la fertilización química que recibe el maíz está causando daños ambientales, además de afectar a la economía del productor debido al incremento de materias primas para fabricar estos productos de origen sintético (Avila-Cisneros et al., 2018; FIRA, 2020).

Los efectos negativos causados por la utilización de fertilizantes químicos son diversos, entre ellos destaca la pobre asimilación de sus nutrientes por las plantas ya que se estiman pérdidas por volatilización, lixiviación, eutrofización en el agua, incremento en la salinidad y acidez en el suelo, reducción en la capacidad de retención de agua en el suelo, afectan a los microorganismos encargados de degradar la materia orgánica, dificultad en el control de plagas y malezas, por lo cual existe una disminución en la producción agrícola (Castellanos et al., 2017; Guzmán-Flores, 2018; Chávez-Díaz et al., 2020; Mandal et al., 2020; Nosheen et al., 2021).

Para satisfacer las necesidades alimenticias que el ganado lechero demanda, es necesario implementar estrategias sustentables que incrementen la calidad y rendimiento sin causar impactos negativos al medio ambiente.

Los biofertilizantes son productos elaborados a base de microorganismos vivos que favorecen al crecimiento de las plantas mediante mecanismos directos como mayor captación de agua y absorción de nutrientes, gracias al mejor desarrollo radicular de la planta (Kumar et al., 2015); y mecanismos indirectos creando una resistencia ante agentes fitopatógenos (Moreno-Reséndez et al., 2018). Además, consumen menores cantidades de energía, reducen la contaminación del suelo y agua e incrementan la fertilidad del suelo, lo cual se ve reflejado en una mejora en la producción (Sneha et al., 2018).

El uso de biofertilizantes es una alternativa ecológica contra los fertilizantes químicos, ya que en la actualidad se han obtenido avances significativos en el desarrollo de estos productos para diversos cultivos (Kumar et al., 2021).

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del sitio de estudio

El experimento se realizó en el ciclo primavera-verano 2021 en la Comarca Lagunera, en la Facultad de Agricultura y Zootecnia, ubicada en el ejido Venecia, municipio de Gómez Palacio Durango. Esta región se localiza entre los meridianos 102°22' y 104°47' longitud oeste, y paralelos 24°22' y 26°23' latitud norte, a una altura de 1200 msnm. Según la clasificación climática de Köppen modificada por García (1973), posee un clima desértico con escasa humedad atmosférica y precipitación pluvial promedio de 240 mm anuales; el período de lluvia comprende de mayo a septiembre donde ocurre

aproximadamente el 70% de la precipitación. En la mayor parte de la región se tiene una evaporación anual de 2600 mm y una temperatura media de 20 °C.

Siembra

Se preparó el terreno de manera convencional, se realizó un riego pre siembra y posteriormente se llevó a cabo la siembra de manera manual. Se utilizaron dos materiales genéticos de maíz forrajero [variedad San Lorenzo (SL) e híbrido Galáctico (G)] previamente se inocularon con los biofertilizantes correspondientes las semillas de cada tratamiento con bacterias. Se delimitaron los surcos a 0.75 m teniendo cuatro surcos por unidad experimental, se tuvo una densidad de población de siete plantas por metro lineal. Se inocularon 112 semillas por unidad experimental para los tratamientos con biofertilizantes colocando el medio líquido junto con las semillas en bolsas de plástico por una hora y media a la sombra para posteriormente llevarlas a campo y sembrarlas.

Cosecha

Se cosechó de forma manual cuando el grano se encontraba en una maduración aproximada en un tercio de avance de la línea de leche y consistió en colectar siete plantas por unidad experimental tomando en cuenta solo los surcos centrales.

Diseño Experimental

Tabla 1. Tratamientos evaluados.

Genotipos	# Tratamiento	Descripción
San Lorenzo	1	San Lorenzo x <i>Bacillus amyloliquefaciens</i>
	2	San Lorenzo x <i>Bacillus amyloliquefaciens</i> + químico (50%)
	3	San Lorenzo x Químico
	4	San Lorenzo x Estiércol bovino
	5	San Lorenzo x Bactisoil
	6	San Lorenzo x Testigo
Galáctico	7	Galáctico x <i>Bacillus amyloliquefaciens</i>
	8	Galáctico x <i>Bacillus amyloliquefaciens</i> + químico (50%)
	9	Galáctico x Químico
	10	Galáctico x Estiércol bovino
	11	Galáctico x Bactisoil
	12	Galáctico x Testigo

Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar con arreglo factorial 2 x 6, siendo el factor A los genotipos de maíz y el factor B la fertilización [*Bacillus amyloliquefaciens* (BA), *Bacillus amyloliquefaciens* +

químico (50%) (BA+Q), Químico (Q), Estiércol bovino (E), Bactisoil (BC)] y al testigo (T), dando un total de 12 tratamientos (Tabla 1) con tres repeticiones, y un total de 36 unidades experimentales las cuales se distribuyeron de manera aleatoria. Las medidas fueron 4 m x 3 m cada una, con surcos de 0.75 m x 4 m de largo y con 1.5 m de espacio entre tratamientos.

Los tratamientos con *Bacillus amyloliquefaciens* se prepararon en el medio YPG en el laboratorio de biotecnología de FAZ-UJED a una concentración de 1×10^8 UFC ml⁻¹. Para cubrir la dosis de fertilización química 180-90-00 (NPK), se utilizó como fuente de nitrógeno sulfato de amonio y de fósforo fosfato di amónico (DAP). El estiércol bovino fue adquirido del establo de FAZ-UJED. El biofertilizante comercial Bactisoil fue adquirido en Bioproductos Laguneros en Torreón Coahuila. Contiene *Bacillus atrophaeus*, *Bacillus velezensis* y *Azospirillum brasilense* con 1×10^9 UFC ml⁻¹. Este producto está registrado ante la OMRI (Organic Materials Review Institute) lo cual lo hace ideal para su uso en la agricultura orgánica.

Aplicación de Tratamientos

Para los tratamientos con biofertilizantes se inocularon las semillas de los dos genotipos por unidad experimental de manera que se colocó el medio líquido junto con las semillas en bolsas de plástico por una hora y media a la sombra para posteriormente llevarlas a campo y sembrarlas.

La dosis de fertilización química se ajustó al tamaño de cada unidad experimental. La fertilización química del N se realizó en dos partes, se aplicaron 267.26 kg ha⁻¹ de sulfato de amonio (primera aplicación, durante la siembra) y 439.02 kg ha⁻¹ (segunda aplicación a los 55 dds), de fosfato di amónico (DAP) fueron 195.65 kg ha⁻¹ (al momento de la siembra), esto para cubrir la demanda de N y P para una dosis de 180-90-00.

Para el tratamiento de *Bacillus amyloliquefaciens* + 50% de fertilización química se redujeron los valores totales del fertilizante a la mitad, aplicando 133.63 kg ha⁻¹ de sulfato de amonio y 97.82 kg ha⁻¹ de DAP.

El estiércol bovino se distribuyó uniformemente y se incorporó manualmente antes del riego de pre siembra. Se aplicaron 45 ton ha⁻¹ tomando en cuenta que el estiércol contiene 1.5% de N, su mineralización en el primer ciclo es del 45% y la recuperación aparente de N por el cultivo es del 60% (Figueroa-Viramontes et al., 2009). La cantidad de estiércol que se utilizó fue para igualar la dosis del nitrógeno (180 unidades) que aporta la fertilización química.

Variables Evaluadas

Variables agronómicas. Se tomaron en cuenta siete plantas por unidad experimental a las cuales se les midieron y pesaron las siguientes variables al momento de la cosecha: diámetro de tallo (DT, en cm), número de hojas (NH), peso de hojas (PH en g), peso de mazorca (PM en g), diámetro de mazorca

(DM en cm) y largo de mazorca (LM en cm). Se registraron los datos por planta y posteriormente se calculó un promedio por unidad experimental.

Variables de rendimiento. Para el rendimiento del forraje seco (RFS), las muestras colectadas se cortaron, se colocaron en bolsas y se introdujeron en una estufa de aire forzado a 100 °C por 24 horas para obtener el peso seco y posteriormente estimar el rendimiento seco en $t\ ha^{-1}$.

Variables de calidad. Después de haber perdido toda el agua acumulada en las plantas, se cortaron en trozos más pequeños, en seguida, se pasaron por dos molinos con la finalidad de triturar finamente las muestras y obtener el tamaño de partícula deseado.

Proteína cruda (PC). Se determinó por el método de Kjeldahl donde, primeramente, se fijó la temperatura del digestor a 380°C la cual fue alcanzada en una hora aproximadamente. Se insertaron los tubos de digestión en los hoyos de la parrilla a los cuales se les agregó 0.5 g de muestra y se colocó en un pedazo de papel para pesar, se dobló cuidadosamente y se colocó dentro de cada tubo del digestor. Se pesó 0.1 de urea, se envolvió en papel y se colocó un solo tubo. Para el blanco se utilizó únicamente el papel doblado el cual fue puesto en un tubo también. Para acelerar el proceso de digestión en cada tubo se colocó un catalizador. Cabe mencionar que por cada corrida se utilizó un tubo con urea y un blanco. Después de haber completado el tiempo requerido por el digestor para llegar a la temperatura deseada, se agregan 15 ml de ácido sulfúrico concentrado a cada tubo para posteriormente colocar la parrilla en el digestor. Se dejaron digerir las muestras por una hora, pasado este tiempo se retiró la parrilla con los tubos de digestión, se dejaron enfriar las muestras por 15 minutos y se diluyeron las muestras digeridas con 70 ml de agua destilada. Para el proceso de destilación, se agregó a cada dilución 60 ml de hidróxido de sodio y se llevaron al destilador una a una, se insertó un matraz Erlenmeyer el cual contenía 75 ml de ácido bórico indicador y se procedió a destilar por tres minutos. Finalmente se tituló con ácido clorhídrico a la 0.1 Normal y se anotó el gasto. Para conocer el porcentaje de proteína cruda, se calcularon los mg de N en la muestra, después el porcentaje de N en la muestra y finalmente se obtiene el porcentaje de PC.

Fibra Acido Detergente (FAD). Se pesaron 0.5 g de muestra en una balanza analítica y se colocaron en vasos Berzelius donde se agregaron 100 ml a cada uno de solución FAD la cual contenía ácido sulfúrico y hexadecil trimetil bromuro de amonio. Se colocaron en el aparato para fibras para calentar hasta hervir reduciendo la temperatura al momento de hervir, ahí se mantuvieron por una hora. Transcurrido ese tiempo, se llevó a filtrar la mezcla utilizando una bomba de vacío con un filtro Whatman #541 previamente pesado, el residuo se lavó con agua caliente hasta que no se formaran burbujas, después de esto se lavó 2 veces con acetona. Se llevaron los filtros con el residuo a secar a una estufa de aire forzado a 100°C por 24 horas, se pasaron al desecador por 30 minutos y se registró el peso. El % de FAD resulto del peso del residuo entre el peso de la muestra x 100.

Fibra Neutro Detergente (FND). Para conocer el porcentaje de FND de cada muestra se realizó el mismo procedimiento y la misma fórmula que para la FDA, solamente se cambió de solución

por la neutro detergente, la cual se preparó con lauril sulfato de sodio, EDTA, bromato de sodio, fosfato de sodio dibásico y etoxyethanol.

Los datos obtenidos se sometieron a un análisis de varianza mediante el paquete estadístico SAS (2004) y la prueba de comparación de medias por el método de Tukey ($P \leq 0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Variables agronómicas

El diámetro del tallo (DT) mostró diferencias significativas solamente entre los genotipos ($F=24.32$; $gl=1$; $Pr>F<.0001$). En los fertilizantes ($F=2.13$; $gl=5$; $Pr>F=0.0993$) y en los tratamientos ($F=0.70$; $gl=5$; $Pr>F=0.6303$) no hubo diferencias significativas. En los genotipos se observó que el Galáctico obtuvo un mayor promedio (2.64 cm) en comparación del San Lorenzo (2.25 cm) (Tabla 3). Dentro de los fertilizantes el BA+Q fue el que mostró mayor grosor de tallo con 2.66 cm superando al resto (Tabla 2).

Rodríguez-Hernández et al. (2020) utilizaron *Bacillus amyloliquefaciens* en maíz forrajero y reportaron diferencias estadísticas significativas entre sus tratamientos, donde la bacteria mostró el mayor diámetro de tallo (2.53 cm). En esta investigación se observó que se puede aumentar el grosor del tallo si al biofertilizante se le combina con al menos la mitad de la dosis química.

En el número de hojas (NH) no se encontraron diferencias significativas en los efectos tales como genotipos ($F=3.70$; $gl=1$; $Pr>F=0.0676$) y fertilizantes ($F=3.29$; $gl=5$; $Pr>F=0.0629$), ni tampoco en los tratamientos ($F=0.74$; $gl=5$; $Pr>F=0.6040$).

La variable peso de hojas (PH) mostró diferencias significativas solamente entre los genotipos ($F=358.28$; $gl=1$; $Pr>F<.0001$), pero no se encontraron diferencias significativas en los fertilizantes ($F=2.51$; $gl=5$; $Pr>F=0.0609$) ni en los tratamientos ($F=1.64$; $gl=1$; $Pr>F=0.1920$). El genotipo Galáctico promedió mayor peso de hojas (210.75 g) en comparación del San Lorenzo (113.98 g). Los fertilizantes con *Bacillus amyloliquefaciens* registraron el mayor peso de hojas superando al resto.

El peso de mazorca (PM) presentó diferencias significativas entre los genotipos ($F=132.77$; $gl=1$; $Pr>F<.0001$) así como en los fertilizantes ($F=2.75$; $gl=5$; $Pr>F=0.0446$), pero en los tratamientos ($F=0.63$; $gl=5$; $Pr>F=0.6780$) no hubo significancia. El estiércol bovino tuvo mayor peso de mazorca (384.04 g) siendo el mejor comparado con el resto de fuentes de fertilización, el testigo fue el que menos peso registró (Tabla 2). En cuanto a los genotipos, el Galáctico superó al San Lorenzo con 428.37 y 275.71 g respectivamente (Tabla 3).

Martínez-Reyes et al. (2018) reportaron mayor peso en mazorcas (10) con la aplicación de fertilización química (160-46-30), seguido de un tratamiento a base de *Azospirillum brasilense* + fertilización química al 50% (80-23-15) sin encontrar diferencias significativas en los tratamientos, caso contrario a los datos arrojados por este experimento.

La variable diámetro de mazorca (DM) mostró diferencias significativas únicamente entre los genotipos ($F=7.17$; $gl=1$; $Pr>F=0.0137$), ya que no se encontraron diferencias significativas en los fertilizantes ($F=1.50$; $gl=5$; $Pr>F=0.2309$) ni en los tratamientos ($F=0.93$; $gl=5$; $Pr>F=0.4796$). Galáctico presentó mayor diámetro de mazorca (4.63 cm) que el San Lorenzo (4.31 cm) siendo el mejor de los dos (Tabla 3). En los fertilizantes, el BA+Q fue mejor al resto con una media de 4.71 cm (Tabla 2).

Martínez-Reyes et al. (2018), obtuvieron resultados similares al utilizar biofertilizantes combinados con fertilización química en maíz, ya que la inoculación de *Azospirillum brasilense* + *Chromobacterium violaceum* + 50% de fertilización química (80-23-15) y *Chromobacterium violaceum* + fertilización química (160-46-30) presentaron las mejores medias pese a no encontrar diferencias significativas entre sus tratamientos.

El largo de mazorca (LM) mostró diferencias significativas entre los genotipos ($F=104.10$; $gl=1$; $Pr>F=<.0001$) y en los fertilizantes ($F=2.52$; $gl=5$; $Pr>F=0.0598$) sin embargo, en los tratamientos no se encontró diferencia significativa ($F=1.07$; $gl=5$; $Pr>F=0.4015$). El estiércol bovino mostró mayor largo de mazorca que todos los demás dejando al testigo con el promedio más bajo. En los fertilizantes con bacterias el que más destacó fue el biofertilizante comercial (17.75 cm) (Tabla 2). El híbrido Galáctico (19.54 cm) presentó mayor largo de mazorca que San Lorenzo (15.48 cm) (Tabla 3).

Tabla 2. Promedios de los efectos de fertilizantes en las variables agronómicas.

Fertilizantes	DT	NH	PH	PM	DM	LM
	cm	unidad	-----g-----		-----cm-----	
BA	2.41a	12.80a	170.23a	352.74ab	4.49a	17.62ab
BA+Q	2.66a	12.73a	172.85a	374.88ab	4.71a	17.63ab
Q	2.39a	11.78a	155.35a	335.12ab	4.28a	17.04ab
E	2.53a	12.37a	169.37a	384.04a	4.62a	18.68a
BC	2.45a	12.73a	158.35a	355.59ab	4.45a	17.75ab
T	2.25a	11.90a	148.04a	309.88b	4.26a	16.37b
DMS	0.4212	1.0976	27.583	71.785	0.648	2.1388

Valores con las mismas letras dentro de columnas son estadísticamente iguales (Tukey $\alpha=0.05$).

Values with the same letters within columns are statistically equal (Tukey $\alpha=0.05$).

Ayvar-Serna et al. (2020) encontraron mayor longitud de mazorca en la aplicación de un tratamiento con fertilización química (120-80-80) + biológica (*Glomus intraradices* + *Azospirillum brasilense*) con una media de 16.4 cm siendo estadísticamente igual al tratamiento químico que registró 15.5 cm.

Las especies del género *Bacillus* poseen la capacidad de producir endoesporas, lo cual les permite subsistir en condiciones de estrés; además, se presume que no afectan a los microorganismos nativos ya que son habitantes muy comunes de la microbiota del suelo (Chowdhury et al., 2013; Qiao et al., 2017).

Las bacterias del género *Azospirillum* son capaces de formar asociaciones con las raíces de las plantas, además de sintetizar diversos compuestos implicados en la promoción del crecimiento de las plantas como giberelinas y citoquininas (Rodríguez et al., 2015).

Tabla 3. Promedios de genotipos en las variables agronómicas.

Genotipos	DT	NH	PH	PM	DM	LM
	cm	unidad	-----g-----		-----cm-----	
San Lorenzo	2.25b	12.58a	113.98b	275.71b	4.31a	15.48b
Galáctico	2.64a	12.19a	210.75a	428.37a	4.63a	19.54a
DMS	0.1619	0.4219	10.602	27.477	0.2491	0.8221

Valores con las mismas letras dentro de columnas son estadísticamente iguales (Tukey $\alpha=0.05$).

Values with the same letters within columns are statistically equal (Tukey $\alpha=0.05$).

Variables de rendimiento

Rendimiento del forraje seco (RFS). Para esta variable se presentaron diferencias estadísticas significativas entre los genotipos ($F=16.48$; $gl=1$; $Pr>F=0.0005$); en los fertilizantes ($F=1.04$; $gl=5$; $Pr>F=0.4175$) y los tratamientos ($F=0.99$; $gl=5$; $Pr>F=0.4487$) no hubo diferencias significativas. En los genotipos el híbrido Galáctico superó a la variedad San Lorenzo obteniendo 31.30 y 23.14 t ha⁻¹ respectivamente (Tabla 5). Se observó que, aunque no hubiera significancia entre fuentes de fertilización, el biofertilizante a base de *Bacillus amyloliquefaciens* + 50% de fertilización química obtuvo mayor rendimiento seco (29.55 t ha⁻¹) seguido del biofertilizante comercial (29.46 t ha⁻¹), la media más baja la presentó el testigo absoluto (Tabla 4).

Estos valores medios difieren con los encontrados por Avalos et al. (2018) quienes obtuvieron 24 t ha⁻¹ de forraje seco en maíz al aplicar estiércol bovino (80 t ha⁻¹), además, reportaron rendimientos menores con la aplicación de bioinoculante (40 l ha⁻¹) al suelo donde registraron 21.91 t ha⁻¹.

La aplicación de estiércol bovino es capaz de obtener rendimientos similares en maíz forrajero por lo cual es posible sustituirlo por el fertilizante químico (López-Calderón et al., 2015).

Bacillus amyloliquefaciens se encarga de activar algunos nutrientes del suelo debido a que es capaz de modificar las formas de los elementos y microorganismos en el suelo. También está involucrada en la regulación del crecimiento de las células vegetales y desarrollo de raíces mediante la producción de hormonas y compuestos orgánicos volátiles. Presenta capacidad de incrementar la resistencia de las plantas al estrés biótico y abiótico (Luo et al., 2022).

Bacillus amyloliquefaciens aplicada como biofertilizante, posee capacidades promotoras de crecimiento y desarrollo en plantas de maíz gracias a que es capaz de fijar nitrógeno (Rodríguez-Hernández et al., 2020). Mediante sus mecanismos (directos e indirectos), se encarga promover el crecimiento de las plantas, por estos motivos ha sido utilizada ampliamente en el sector agrícola (Zhang, 2016). Se ha demostrado ampliamente que su uso ha impactado de manera positiva ya que actúa como promotora de crecimiento vegetal e inhibe agentes patógenos en las plantas (Köberl et al., 2015).

Tabla 4. Promedios de los efectos de fertilizantes en las variables de rendimiento.

Fertilizantes	RFS
	t ha ⁻¹
BA	27.80a
BA+Q	29.55a
Q	26.60a
E	27.21a
BC	29.46a
T	22.69a
DMS	10.852

Valores con las mismas letras dentro de columnas son estadísticamente iguales (Tukey $\alpha=0.05$).

Values with the same letters within columns are statistically equal (Tukey $\alpha=0.05$).

Los biofertilizantes formulados a base de microorganismos nativos muestran mayor efectividad al aplicarlos en campo, debido a las condiciones edáficas que presenta cada región. Además, se recomienda la utilización de biofertilizantes como complemento a la fertilización química, esto con la intención de la posible sustitución a largo o mediano plazo de los compuestos sintéticos, tomando en cuenta factores como el suelo y el cultivo (Armenta-Bojórquez et al., 2010).

Parte de la agricultura sustentable radica en la implementación de microorganismos benéficos como biofertilizantes aplicados a los cultivos, ya que minimiza los daños causados por la fertilización convencional, con la finalidad de adoptar medidas conservacionistas (Lira-Saldivar et al., 2013; Hernández-Pérez et al., 2017).

Tabla 5. Promedios de los efectos de genotipos en las variables de rendimiento.

Genotipos	RFS
	t ha ⁻¹
San Lorenzo	23.14b
Galáctico	31.30a
DMS	4.171

Valores con las mismas letras dentro de columnas son estadísticamente iguales (Tukey $\alpha=0.05$).

Values with the same letters within columns are statistically equal (Tukey $\alpha=0.05$).

Variables de calidad

Proteína cruda (PC). En esta variable solamente se obtuvieron diferencias estadísticas significativas entre genotipos ($F=54.61$; $gl=1$; $Pr>F=<.0001$), para los fertilizantes ($F=1.13$; $gl=5$; $Pr>F=0.3736$) y para tratamientos ($F=2.11$; $gl=5$; $Pr>F=0.1027$) no se registraron diferencias significativas. En los genotipos, Galáctico obtuvo mayor porcentaje de PC (8.72) que San Lorenzo (7.51) (Tabla 7). El fertilizante a base de *Bacillus amyloliquefaciens* generó el mayor porcentaje (8.43) que el resto, teniendo al testigo absoluto como el promedio más bajo (Tabla 6).

Tabla 6. Promedios de los efectos de fertilizantes en las variables de calidad.

Fertilizantes	PC	FAD	FND
	-----%-----		
BA	8.43a	26.83a	59.18a
BA+Q	8.27a	28.30a	63.12a
Q	7.99a	27.83a	61.04a
E	8.29a	26.50a	61.29a
BC	8.12a	26.01a	60.96a
T	7.61a	26.68a	60.20a
DMS	0.8827	6.1383	8.6721

Valores con las mismas letras dentro de columnas son estadísticamente iguales (Tukey $\alpha=0.05$).

Values with the same letters within columns are statistically equal (Tukey $\alpha=0.05$).

Rodríguez-Hernández et al. (2020) obtuvieron porcentajes menores de PC en maíz forrajero al emplear como biofertilizantes bacterias aisladas de zacate Johnson y sorgo caracterizadas como *Bacillus amyloliquefaciens* con medias de 7.83 y 7.35% respectivamente. Así mismo, demostraron que esta bacteria posee capacidades promotoras de crecimiento y desarrollo de plantas de maíz gracias a que es capaz de fijar nitrógeno.

Los porcentajes de PC obtenidos se encuentran por debajo de los niveles óptimos (10.33%) según el INIFAP (2006).

Fibra ácido detergente (FAD). No se obtuvo diferencia estadística entre fertilizantes para esta variable donde los porcentajes de FAD fluctuaron de 26.01 a 28.30, sin embargo, entre genotipos si hubo significancia, donde se arrojaron valores de 29.49 y 24.55% de la variedad San Lorenzo y del híbrido Galáctico respectivamente (Tablas 6 y 11.7).

Hernández-Reyes et al. (2019) encontraron porcentajes superiores de FAD en tallos de plantas de maíz donde aplicaron tratamientos con bacterias, los cuales consistieron en un consorcio de cianobacterias, *Azospirillum* y *Nostoc commune* donde obtuvieron 40.08, 27.39 y 32.03% respectivamente.

Los resultados encontrados de esta investigación están dentro de los valores (28-33%) de la media regional de la Comarca Lagunera (INIFAP, 2006).

Fibra neutro detergente (FND). Tanto los efectos de los fertilizantes como los de los genotipos en respuesta a la variable FND no presentaron diferencias estadísticas significativas. Los porcentajes obtenidos en los fertilizantes van desde 59.18 hasta 63.12, y en los genotipos 59.34 (Galáctico) y 62.6 (San Lorenzo) (Tabla 6 y Tabla 7).

Hernández-Reyes et al (2019) inocularon biofertilizantes a semillas de maíz donde reportaron valores superiores en los porcentajes de FND en hojas de plantas de maíz, obteniendo 67.38% y 70.82 con un consorcio de cianobacterias y con *Nostoc commune* respectivamente.

Cabe mencionar que los porcentajes de FND obtenidos superan al rango de valores de la Comarca Lagunera (50-55%) (INIFAP, 2006). La proteína cruda es una variable importante para determinar la calidad del forraje y este contenido depende del potencial genético del híbrido o variedad, y del manejo agronómico (Silva et al., 2005). Tanto la fibra ácido detergente como la neutro detergente son utilizadas para determinar la calidad de los forrajes, también para calcular la ingestión de materia seca, la digestibilidad y el valor energético de los alimentos (Hernández, 2010).

Tabla 7. Promedio de los efectos de los genotipos en las variables de calidad.

Genotipos	PC	FAD	FND
	-----%/-----		
San Lorenzo	7.51b	29.49a	62.60a
Galáctico	8.72a	24.55b	59.34a
DMS	0.3393	2.3594	3.3333

Valores con las mismas letras dentro de columnas son estadísticamente iguales (Tukey $\alpha=0.05$).

Values with the same letters within columns are statistically equal (Tukey $\alpha=0.05$).

CONCLUSIONES

Aunque no se encontraron diferencias significativas entre fertilizantes para la mayoría de las variables, los biofertilizantes respondieron positivamente al generar promedios superiores contra el químico y el testigo absoluto. *Bacillus amyloliquefaciens* con o sin fertilización química, destacó entre los fertilizantes, por lo cual se deduce que se puede reducir al menos la mitad de la fertilización convencional sin afectar el rendimiento forrajero. Se demostró que el uso de biofertilizantes promueve el crecimiento en plantas de maíz, por lo cual los coloca como una alternativa sustentable.

En los materiales genéticos, el híbrido Galáctico mostró mejores medias para la mayoría de las variables con respecto a la variedad San Lorenzo, evidenciando los beneficios de la mejora genética.

La correcta selección de cepas bacterianas nativas para aplicarlas como biofertilizantes podrá garantizar una buena producción forrajera sin provocar daños medioambientales. Para obtener buenos rendimientos agrícolas se sugiere la creación de un protocolo de aplicación de biofertilizantes según el cultivo y la especie bacteriana.

LITERATURA CITADA

- Armenta-Bojórquez, A. D., García-Gutiérrez, C., Camacho-Báez, J. R., Apodaca-Sánchez, M. Á., Gerardo-Montoya, L., & Nava-Pérez, E. (2010). Biofertilizantes en el desarrollo agrícola de México. *Ra Ximhai*, 6(1), 51-56.
- Ávalos de la Cruz, M. A., Figueroa-Viramontes, U., García-Hernández, J. L., Vázquez-Vázquez, C., Gallegos-Robles, M. A., & Orona-Castillo, I. (2018). Bioinoculantes y abonos orgánicos en la producción de maíz forrajero. *Nova scientia*, 10(20), 170-189.
- Ávila-Cisneros, R., Rocha-Valdez J. L., González-Torres, A., Ogaz, A.R., & González-Avalos R. (2018). La fertilización orgánica: Un área de oportunidad sustentable para incrementar los rendimientos físicos y económicos de la producción de alfalfa (*Medicago sativa* L.). *Revista Mexicana de Agronegocios*, vol. 42, pp. 879-890. DOI: 10.22004/ag.econ.275181
- Ayvar-Serna, S., Díaz-Nájera, J. F., Vargas-Hernández, M., Mena-Bahena, A., Tejeda-Reyes, M. A., & Cuevas-Apresa, Z. (2020). Rentabilidad de sistemas de producción de grano y forraje de híbridos de maíz, con fertilización biológica y química en trópico seco. *Terra Latinoamericana*, 38(1), 9-16. DOI: <https://doi.org/10.28940/terra.v38i1.507>
- Castellanos, J. Z., Cano, R. P., García, C. E. M., Olalde, P. V., Preciado, R. P., Ríos, P. J. L., & García, H. J. L. (2017). Hot pepper (*Capsicum annuum* L.) growth, fruit yield, and quality using organic sources of nutrients. *Compost Sci. Util.* 25(1): S70-S77. <https://doi.org/10.1080/1065657X.2017.1362673>.
- Chávez-Díaz, I. F., Zelaya-Molina, L. X., Cruz-Cárdenas, C. I., Rojas-Anaya, E., Ruíz-Ramírez, S., & de los Santos-Villalobos, S. (2020). Consideraciones sobre el uso de biofertilizantes como alternativa agro-biotecnológica sostenible para la seguridad alimentaria en México. *Revista Mexicana De Ciencias Agrícolas*, 11(6), 1423–1436. <https://doi.org/10.29312/remexca.v11i6.2492>.
- Chowdhury, S. P., Dietel, K., Rändler, M., Schmid, M., Junge, H., Borriss, R., ... & Grosch, R. (2013). Effects of *Bacillus amyloliquefaciens* FZB42 on lettuce growth and health under pathogen pressure and its impact on the rhizosphere bacterial community. *Plos one*, 8(7), e68818.
- Figueroa-Viramontes, U., Núñez-Hernández, G., Delgado, J. A., Cueto-Wong, J. A., & Flores-Margez, J. P. (2009). Estimación de la producción de estiércol y de la excreción de nitrógeno, fósforo y potasio por bovino lechero en la Comarca Lagunera. *Agricultura orgánica*, 2, 128-151.
- FIRA - Fideicomisos Instituidos en Relación a la Agricultura (2020). Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura. Sistema de costos agrícolas: resumen de costos. 1-5 pp.
- García, E. (1973). Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana. UNAM. México, DF. 246 p.

- Guzmán-Flores, J. (2018). Fertilizantes químicos y biofertilizantes en México. Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria. Boletines Cámara de Diputados, vol. 37. Palacio Legislativo de San Lázaro, México.
- Hernández, G. S. (2010). Importancia de la fibra en la alimentación de los bovinos. Tesis de Licenciatura (Medicina Veterinaria y Zootecnia). Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Mich. México. 55p.
- Hernández-Pérez, A., Valdés-Aguilar, L. A., Cárdenas-Flores, A., Ibarra-Jiménez, L., Méndez-Arguello, B., Vera-Reyes, I., & Lira-Saldivar, R. H. (2017). Photosynthesis, growth and yield of *Solanum lycopersicum* as influenced by the use of microbial biofertilizers. *Agrochimica* 61 (2): 95-109. <https://doi.org/10.12871/0021857201713>.
- Hernández-Reyes, B. M., Rodríguez-Palacio, M. C., Castilla-Hernández, P., Sánchez-Robles, J., Vela-Correa, G., & Schettino-Bermúdez, B. (2019). Uso potencial de cianobacterias como biofertilizante para el cultivo de maíz azul en la Ciudad de México. *Revista latinoamericana de biotecnología ambiental y algal*, 10(1), 13-27.
- INIFAP - Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. (2006). Maíz forrajero de alto rendimiento y calidad nutricional. Libro Técnico. Ed. INIFAP. Torreón, Coah., México.
- Köberl, M., White, R. A. III, Erschena, S., Spanberger, N., El-Arabi, T. F., Jansson, J. K., & Ber, G. (2015). Complete genome sequence of *Bacillus amyloliquefaciens* strain Co1-6, a plant growth-promoting rhizobacterium of *Calendula officinalis*. *Genome Announc* 3(4): e00862-15.
- Kumar, A., Bahadur, I., Maurya, B. R., Raghuwanshi, R., Meena, V. S., Singh, D. K., & Dixit, J. (2015). Does a plant growth-promoting rhizobacteria enhance agricultural sustainability? *J. Pure Appl. Microbiol.* 9(1):715-724.
- Kumar, S., Diksha, Sindhu, S. S., & Kumar, R. (2021). Biofertilizers: An ecofriendly technology for nutrient recycling and environmental sustainability. *Current research in microbial sciences*, 3, 100094. <https://doi.org/10.1016/j.crmicr.2021.100094>
- Lira-Saldivar, R. H., Tucuch-Pérez, M. A., López-López, D., & Borjas-Banda, C. L. (2013). Respuesta del chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) a la biofertilización y acolchado plástico en producción orgánica. *Agricultura Sostenible*. 9: 538-552.
- López-Calderón, M. J., Figueroa-Viramontes, U., Fortis-Hernández, M., Núñez-Hernández, G., Ochoa-Martínez, E., & Sánchez-Duarte, J. I. (2015). Evaluación de dosis equivalentes de fertilizante y estiércol en la producción de maíz forrajero (*Zea mays*). *Phyton* (Buenos Aires), 84(1), 8-13.
- Luo, L., Zhao, C., Wang, E., Raza, A., & Yin, C. (2022). *Bacillus amyloliquefaciens* as an excellent agent for biofertilizer and biocontrol in agriculture: An overview for its mechanisms. *Microbiological Research*, 259, 127016.
- Mandal, A., Sarkar, B., Mandal, S., Vithanage, M., Patra, A. K., & Manna, M. C. (2020). Impact of agrochemicals on soil health. In: agrochemicals detection, treatment and remediation. (Ed.). Kuhl,

- M. and Butterworth-Hinemann, L. (Ed.). Oxford. 161-187. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-103017-2.00007-6>.
- Martínez-Reyes, L., Aguilar-Jiménez, C. E., Carcaño-Montiel, M. G., Galdámez-Galdámez, J., Gutiérrez-Martínez, A., Morales-Cabrera, J. A., ... & Gómez-Padilla, E. (2018). Biofertilización y fertilización química en maíz (*Zea mays* L.) en Villaflores, Chiapas, México. *Siembra*, 5(1), 26-37.
- Moreno-Reséndez, A., Carda-Mendoza, V., Reyes-Carrillo, J. L., Vásquez-Arroyo, J., & Cano-Ríos, P. (2018). Rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal: una alternativa de biofertilización para la agricultura sustentable. *Rev. Colombiana Biotecnol.* 20(1):68-83.
- Nosheen, S., Ajmal, I., & Song, Y. (2021). Microbes as biofertilizers, a potential approach for sustainable crop production. *Sustainability*, 13(4), 1868. pp. 1 – 20
- Qiao, J., Yu, X., Liang, X., Liu, Y., Borriss, R., & Liu, Y. (2017). Addition of plant-growth-promoting *Bacillus subtilis* PTS-394 on tomato rhizosphere has no durable impact on composition of root microbiome. *BMC microbiology*, 17(1), 1-12. <https://doi.org/10.1186/s12866-017-1039-x>
- Rodríguez, A. C., Bonifacio, A., de Araujo, F. F., Junior, M. A. L., & Figueiredo, M. V. B. (2015). *Azospirillum* sp. as a challenge for agriculture. In: Maheshwari, D.K. (Ed.) *Bacterial Metabolites in Sustainable Agroecosystem*. Springer International Publishing, Cham, pp. 29–51. https://doi.org/10.1007/978-3-319-24654-3_2
- Rodríguez-Hernández, M. G., Gallegos-Robles, M. Á., Rodríguez-Sifuentes, L., Fortis-Hernández, M., Luna-Ortega, J. G., & González-Salas, U. (2020). Cepas nativas de *Bacillus* spp. como una alternativa sostenible en el rendimiento de forraje de maíz. *Terra Latinoamericana* 38: 313-321. <https://doi.org/10.28940/terra.v38i2.690>
- SAGARPA- Región Laguna. (2016). La Comarca Lagunera, primer lugar en producción de leche, carne de ave y forrajes. Blog. En línea: <https://www.gob.mx/agricultura%7Cregionlagunera/articulos/la-comarca-lagunera-primer-lugar-en-produccion-de-leche-carne-de-ave-y-forrajes-sagarpa>
- SAS (2004). SAS User's Guide. version 9.1. SAS Institute, Inc., Cary, NC. 4975p
- SIAP - Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (2021). Anuario estadístico de la producción agrícola. En línea: <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>
- Silva, P. R. F., Strieder, M. L., Cosser, R. P. S., Rambo, L., Sangoi, L., Argenta, G., Forsthofer, E. L., & Silva, A. (2005). Grain yield and kernel crude protein content increases of maize hybrids with late nitrogen side-dressing. *Scientia Agric.* 62(5):487-492.
- Sneha, S., Anitha, B., Sahair, R. A., Raghu, N., Gopenath, T. S., Chandrashekrappa, G. K., & Basalingappa, M. K. (2018). Biofertilizer for crop production and soil fertility. *Academia Journal of Agricultural Research*, 6(8), 299-306.
- Zhan, D. (2016). Plant development and reproduction, *Science Bulletin*, 61(11), 825-826. <https://doi.org/10.1007/s11434-016-1099-6>.

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