

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.

CAPÍTULO 10



Uso de Enmiendas Orgánicas en la Agricultura: Una Revisión Sistemática Sobre sus Efectos en el Crecimiento, Rendimiento y Calidad de los Cultivos

Use of Organic Amendments in Agriculture: A Systematic Review of Their Effects on the Growth, Yield, and Quality of Crops

Recibida em: 20/12/2025

Aprobado em: 04/02/2026

 10.46420/9786585756747cap10

Oscar Sariñana-Aldaco¹ 

Carmen A. Ayala-Contreras¹ 

Mariana I. Garcia-Terrazas² 

Ignacio Orona-Castillo³ 

Sergio A. Ortíz-Díaz⁴ 

Pablo Preciado-Rangel^{4‡} 



¹ Programa Posdoctoral CONAHCYT, Departamento de Horticultura, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

² Departamento de Horticultura, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

³ Universidad Juárez del Estado de Durango, Venecia, Durango,

⁴ Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Torreón.

‡Autor para correspondencia: ppreciador@yahoo.com.mx

RESUMEN

La incorporación de materiales orgánicos en la agricultura son prácticas de manejo llevadas a cabo por los productores para disminuir o hacer más eficiente el uso de fertilizantes inorgánicos en los sistemas productivos. Las enmiendas orgánicas (EO) se utilizan para mejorar las características físicas, químicas y biológicas del suelo, aportar nutrientes esenciales a las plantas, mejorar la calidad de los cultivos y en casos específicos mitigar el estrés. Existen diferentes EO, siendo las más utilizadas, las sustancias húmicas, abonos líquidos fermentados, compost y vermicompost, los cuales, tienen el potencial de mejorar el desarrollo de los cultivos. Existe una normativa reguladora que contempla diferentes tipos de EO, la cual, se basa en el tipo de materia prima que se utiliza para su elaboración, donde se exigen contenidos mínimos de materia orgánica (MO) total. Las EO al tener la capacidad de mejorar las características del suelo y mejorar la calidad de los productos cosechados, y que su uso se siga practicando, influirán en la disminución del uso de químicos sintéticos, favoreciendo así a una agricultura sostenible. El objetivo de este trabajo de revisión es presentar las principales aplicaciones de las EO en la agricultura y los alcances que se pueden tener el futuro.

Palabras clave: Agricultura orgánica, bioestimulantes, actividad microbiana, calidad nutracéutica.

SUMMARY

The incorporation of organic materials in agriculture are management practices carried out by producers to reduce or make more efficient the use of inorganic fertilizers in production systems. Organic amendments (OA) are used to improve the physical, chemical and biological characteristics of the soil, provide essential nutrients to plants, improve the quality of crops and in specific cases mitigate stress. There are different OAs, the most used being humic substances, fermented liquid fertilizers, compost, and vermicompost, which have the potential to improve crop development. There is a regulation that contemplates different types of OA, which is based on the type of raw material used for its production, where minimum contents of total organic matter (OM) are required. By having the capacity to improve the characteristics of the soil and improve the quality of the harvested products, EOs, and that their use continues to be practiced, will influence the decrease in the use of synthetic chemicals, thus favoring sustainable agriculture. The objective of this review work is to present the main applications of OA in agriculture and the scope that may be achieved in the future.

Index words: Organic agriculture, biostimulants, microbial activity, nutraceutical quality.

INTRODUCCIÓN

Las enmiendas orgánicas (EO) normalmente se usan en la agricultura por su capacidad de mejorar la fertilidad del suelo, donde su influencia siempre ha quedado demostrada (Rojas-Espinoza et al., 2023). La alta disponibilidad de fertilizantes químicos y plaguicidas que se desencadenó por la revolución verde ocasionó que se dejaran de lado los fertilizantes orgánicos, centrándose en utilizar los químicos sintéticos, los cuales, son altamente eficaces (González-Salas et al., 2021). La pequeña cantidad de materia orgánica (MO) que se ha aportado al suelo en las últimas décadas ha ocasionado una serie de problemas que se reflejan en las bajas producciones de los cultivos (Navarro-Pedreño et al., 2021).

En la actualidad, existe un amplio interés en regresar al uso de las EO, esto por los problemas ambientales que se han provocado por el uso indiscriminado de productos químicos. Hoy en día, se encuentran disponibles una amplia gama de EO, tales como: sustancias húmicas, abonos líquidos fermentados, compost y vermicompost. Dichas enmiendas han sido estudiadas para uso en la agricultura, las cuales, ayudan a mejorar ciertos parámetros del suelo y cultivos (Abbott et al., 2018). La aplicación de EO ha demostrado tener efectos benéficos sobre la calidad y producción de cultivos (Santiago-López et al., 2016; Reyes-Pérez et al., 2017), los cuales, están relacionados con la mejora de la estructura del suelo, con la mayor capacidad de retención de humedad, capacidad de intercambio catiónico (CIC), disponibilidad de nutrientes y mayor actividad microbiana (Goldan et al., 2023). Aunado a esto, algunas EO tienen la característica de actuar como bioestimulantes al ayudar a las plantas a mitigar el estrés biótico y abiótico (Abdel-Monaim et al., 2012; Rekaby et al., 2020).

Las fuentes de material para producir EO incluyen desechos compostados y no compostados de origen vegetal y animal (Adediran et al., 2003; Chen et al., 2017). También se utilizan organismos como las lombrices, para hacer más eficiente el compostaje de los desechos utilizados (Katiyar et al., 2023). Las EO de origen animal, son de las más utilizadas en la agricultura y es posible encontrarlas en diferentes formas: en estado fresco, estabilizado y compostado (Ormeño; Ovalle, 2007; Peng et al., 2015). Cuando se encuentran en estado fresco, su uso no es recomendado, dado que contiene altas concentraciones de amoníaco, el cual, por reacciones simples pasa a amonio, y altas concentraciones de este ion afectan el desarrollo de las plantas (Pinos-Rodríguez et al., 2012), aunado a esto, contienen cantidades considerables de nitrógeno orgánico que es necesario que se mineralice para ser asimilado por las plantas (Nieto-Garibay et al., 2010). Una enmienda estabilizada aporta mayor cantidad de nutrientes que la enmienda fresca, debido a su etapa avanzada de transformación (Nieto-Garibay et al., 2010). Cuando estas enmiendas de origen animal se encuentran compostadas tienen una excelente calidad, ya que, se llegó a una mineralización completa de la MO (Melo-Araújo et al., 2020), por lo cual, los nutrientes minerales están disponibles para las plantas.

El uso de EO tiene un efecto positivo sobre la salud del suelo y los cultivos, por lo tanto, el impacto sobre el ambiente es benéfico. Por lo anterior, el objetivo de esta revisión es presentar las diferentes aplicaciones de las EO en la agricultura, tomando en cuenta, métodos de aplicación,

condiciones ambientales, sistemas de producción y principalmente su función sobre los cultivos y suelo agrícola.

AGRICULTURA ORGÁNICA

La agricultura orgánica (AO) como practica que permite la garantía al consumidor de un producto sano va en aumento, donde su principal característica está basada en la utilización adecuada de los recursos, empleando insumos de origen natural para cubrir ciertos requerimientos nutricionales y controlar plagas y enfermedades en los cultivos (Nieto-Garibay et al., 2010). Los insumos que particularmente se utilizan en la AO son enmiendas y biofertilizantes orgánicos, dichos insumos están libres de agroquímicos (Bamdad et al., 2021). Todos estos productos se caracterizan por aportar bajas cantidades de nutrientes y les es imposible cubrir las necesidades completas de los cultivos (Timsina, 2018), por lo cual, su uso se hace más eficiente cuando se utilizan con los químicos sintéticos. El supuesto mayor valor nutricional de los productos orgánicos en comparación con los productos convencionales no ha sido bien definido en términos de procesos fisiológicos (Orsini et al., 2016).

Diferentes investigaciones argumentan que es muy común encontrar menores rendimientos en la AO, y esto, probablemente se deba a determinantes genéticas de variedades específicas utilizadas y a exposición a tensiones bióticas y abióticas, las cuales, no se pueden controlar tan fácil como en los sistemas convencionales (Orsini et al., 2016; Timsina, 2018). Como resultado de estos estreses, los cultivos acumulan metabolitos que tienen una función muy específica en el sistema de defensa de las plantas, y aunado a esto, también tienen funciones antioxidantes en la salud humana (Orsini et al., 2016). Si se pretende que la AO alcance resultados similares a los de la agricultura convencional, se necesitarían más tierras para producir la misma cantidad de alimento, lo que, resultaría en deforestaciones, por lo cual, no existirían beneficios ambientales (Seufert et al., 2012).

Lo anterior descrito nos habla del principal beneficio de la AO, que se basa comúnmente en obtener producciones relativamente bajas en comparación con la agricultura convencional, pero los productos están libres de residuos químicos y su calidad nutracéutica es mayor. Cuando se aplican las EO en conjunto con los fertilizantes sintéticos se tiende a potencializar el efecto de ambas enmiendas y se aumenta el rendimiento de los cultivos y es recomendable, ya que, se hace un uso eficiente de los recursos.

ENMIENDAS ORGÁNICAS

El uso de EO es una práctica muy común debido a las características que tienen de mejorar la productividad de los cultivos, la salud del suelo y algunas en específico en regular la expresión de genes sensibles al estrés (El-Dakak et al., 2021; Goldan et al., 2023), como se muestra en la Figura 1. Las EO más utilizadas en la agricultura son las sustancias húmicas, abonos líquidos fermentados, compost y vermicompost, las cuales, aportan valiosos nutrientes al suelo. Sin embargo, Urrea et al. (2019) mencionan que el uso de algunas EO implica un riesgo para el medio ambiente y la salud humana, ya que, algunas

enmiendas contienen contaminantes, incluidos metales pesados, contaminantes orgánicos persistentes y patógenos. Por lo anterior dicho, es importante considerar que EO se utilizara, y si se va a preparar, que tipo de material utilizar.

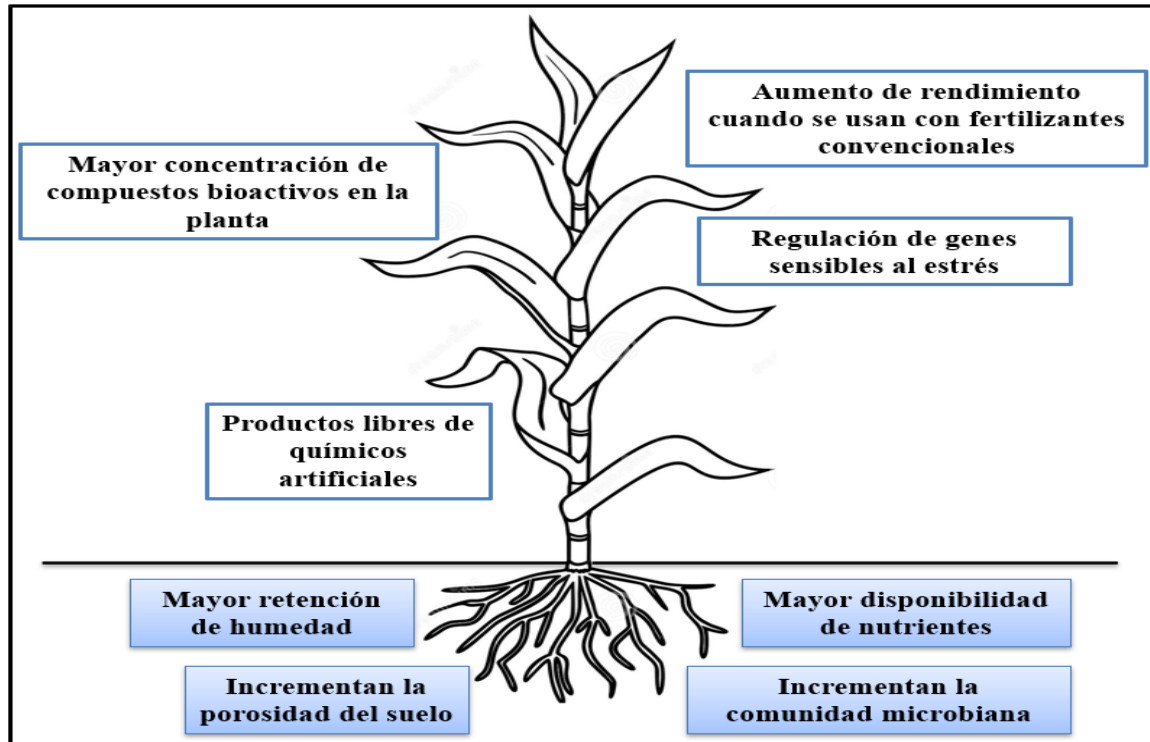


Figura 1. Efecto de las EO sobre los cultivos y suelo agrícola.

SUSTANCIAS HÚMICAS

Stankevica et al. (2019) indican que el término sustancia húmica (SH) se refiere a una categoría de las sustancias orgánicas de origen natural, dichas sustancias crean la MO más extendida que se encuentra en sedimentos, suelos y aguas. Las SH son la fracción de MO humificada de los suelos y desempeñan un papel importante en ciertas funciones del suelo y de las plantas (Pazhanisamy et al., 2019). La leonardita, un tipo de MO, es la sustancia que mayormente se utiliza para la producción de SH a nivel industrial (Conselvan et al., 2017). La actividad biológica de estas EO ha sido demostrada en los últimos años, por la mejora de las características físico-químicas del suelo y por la mejora del rendimiento y calidad de los cultivos (Roulia, 2024). Las SH en la actualidad son consideradas bioestimulantes (du Jardín, 2015). Estas sustancias comprenden tres grupos, los ácidos húmicos, ácidos fúlvicos y huminas, siendo los dos primeros los más utilizados en la agricultura, ya que, las huminas son insolubles.

Uso de las SH en la producción agrícola

Las SH son reconocidas por los efectos que provocan sobre el suelo, donde se sabe que el poder bioestimulante radica en la mejora de la actividad microbiana y a la estimulación del crecimiento de las raíces (Roulia, 2024). Esto se traduce en una mejora de la nutrición, por la mayor disponibilidad de

nutrientes minerales (De Pascale et al., 2017). Li et al. (2019) encontraron que con la aplicación de ácido húmico al suelo en el cultivo de cacahuete se incrementó el rendimiento y calidad, esto posiblemente por la acción del ácido húmico que mejoró la disponibilidad de N, P y K, el contenido de MO, aumentó la cantidad de hongos benéficos y las actividades enzimáticas de la ureasa, sacarasa y fosfatasa del suelo.

Otro efecto positivo que se le atribuye a las SH es el incremento de la capacidad de retención de humedad y de la CIC, no obstante, cuentan con un poder quelante, al formar complejos principalmente con micronutrientes, lo que permite que no se pierdan por la lixiviación y estén siempre disponibles para las plantas (De Pascale et al., 2017). Zanin et al. (2019) mencionan que las SH son capaces de construir depósitos principalmente de Fe, formándose un complejo SH-Fe, el cual, está directamente disponible para las plantas. También mencionan que las SH promueven mecanismos fisiológicos implicados en la adquisición de Fe actuando a nivel transcripcional y postranscripcional.

Las SH también tienen efectos benéficos sobre el estrés, como lo muestran Sánchez-Sánchez et al. (2006) quienes probaron la adición al suelo de SH para mejorar la nutrición de Fe y disminuir el efecto de la salinidad en el cultivo de vid, sus resultados muestran que con el uso de las SH se mejoró la absorción de Fe y P y se logró una disminución de los niveles de Na. Abdellatif et al. (2017) estudiaron el efecto del ácido húmico aplicado al suelo sobre el crecimiento y productividad de tomate bajo estrés por calor, sus resultados indican un aumento en el crecimiento y rendimiento del cultivo. Aydin et al. (2012) investigaron el efecto de diferentes suministros de ácidos húmicos al suelo (0.05 y 0.1% p/p) en el cultivo de frijol, el cual, fue sometido a estrés con ocho fuentes de sal (NaCl, Na₂SO₄, CaCl₂, CaSO₄, KCl, K₂SO₄, MgCl₂ y MgSO₄) a dosis de 0, 30, 60 y 120 mM, sus resultados indican que con las dosis más altas de sal; 120 mM de NaCl, CaCl₂, KCl y MgCl sin la aplicación de ácido húmico causó la muerte de las plantas, pero no se obtuvo la muerte cuando se aplicó el ácido en sus dos concentraciones. Las plantas también mostraron una mayor acumulación de prolina a medida que se incrementaba la sal y el ácido húmico, lo que nos indica que dicho aminoácido se acumuló para darle mayor tolerancia a las plantas ante el estrés, esto por la función de osmolito que tiene (Mansour; Ali, 2017). Este estudio demuestra la efectividad de las SH para mejorar la tolerancia de los cultivos ante el estrés.

Las SH cumplen funciones de basta importancia sobre el metabolismo y fisiología de las plantas, pero los mecanismos solo se conocen parcialmente (Roulia, 2024). Existen diferentes investigaciones que demuestran que la SH inducen en las plantas la formación de raíces, mejoran la eficiencia del uso de nutrientes, ayudando a la asimilación de macro y microelementos, lo que, incrementa el rendimiento (Nardi et al., 2017).

Dichas sustancias también tienen la característica de activar el metabolismo secundario de las plantas, incrementando de esta manera la síntesis de compuestos bioactivos (Martínez-De La Cruz et al., 2022). Como lo muestran Aminifard et al. (2012) quienes evaluaron la aplicación de ácido fúlvico sobre la calidad nutracéutica del pimiento, dicho ácido se aplicó directamente a la zona radicular de la planta en dosis crecientes (25, 100, 175 y 250 mg kg⁻¹), y sus resultados muestran que con la dosis de 25 mg kg⁻¹ se

logró un aumento en la capacidad antioxidante, compuestos fenólicos totales, carbohidratos, capsaicina, licopeno y beta-caroteno, lo que, demuestra que el ácido fúlvico tiene un efecto elicitor que le permite elevar la síntesis de antioxidantes (Pereira et al., 2019).

Existen estudios que demuestran que las SH pueden ser absorbidas por medio de las semillas y los diferentes órganos de las plantas, lo que, favorece en la germinación y el desarrollo en general de las plantas como lo muestran Poomani et al. (2023), quienes evaluaron el cebado de semillas de lenteja bajo estrés por calor y muestran en sus resultados aumentos en el porcentaje de germinación de la semilla, vigor de la plántula, pigmentos fotosintéticos, prolina, compuestos fenólicos, azúcares y mejor actividad de enzimas como la superóxido dismutasa, catalasa y peroxidasa. El uso de SH aplicadas foliarmente también ha demostrado tener efectos positivos sobre el rendimiento y la mayor acumulación de compuestos bioactivos en cultivos agrícolas, como vitaminas, carotenoides, azúcares y compuestos fenólicos (Chah-Nasir et al., 2023). En la Tabla 1 se muestran otras investigaciones realizadas usando SH.

Tabla 1. Efectos de las SH sobre la producción agrícola.

Cultivo	SH	Forma de aplicación	Efecto	Referencia
<i>Vaccinium corymbosum</i> L.	Ácido húmico	Suelo	Mayor peso y calidad de la fruta (azúcares y ácido ascórbico) y aumento en la diversidad de comunidades microbianas benéficas en el suelo con dosis de 1,400 g planta ⁻¹ .	Ren et al. (2022)
<i>Fragaria xananassa</i>	Ácido fúlvico	Suelo	Aumento del rendimiento, firmeza y ácido ascórbico a dosis de 3 mL L ⁻¹ .	Martínez-De La Cruz et al. (2022)
<i>Solanum lycopersicum</i> L.	Ácido húmico	Foliar y suelo	Incremento del rendimiento y sus componentes, contenido de ácido ascórbico y azúcares en los frutos a dosis de 20 mL L ⁻¹ .	Yildirim, (2007)
<i>Zea mays</i> L.	Sustancias húmicas	Suelo	Aumento de peso seco, absorción de Mg, Mn y Cu en plantas sometidas a estrés por salinidad con todas las dosis evaluadas de SH (1 y 2 g kg ⁻¹).	Turan et al. (2011)
<i>Brassica oleracea</i> L.	Ácido húmico	Suelo	Dosis de 200 y 500 kg ha ⁻¹ aumentaron el rendimiento. En cuanto al contenido iónico de la solución del suelo y el cultivo, no se modificó.	Canales-Almendares et al. (2024)

Cultivo	SH	Forma de aplicación	Efecto	Referencia
<i>Cucumis sativus</i> L.	Ácido húmico	Foliar y suelo	Con dosis de 20 mL L ⁻¹ vía foliar se indujo una mayor concentración de compuestos antioxidantes hidrofílicos y lipofílicos en los frutos en comparación con la aplicación al suelo y el control.	Karakurt et al. (2015)
<i>Lactuca sativa</i> L.	Ácido fúlvico	Foliar	Dosis de 0.5 g L ⁻¹ causaron incrementos del rendimiento, clorofilas y reducción de peroxidación lipídica en plantas estresadas con Cd. Aunado a esto, existió una reducción del contenido de Cd en el tejido vegetal y mayor absorción y translocación de Fe, Zn y Mn.	Wang et al. (2019)
<i>Allium cepa</i> L.	Ácido fúlvico	Suelo	Incremento de rendimiento, compuestos fenólicos, ácido ascórbico, proteínas y capacidad antioxidante a dosis de 3 y 6 g L ⁻¹ .	Mahmoud et al. (2019)
<i>Solanum tuberosum</i> L.	Sustancias húmicas	Suelo	El uso de SH a dosis de 1.25 mL maceta ⁻¹ mejoró el crecimiento de la planta, el rendimiento de los tubérculos y la acumulación de macronutrientes.	Martins et al. (2020)
<i>Capsicum annuum</i> L.	Ácido húmico	Foliar	La aplicación de la SH a 50 g L ⁻¹ mejoró la altura de la planta, diámetro del tallo, número de frutos planta ⁻¹ y el rendimiento total.	Jan et al. (2020)

*Nota. Sustancias húmicas = Ácido húmico y fúlvico.

ABONOS LÍQUIDOS FERMENTADOS

Los abonos líquidos fermentados (ALF) hacen referencia a productos producidos a partir de residuos agropecuarios (estiércoles y desechos vegetales) e industriales, los cuales, son cada vez más populares (Phibunwatthanawong; Riddech, 2019). Estas EO se producen por fermentación anaerobia utilizando los desechos como fuente de carbono (Hernández-Chontal et al., 2019; Yong-Hong et al., 2020). En dicho proceso los microorganismos que pueden ser agregados o los presentes en los desechos,

normalmente de los estiércoles, tienen un rol importante en la degradación de los residuos utilizados (Madusari, 2019; Phibunwatthanawong; Riddech, 2019). Estas enmiendas son ricas en microorganismos benéficos, ácidos orgánicos, fitohormonas de crecimiento y nutrientes esenciales (Hernández-Chontal et al., 2019; Phibunwatthanawong; Riddech, 2019). Existen diferentes manuales y artículos que describen los procedimientos de cómo preparar y aplicar este tipo de enmiendas (Pacheco-Rodriguez; Uribe, 2006; Pomboza-Tamaquiza et al., 2016; Madusari, 2019; Phibunwatthanawong; Riddech, 2019; Ramesh et al., 2020).

Uso de los ALF en la Producción Agrícola

Los ALF que se utilizan en la AO pueden causar la mejora de las condiciones del suelo y la promoción del crecimiento de los cultivos; sin embargo, estos beneficios pueden variar según los métodos de fabricación de la enmienda (Jang; Kuk, 2020). Balraj et al. (2014) utilizaron un ALF de desechos de pescado sobre el crecimiento de berenjena, el abono se aplicó directamente al suelo, el cual, bajo el pH del mismo, mejoró la CIC, la concentración de MO y la disponibilidad de N, P y K. Estas mejoras de las condiciones del suelo causaron efectos benéficos de los rasgos de crecimiento, histológicos y mayor acumulación de fotoasimilados en los frutos de berenjena.

El uso de estas enmiendas también se traduce en mejoras de la promoción de germinación y aumento del contenido de nutrientes en los cultivos, lo que, se refleja en incrementos de producción (Moh et al., 2018; Jang; Kuk, 2020). Moh et al. (2018) encontraron que con aplicaciones de ALF de algas marinas en semillas y foliares en plantas de espinaca japonesa se incrementó el porcentaje de germinación de la semilla, absorción de nutrimentos (N, Ca, Mg y I) y la concentración de clorofilas en las plantas. Estos resultados son producto de la liberación de diferentes compuestos bioactivos que contienen las algas (vitaminas, compuestos fenólicos, carotenoides, fitohormonas y minerales), y a las condiciones de fermentación a las que fueron sometidas (Sariñana-Aldaco et al., 2022, 2021).

Otro efecto que tiene la aplicación de estas enmiendas es que son capaces de mitigar el estrés en los cultivos, como lo indican Pangnakorn et al. (2010) quienes evaluaron el efecto de la aplicación de un ALF de desechos vegetales y vinagre de madera, dichas aplicaciones se realizaron foliarmente en el cultivo de soja, y sus resultados mostraron que el uso de la enmienda mejoró el rendimiento y disminuyó la incidencia de insectos plaga en el cultivo. Estos resultados son producto de los compuestos de interés presentes en los desechos vegetales y por la acción de repelente que ejerce el vinagre sobre las plagas (Rahmat et al., 2014; Hernández-Chontal et al., 2019; Phibunwatthanawong; Riddech, 2019).

Como se mencionó con anterioridad los ALF son preparados con diferentes materiales, como lo indican Kwon et al. (2010) quienes evaluaron un ALF de estiércol porcino sobre el desarrollo y rendimiento de arroz. Sus resultados muestran que con la aplicación de la enmienda se incrementó la altura y rendimiento del cultivo, en comparación con el tratamiento control. De igual manera Mamani-Reynoso (2020) investigó la respuesta de la aplicación de un ALF elaborado a partir de estiércol bovino

sobre el rendimiento de ecotipos de cañahua, y sus resultados reflejaron un efecto favorable sobre el rendimiento y sus componentes. Cano-Hernández et al. (2016) caracterizaron dos ALF de excretas bovinas y porcinas, sus resultados muestran que ambas enmiendas contienen concentraciones considerables de nutrientes esenciales, lo que, permite su utilización en cultivos agrícolas.

El uso de ALF resulta ser una alternativa para minimizar el uso de agroquímicos y mejorar las condiciones del suelo y la productividad de los cultivos, sin embargo, es necesario estandarizar un método que permita producir este tipo de enmiendas con mayores cualidades (Jang; Kuk, 2020), ya que, es posible encontrar resultados tanto positivos como negativos, como lo indican Phibunwatthanawong y Riddech (2019) quienes evaluaron el efecto de diferentes fórmulas de ALF en lechuga a partir de desperdicios de destilería y hojas de caña de azúcar, donde sus resultados mostraron que algunas fórmulas ocasionaron respuestas positivas y negativas en variables de crecimiento y pigmentos fotosintéticos. En la Tabla 2 se muestran otras investigaciones realizadas usando ALF.

Tabla 2. Efectos de los abonos líquidos fermentados sobre la producción agrícola.

Cultivo	Forma de aplicación	Efecto	Referencia
<i>Ocimum basilicum</i> L.	Foliar	El uso del ALF de alfalfa aumentó la concentración de pigmentos, la longitud y biomasa del tallo y raíz y el área foliar a dosis de 0.5, 1 y 2.5%.	Kisvarga et al. (2020)
<i>Lactuca sativa</i> L.	Semilla	El uso de ALF a base de estiércol ovino a dosis altas de 10 y 100% inhibieron la germinación de las semillas y dosis bajas de 0.01 y 0.1% mejoraron el porcentaje.	Medina et al. (2015)
<i>Capsicum annuum</i> L.	Fuente de nutrientes	La sustitución de la solución nutritiva por orina humana fermentada a conductividad eléctrica de 1 dS m ⁻¹ incrementó variables de crecimiento y concentración de N en las plántulas.	Preciado-Rangel et al. (2015)
<i>Lactuca sativa</i> L.	Foliar	El uso de ALF a base de estiércol bovino a dosis de 6% contribuyó al mayor diámetro del cogollo, mayor peso del cogollo y rendimiento del cultivo.	Pomboza-Tamaquiza et al. (2016)
<i>Hordeum vulgare</i> L.	Foliar	El ALF de origen bovino al 50% incrementó la altura, el rendimiento y el contenido de proteína cruda.	Tambo-Laime et al. (2016)
<i>Solanum tuberosum</i> L.	Suelo	La aplicación de ALF a base de orina (3 L m ⁻²) humana aumentó el porcentaje de germinación de la	Condori-Guarachi et al. (2018)

semilla, altura de la planta y el rendimiento del cultivo.

<i>Lactuca sativa</i> L.	Suelo	Incremento de crecimiento, rendimiento y concentración de clorofilas y carotenoides a dosis de 10%.	Cotrina-Cabello et al. (2020)
--------------------------	-------	---	-------------------------------

COMPOST

El compost o compostaje hace referencia al proceso de biodegradación de residuos orgánicos por medio de organismos del suelo en condiciones aeróbicas (Pérez-San Martín *et al.*, 2023). Consiste simplemente en la transformación de los residuos en productos ricos en nutrientes minerales y fitohormonas (Goldan et al., 2023). El compost como MO estabilizada es utilizado para la recuperación de suelos degradados, mejorando su fertilidad y aumentando así el desarrollo y calidad de los cultivos (Adugna, 2016; Pergola et al., 2018).

El uso de estas enmiendas puede causar diferentes respuestas en los cultivos, lo cual, depende del material con que se produzca. Otro beneficio que trae el uso de estas enmiendas es la reducción del uso de agroquímicos (fertilizantes y plaguicidas), lo que resulta en la disminución de costos de producción y el impacto ambiental es nulo (Pergola et al., 2018). Normalmente se utilizan estiércoles (bovinos, caprinos, porcinos y equinos) y residuos de vegetales para ser compostados. Existen diferentes tecnologías de compostaje, algunas de ellas son descritas por Pergola et al. (2018).

Uso del Compost en la Producción Agrícola

El uso de estas enmiendas en la agricultura es muy conocido por la acción que ejerce sobre las características del suelo y la mejora de parámetros de crecimiento y calidad de los cultivos. Estas enmiendas aumentan el porcentaje de MO y la disponibilidad de nutrientes minerales en el suelo, como lo indican Sarwar et al. (2008) quienes evaluaron la aplicación de compost sobre el suelo y la producción del cultivo de arroz bajo condiciones salinas. Sus resultados muestran un aumento del rendimiento y una mayor disponibilidad de N, P, K, Ca y Mg, aunado al aumento de MO del suelo. El uso de compost también mejora la actividad microbiana del suelo, como lo muestran Lu et al. (2015) quienes aplicaron una enmienda compostada al suelo en condiciones salinas. Sus resultados indicaron que la enmienda aumentó la biomasa microbiana y las actividades enzimáticas de la ureasa, fosfatasa e invertasa aumentaron significativamente.

El uso de estas enmiendas también propicia mejoras de las características físico-químicas del suelo. Angelova et al. (2013) investigaron la influencia de compost (10 g kg⁻¹) sobre características químicas de un suelo contaminado con metales pesados. Sus resultados mostraron que los tratamientos tuvieron un efecto significativo en conductividad eléctrica (CE), pH, MO, N, P, K y Mg. En cuanto a los

metales pesados presentes en el suelo, se observó una inmovilización, probablemente causada por las sustancias húmicas presentes en el compost (Burlakovs et al., 2013). Esto indica que dichas enmiendas son aptas para controlar la disponibilidad ambiental de metales pesados en el suelo.

Boutasknit et al. (2020) evaluaron el efecto de compost de origen equino sobre la fertilidad del suelo y productividad del cultivo de ajo, mostrando un aumento de N, P y carbono orgánico total en el suelo. En el cultivo se observó un aumento de biomasa, rendimiento y minerales en los bulbos.

Dentro de los beneficios más promisorios del uso de compost radica uno en especial, que es el que se presenta normalmente en producciones orgánicas, este beneficio es el aumento de la calidad nutracéutica de los productos. Cuando se producen cultivos bajo un régimen meramente dicho de AO los rendimientos son inferiores a los obtenidos en la agricultura convencional, ya que, es complicado aportar las cantidades necesarias que las plantas necesitan para desarrollarse, aunado a esto, es difícil controlar plagas y enfermedades (Orsini et al., 2016; Timsina, 2018). A causa de esto, las plantas se estresan y producen diferentes compuestos bioactivos con poder reductor que les ayudan a reforzar su sistema defensa (Orsini et al., 2016). Como lo mencionan Salas-Pérez et al. (2016) que investigaron el efecto de compost de ganado bovino en diferentes porcentajes sobre el rendimiento y calidad nutracéutica del cultivo de tomate. Sus resultados son consistentes con lo mencionado anteriormente, ya que, los rendimientos fueron inferiores en comparación con el control (solución nutritiva Steiner), en cambio los azúcares, licopeno y la actividad antioxidante fueron en aumento con el uso de las enmiendas.

El uso de estas enmiendas resulta más factible en combinación con enmiendas minerales, ya que, los beneficios son más promisorios, como lo indican Zaragoza-Lira et al. (2011) al evaluar la aplicación de composta a dosis crecientes y una fertilización mineral estándar sobre el nogal pecanero, mostrando incrementos en el rendimiento y calidad de la nuez.

El uso del compost como lo muestran la mayoría de los investigadores confirma que las características físicas, químicas y biológicas del suelo se mejoran de manera satisfactoria. Todos los experimentos realizados con este tipo de enmiendas demuestran las ventajas y desventajas que se pueden obtener, lo cual, depende de varios factores que van desde el tipo de cultivo, condiciones ambientales, sistema de producción y sobre todo el tipo de material con el que se produzca la enmienda. En la Tabla 3 se muestran otras investigaciones realizadas usando compost.

Tabla 3. Efectos del compost sobre la producción agrícola.

Cultivo	Tipo de compost	Efecto	Referencia
<i>Solanum lycopersicum</i> L.	Compost de residuos vegetales	Disminución del rendimiento y aumento de fenoles totales, flavonoides y licopeno del fruto a dosis de 10 t ha ⁻¹ .	Cozzolino et al. (2023)
	Compost de residuos de castaña	Reducción de pigmentos fotosintéticos y aumento de la actividad de la catalasa, ascorbato	Parillo et al. (2017)

Cultivo	Tipo de compost	Efecto	Referencia
<i>Solanum lycopersicum</i> L.		peroxidasa y ascorbato oxidasa con compost al 100%.	
<i>Lactuca sativa</i> L.	Compost de estiércol bovino y residuos de cebolla	Incremento significativo del peso fresco del cultivo a dosis de 6 y 8 kg m ⁻² .	Pellejero et al. (2017)
<i>Solanum lycopersicum</i> L.	Compost comercial	Aumento de fenoles totales y licopeno en los frutos. En cuanto al rendimiento no se modificó, esto con dosis del 20%.	Fortis-Hernández et al. (2018)
<i>Brassica rapa</i> ssp. <i>chinesis</i>	Compost de residuos de café, aronia y lúpulo	El uso de la enmienda al 5 y 10% aumentó la concentración de carotenoides, pero disminuyó la cantidad de glucosinolatos y fenoles totales.	Neugart et al. (2018)
<i>Cucumis sativus</i> L.	Compost de residuos de uva	Aumento del porcentaje de germinación de la semilla y parámetros de crecimiento de las plántulas a dosis del 50%.	Bayoumi et al. (2019)
<i>Moringa oleifera</i> Lam.	Compost comercial	El uso de la enmienda al 50% en combinación con NPK incrementó los azúcares, fenoles totales, flavonoides y la capacidad antioxidante.	Sarwar et al. (2020)
<i>Solanum tuberosum</i> L.	Compost de desechos urbanos	La incorporación de las enmiendas a 23 t ha ⁻¹ disminuyó la producción del cultivo y aumentó el contenido de macro y micronutrientes y metales pesados en el suelo.	Escobedo-Monge et al. (2020)

VERMICOMPOST

El vermicompost o lombricompost hace referencia al mismo proceso del compostaje, que permite biodegradar residuos orgánicos bajo condiciones aerobias y mesófilas por la acción conjunta de lombrices y microorganismos, del cual se obtiene un producto final estabilizado (Villegas-Cornelio; Laines Canepa, 2016; Canales-Almendares et al., 2024). En el proceso se aprovechan las capacidades detritívoras de las lombrices, la acción de sus enzimas digestivas y de la microflora aeróbica y anaeróbica presentes en su intestino (Villegas-Cornelio; Laines Canepa, 2016). Esta tecnología tiene ciertas ventajas sobre el compost, ya que, es más eficaz para reducir el tiempo de descomposición de los residuos

utilizados y así obtener un producto de buena calidad en término de nutrientes a corto plazo (Lim et al., 2015). El vermicompost sirve como un componente importante en el sistema de nutrición de las plantas y de la mejora de las características físicas, químicas y biológicas del suelo (Rojo-Zavala et al., 2023). Aunado a esto, diversos investigadores demuestran que el perfil de nutrientes del vermicompost es superior al del compostaje tradicional (Lim et al., 2015).

Esta enmienda generalmente se procesa a través de la digestión de residuos por medio de lombrices, donde normalmente se utiliza la lombriz roja californiana *Eisenia foetida*, la cual, es considerada la lombriz más eficiente en la degradación de los residuos de acuerdo con diferentes investigaciones (Cervantes-Vázquez et al., 2022). Los efectos benéficos de esta enmienda sobre el rendimiento y calidad de los cultivos son bien conocidos.

Uso de Vermicompost en la Producción Agrícola

Lim et al. (2015) mencionan que el vermicompost a dosis adecuadas mejora la aireación, porosidad, densidad aparente, la retención de agua y la MO, lo que puede causar beneficios sobre el rendimiento de los cultivos. Aunado a esto, también indican que altas dosis afectan el desarrollo de los cultivos, esto por las concentraciones considerables de sales solubles que contiene la enmienda. Demir (2020) examinaron la influencia del vermicompost como acondicionador de suelo para aliviar los efectos adversos del Na, sus resultados muestran que la enmienda a dosis de 5% ocasionó efectos positivos sobre la MO, CIC y la disponibilidad de P, N y K.

El uso de vermicompost al igual que la composta convencional ha mostrado efectos satisfactorios sobre el rendimiento, esto cuando se utiliza en combinación con fertilizantes sintéticos, ya que, no es posible suplementar todos los requerimientos con solo la EO. Mondal et al. (2017) indican que el uso de vermicompost en combinación con fertilización química al 25% en mostaza incrementó el rendimiento y sus componentes, clorofilas, azúcares y prolina. De la misma manera Rodríguez-Dimas et al. (2008) evaluaron dos híbridos de cultivo de tomate bajo diferentes combinaciones de vermicompost, compost y arena de río, más el control con solución nutritiva Steiner, sus resultados muestran que, en el rendimiento, el control superó significativamente a las enmiendas utilizadas.

En cuanto a la calidad nutracéutica es muy común que se incremente con el uso de estas enmiendas, como lo mencionan Sánchez-Hernández et al. (2016) quienes evaluaron el uso de vermicompost en combinación con arena de río, y sus resultados muestran que la combinación de 60% de vermicompost y 40% de arena mejoró la concentración de fenoles totales y la actividad antioxidante en frutos de melón, en comparación con el resto de los tratamientos.

Los beneficios de esta enmienda comparada con el compost convencional de acuerdo con la mayoría de los investigadores son muy similares, ya que, es poco probable que solo usando las enmiendas sin ningún fertilizante sintético se obtengan rendimientos superiores a los de la agricultura convencional.

Por lo cual, es recomendable usar el vermicompost en combinación con fertilizantes sintéticos. En la Tabla 4 se muestran otras investigaciones realizadas usando vermicompost.

Tabla 4. Efectos del vermicompost sobre la producción agrícola.

Cultivo	Tipo de vermicompost	Efecto	Referencia
<i>Rosmarinus officinalis</i> L.	Vermicompost de residuos de tomate	El vermicompost mejoró el enraizamiento de los esquejes a dosis de 25, 50, 75 y 100%.	Mendoza-Hernández et al. (2014)
<i>Solanum lycopersicum</i> L.	Vermicompost de estiércol bovino	Disminución del rendimiento y aumento de licopeno y capacidad antioxidante a dosis de 15 y 20%.	Salas-Pérez et al. (2017)
<i>Cicer arietinum</i> L.	Vermicompost de estiércol bovino	La enmienda al 30% aumentó los pigmentos fotosintéticos, conductancia estomática, tasa de asimilación de CO ₂ , concentración de Ca, K, prolina y proteínas en condiciones de déficit hídrico. La actividad de las enzimas peroxidasa y catalasa disminuyeron.	Hosseinzadeh et al. (2018)
<i>Solanum tuberosum</i> L.	Vermicompost de estiércol bovino	Aumento del diámetro del tubérculo y peso de estos a dosis de 10, 15, 20 y 25 t ha ⁻¹ .	Fahrurrozi et al. (2019)
<i>Olea europaea</i> L.	Vermicompost de estiércol bovino	El uso de la enmienda (5, 10, 20 y 40%) con fertilizantes sintéticos aumentó la actividad de las enzimas deshidrogenasa y fosfatasa alcalina y la actividad microbiana del suelo.	Göçmez et al. (2019)
<i>Oryza sativa</i> L.	Vermicompost de estiércol bovino	El uso de la enmienda en combinación con fertilizantes convencionales incrementó la productividad del cultivo.	Rahman y Barmon (2019)
<i>Cucumis melo</i> L.	Lixiviado de vermicompost de estiércol bovino	Menor rendimiento y mayor concentración de compuestos fenólicos y actividad antioxidante en los frutos con el lixiviado a conductividad eléctrica de 2 dS m ⁻¹ .	García-Villela et al. (2020)

Cultivo	Tipo de vermicompost	Efecto	Referencia
<i>Capsicum annuum</i> L.	Vermicompost de estiércol bovino	Aumento de peso y longitud de fruto, compuestos fenólicos y capacidad antioxidante a dosis del 50%.	Espinosa-Palomeque et al. (2020)
<i>Mentha spicata</i> L.	Vermicompost	Aumento del peso fresco y seco de hoja y raíz a dosis de 4.5 Mg ha ⁻¹ .	Rojo-Zavala et al. (2023)

CONCLUSIONES

Las enmiendas orgánicas son una alternativa viable en la agricultura, por aumentar la materia orgánica del suelo y mejorar su fertilidad; sin embargo, al ser usadas por si solas tienen la característica de reducir el rendimiento en comparación al uso de fertilizantes sintéticos, pero aumentan la calidad nutracéutica. El uso de sustancias húmicas y abonos líquidos fermentados es muy común que se realice como bioestimulantes acompañados de nutrición química por las características que tienen. El uso de compost y vermicompost se realiza con y sin combinación de nutrición química, siendo más eficiente la combinación, ya que, se potencializa la efectividad de las enmiendas y los rendimientos se incrementan sustancialmente, aunado a esto se hace un uso eficiente de los recursos sin comprometer al medio ambiente.

LITERATURA CITADA

- Abbott, L. K., Macdonald, L. M., Wong, M. T. F., Webb, M. J., Jenkins, S. N., & Farrell, M. (2018). Potential roles of biological amendments for profitable grain production -A review. *Agric. Ecosyst. Environ.* 256, 34–50. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.12.021>
- Abdel-Monaim, M. F., Abdel-Gaid, M. A., & El-Morsy, M. E. M. A. (2012). Efficacy of rhizobacteria and humic acid for controlling *Fusarium* wilt disease and improvement of plant growth, quantitative and qualitative parameters in tomato. *J. Plant Pathol.* 01, 39-48.
- Abdellatif, I. M. Y., Abdel-Ati, Y. Y., Abdel-Mageed, Y. T., & Hassan, M. A. M. M. (2017). Effect of Humic Acid on Growth and Productivity of Tomato Plants Under Heat Stress. *J. Hortic. Res.* 25, 59-66. <https://doi.org/10.1515/johr-2017-0022>
- Adediran, J. A., Taiwo, L. B., & Sobulo, R. A. (2003). Effect of Organic Wastes and Method of Composting on Compost Maturity, Nutrient Composition of Compost and Yields of Two Vegetable Crops. *J. Sustain. Agric.* 22, 95–109. https://doi.org/10.1300/J064v22n04_07
- Adugna, G. (2016). A review on impact of compost on soil properties, water use and crop productivity. *Acad. Res. J. Agric. Sci. Res.* 4, 93–104. <https://doi.org/10.14662/ARJASR2016.010>

- Aminifard, M. H., Aroice, H., Nemati, H., Azizi, M., & Jaafar, H. Z. E. (2012). Fulvic acid affects pepper antioxidant activity and fruit quality. *African J. Biotechnol.* 11, 13179–13185. <https://doi.org/10.5897/ajb12.1507>
- Angelova, V. R., Akova, V. I., Artinova, N. S., & Ivanov, K. I. (2013). The effect of organic amendments on soil chemical characteristics. *Bulg. J. Agric. Sci.* 19, 958–971.
- Aydin, A., Kant, C., & Turan, M. (2012). Humic acid application alleviate salinity stress of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) plants decreasing membrane leakage. *African J. Agric. Reseach* 7, 1073–1086. <https://doi.org/10.5897/ajar10.274>
- Balraj, T. H., Palani, S., & Arumugam, G. (2014). Influence of Gunapaselam, a liquid fermented fish waste on the growth characteristics of *Solanum melongena*. *J. Chem. Pharm. Res.* 6, 58–66.
- Bamdad, H., Papari, S., Lazarovits, G., & Berruti, F. (2021). Soil amendments for sustainable agriculture: Microbial organic fertilizers. *Soil Use Manag.* 00, 1–27. <https://doi.org/10.1111/sum.12762>
- Bayoumi, Y. A., El-Henawy, A. S., Abdelaal, K. A. A., & Elhawat, N. (2019). Grape Fruit Waste Compost as a Nursery Substrate Ingredient for High-Quality Cucumber (*Cucumis sativus* L.) Seedlings Production. *Compost Sci. Util.* 27, 205–216. <https://doi.org/10.1080/1065657X.2019.1682086>
- Boutasknit, A., Anli, M., Tahiri, A., Raklami, A., Ait-El-Mokhtar, M., Ben-Laouane, R., Ait-Rahou, Y., Boutaj, H., Oufdou, K., Wahbi, S., El-Modafar, C., & Meddich, A. (2020). Potential Effect of Horse Manure-green Waste and Olive Pomace-green Waste Composts on Physiology and Yield of Garlic (*Allium sativum* L.) and Soil Fertility. *Gesunde Pflanz.* 72, 285–295. <https://doi.org/10.1007/s10343-020-00511-9>
- Burlakovs, J., Kļaviņš, M., Osinska, L., & Purmalis, O. (2013). The Impact of Humic Substances as Remediation Agents to the Speciation Forms of Metals in Soil. *APCBEE Procedia* 5, 192-196. <https://doi.org/10.1016/j.apcbee.2013.05.034>
- Canales-Almendares, J. E., Benavides-Mendoza, A., Ortega-Ortiz, H., Juárez-Maldonado, A., & Francisco-Francisco, N. (2024). Impact of Humic Acids and Chitosan on the Ionic Composition of the Soil Solution and the Nutritional Content of Cabbage (*Brassica oleracea* L.) Under Greenhouse. *Terra Latinoam.* 42, e1785. <https://doi.org/10.28940/terra.v42i0.1785>
- Cano-Hernández, M., Bennet-Eaton, A., Silva-Guerrero, E., Robles-González, S., Sainos-Aguirre, U., & Castorena-García, H. (2016). Caracterización de bioles de la fermentación anaeróbica de excretas bovinas y porcinas. *Agrociencia* 50, 471–479.
- Cervantes-Vázquez, T. J. Á., Preciado-Rangel, P., Fortis-Hernández, M., Valenzuela-García, A. A., García-Hernández, J. L., & Cervantes-Vázquez, M. G. (2022). Efectos en el suelo por la aplicación de estiércol bovino y vermicompost, en el cultivo de sandía (*Citrullus lanatus*). *Terra Latinoam.* 40, e835. <https://doi.org/10.28940/terra.v40i0.835>
- Chah-Nasir, A. S., Jahromi, A. A., Behrooznam, B., Khankahdani, H. H., & Ejraei, A. (2023). Effect of Humic Acid and Amino Acid Foliar Applications on the Growth Characteristics, Yield, and Fruit

- Quality of Tomato (*Solanum lycopersicum* L.). Int. J. Hortic. Sci. Technol. 10, 309–318. <https://doi.org/10.22059/ijhst.2022.325793.477>
- Chen, X., Mao, A., Zhang, Y., Zhang, L., Chang, J., Gao, H., & Thompson, M. L. (2017). Carbon and nitrogen forms in soil organic matter influenced by incorporated wheat and corn residues. Soil Sci. Plant Nutr. 63, 377–387. <https://doi.org/10.1080/00380768.2017.1359797>
- Condori-Guarachi, D., Condori-Mamani, P., & Quispe-Condori, E. (2018). Efecto de aplicación de abono orgánico y fertilizante liquido orina humana fermentada sobre la fertilidad del suelo en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) en el municipio de El Alto. J. Selva Andin. Biosph. 6, 3–10. <https://doi.org/10.36610/j.jsab.2018.060100003>
- Conselman, G. B., Pizzeghello, D., Francioso, O., Di-Foggia, M., Nardi, S., & Carletti, P. (2017). Biostimulant activity of humic substances extracted from leonardites. Plant Soil 420, 119–134. <https://doi.org/10.1007/s11104-017-3373-z>
- Cotrina-Cabello, G. G., Masgo-Sanchez, L. N., Tumbay-Ambrocio, Y. Y., Alejos-Patiño, I. W., Córdova-Mendoza, P., & Patiño-Rivera, A. R. (2020). Efectos del biol y súper biol en la producción agroecológica de la lechuga (*Lactuca sativa*) variedad seda en el centro poblado de Chinchopampa – Chaglla – Pachitea – Huánuco. J. Acad. 3, 17–31. <https://doi.org/10.47058/joa3.2>
- Cozzolino, E., Salluzzo, A., del Piano, L., Tallarita, A. V., Cenvinzo, V., Cuciniello, A., Cerbone, A., Lombardi, P., & Caruso, G. (2023). Effects of the Application of a Plant-Based Compost on Yield and Quality of Industrial Tomato (*Solanum lycopersicum* L.) Grown in Different Soils. Appl. Sci. 13, 8401. <https://doi.org/10.3390/app13148401>
- De Pascale, S., Rouphael, Y., & Colla, G. (2017). Plant biostimulants: Innovative tool for enhancing plant nutrition in organic farming. Eur. J. Hortic. Sci. 82, 277–285. <https://doi.org/10.17660/eJHS.2017/82.6.2>
- Demir, Z. (2020). Alleviation of Adverse Effects of Sodium on Soil Physicochemical Properties by Application of Vermicompost. Compost Sci. Util. 28, 100–116. <https://doi.org/10.1080/1065657X.2020.1789011>
- Du Jardin, P. (2015). Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation. Sci. Hortic. 196, 3–14. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.021>
- El-Dakak, R., El-Aggan, W., Badr, G., Helaly, A., & Tammam, A. (2021). Positive Salt Tolerance Modulation via Vermicompost Regulation of *SOS1* Gene Expression and Antioxidant Homeostasis in *Vicia faba* Plant. Plants 10, 2477. <https://doi.org/10.3390/plants10112477>
- Escobedo-Monge, M. A., Aparicio, S., Escobedo-Monge, M. F., & Marugán-Miguelsanz, J. M. (2020). Long-term effects of the application of urban waste compost and other organic amendments on *Solanum tuberosum* L. Agronomy 10, 1575. <https://doi.org/10.3390/agronomy10101575>
- Espinosa-Palomeque, B., Cano-Ríos, P., Salas-Pérez, L., González-Rodríguez, G., Reyes-González, A., Ayala-Garay, A.V., & Preciado-Rangel, P. (2020). Vermicompost on the production and

- nutraceutical quality of jalapeño pepper fruits (*Capsicum annuum* L.). Terra Latinoam. 38, 795–803. <https://doi.org/10.28940/terra.v38i4.605>
- Fahrurrozi, F., Sari, D. N., Togatorop, E. R., Salamah, U., Muktamar, Z., Setyowati, N., Chozin, M., & Sudjatmiko, S. (2019). Yield performances of potato (*Solanum tuberosum* L.) as amended with liquid organic fertilizer and vermicompost. Int. J. Agric. Technol. 15, 869–878.
- Fortis-Hernández, M., Preciado-Rangel, P., Segura-Castruita, M. A., Mendoza-Tacuba, L., Gallegos-Robles, M. A., García-Hernández, J. L., & Vásquez-Vásquez, C. (2018). Changes in nutraceutical quality of tomato under different organic substrates. Hortic. Bras. 36, 189–194. <https://doi.org/10.1590/s0102-053620180207>
- García-Villela, K. M., Preciado-Rangel, P., Sifuentes-Ibarra, E., Salas-Pérez, L., Núñez-Ramírez, F., & González-Fuentes, J. A. (2020). Ecological nutrient solutions on yield and quality of melon fruits. Terra Latinoam. 38, 39–44. <https://doi.org/10.28940/terra.v38i1.527/709>
- Göçmez, S., Bellitürk, K., Görres, J. H., Turan, H. S., Üstündağ, Ö., Solmaz, Y., & Adiloğlu, A. (2019). The Effects of the Use of Vermicompost in Olive Tree Farming On Microbiological and Biochemical Characteristics of the Production Material. Erwerbs-Obstbau 61, 337–344. <https://doi.org/10.1007/s10341-019-00437-1>
- Goldan, E., Nedeff, V., Barsan, N., Culea, M., Panainte-Lehadus, M., Mosnegutu, E., Tomozei, C., Chitimus, D., & Irimia, O., (2023). Assessment of Manure Compost Used as Soil Amendment-A Review. Processes 11, 1167. <https://doi.org/10.3390/pr11041167>
- González-Salas, U., Gallegos-Robles, M. Á., Preciado-Rangel, P., García-Carrillo, M., Rodríguez-Hernández, M. G., García-Hernández, J. L., & Guzmán-Silos, T. L. (2021). Efecto de fuentes de nutrición orgánicas e inorgánicas mezcladas con biofertilizantes en la producción y calidad de frutos de melón. Terra Latinoam. 39, e904. <https://doi.org/10.28940/terra.V39I0.904>
- Hernández-Chontal, M. A., López-Collado, C. J., Rodríguez-Orozco, N., Velasco-Velasco, J., Linares-Gabriel, A., & López-Romero, G. (2019). Nutrient content of fermented fertilizers and its efficacy in combination with hydrogel in *Zea mays* L. Int. J. Recycl. Org. Waste Agric. 8, 309–315. <https://doi.org/10.1007/s40093-019-0248-8>
- Hernández-Sánchez, D. J., Fortis-Hernández, M., Esparza-Rivera, J. R., Rodríguez-Ortiz, J. C., de la Cruz-Lazaro, E., Sánchez-Chávez, E., & Preciado-Rangel, P. (2016). Empleo de vermicompost en la producción de frutos de melón y su calidad nutrecéutica. Interciencia 41, 213–217.
- Hosseinzadeh, S. R., Amiri, H., & Ismaili, A. (2018). Evaluation of photosynthesis, physiological, and biochemical responses of chickpea (*Cicer arietinum* L. cv. Pirouz) under water deficit stress and use of vermicompost fertilizer. J. Integr. Agric. 17, 2426–2437. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(17\)61874-4](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(17)61874-4)

- Jan, J. A., Nabi, G., Khan, M., Ahmad, S., Shah, P. S., Hussain, S., & Sehrish (2020). Foliar Application of Humic Acid Improves Growth and Yield of Chilli (*Capsicum annum* L.) Varieties. Pakistan J. Agric. Res. 33, 461–472. <https://doi.org/10.17582/journal.pjar/2020/33.3.461.472>
- Jang, S. J., & Kuk, Y. I. (2020). Evaluation on the performance of red pepper (*Capsicum annuum*) and tomato (*Lycopersicon esculentum*) under various fermented liquid fertilizers. Res. Crop. 21, 306–314. <https://doi.org/10.31830/2348-7542.2020.053>
- Karakurt, Y., Ozdamar-Unlu, H., Unlu, H., & Tonguc, M. (2015). Antioxidant compounds and activity in cucumber fruit in response to foliar and soil humic acid application. Eur. J. Hortic. Sci. 80, 76–80. <https://doi.org/10.17660/eJHS.2015/80.2.5>
- Katiyar, R. B., Sundaramurthy, S., Sharma, A. K., Arisutha, S., Pratap-Singh, A., Mishra, S., Ayub, R., Jeon, B. H., & Khan, M. A. (2023). Vermicompost: An Eco-Friendly and Cost-Effective Alternative for Sustainable Agriculture. Sustainability 15, 14701. <https://doi.org/10.3390/su152014701>
- Kisvarga, S., Barna, D., Kovács, S., Csátori, G., Tóth, I. O., Fári, M. G., Makleit, P., Veres, S., Alshaal, T., & Bákonny, N. (2020). Fermented alfalfa brown juice significantly stimulates the growth and development of sweet basil (*Ocimum basilicum* L.) plants. Agronomy 10, 657. <https://doi.org/10.3390/agronomy10050657>
- Kwon, Y. R., Kim, J., Ahn, B. K., & Lee, S. B. (2010). Effect of Liquid Pig Manure and Synthetic Fertilizer on Rice Growth, Yield, and Quality. Korean J. Environ. Agric. 29, 54–60.
- Li, Y., Fang, F., Wei, J., Wu, X., Cui, R., Li, G., Zheng, F., & Tan, D. (2019). Humic Acid Fertilizer Improved Soil Properties and Soil Microbial Diversity of Continuous Cropping Peanut: A Three-Year Experiment. Sci. Rep. 9, 1–9. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-48620-4>
- Lim, S. L., Wu, T. Y., Lim, P. N., & Shak, K. P. Y. (2015). The use of vermicompost in organic farming: Overview, effects on soil and economics. J. Sci. Food Agric. 95, 1143–1156. <https://doi.org/10.1002/jsfa.6849>
- Lu, H., Lashari, M. S., Liu, X., Ji, H., Li, L., Zheng, J., Kibue, G. W., Joseph, S., & Pan, G. (2015). Changes in soil microbial community structure and enzyme activity with amendment of biochar-manure compost and pyroligneous solution in a saline soil from Central China. Eur. J. Soil Biol. 70, 67–76. <https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2015.07.005>
- Madusari, S. (2019). Processing of Fibre and Its Application as Liquid Organic fertilizer in Oil Palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) Seedling for Sustainable Agriculture. J. Appl. Sci. Adv. Technol. 1, 81–90. <https://doi.org/10.24853/JASAT.1.3.81-90>
- Mahmoud, S. H., El-Tanahy, A. M. M., Marzouk, N. M., & Abou-Hussein, S. D. (2019). Effect of fulvic acid and effective microorganisms (EM) on the vegetative growth and productivity of onion plants. Curr. Sci. Int. 08, 368–377.

- Mamani-Reynoso, F. (2020). Production of grain from local Cañahua ecotypes (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) with application of bovine manure biol at the Choquenaira Experimental Station. *J. Agric. Res. Innov. Nat. Resour.* 7, 30–39.
- Mansour, M. M. F., & Ali, E. F. (2017). Evaluation of proline functions in saline conditions. *Phytochemistry* 140, 52–68. <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2017.04.016>
- Martínez-De La Cruz, S., González-Fuentes, J. A., Robledo-Olivo, A., Mendoza-Villarreal, R., Hernández-Pérez, A., Dávila-Medina, M. D., & Alvarado-Camarillo, D. (2022). Humic substances and rhizobacteria enhance the yield, physiology and quality of strawberries. *Not. Bot. Horti Agrobot. Cluj-Napoca* 50, 12578. <https://doi.org/10.15835/nbha50112578>
- Martins, J. D. L., Soratto, R. P., & Fernandes, A. M. (2020). The Effect of Humic Substances and Phosphate Fertilizer on Growth and Nutrient Uptake of the Potato. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 51, 1525–1544. <https://doi.org/10.1080/00103624.2020.1781154>
- Medina, A., Quipuzco, L., & Juscamaíta, J. (2015). Evaluación de la Calidad de Biol de Segunda Generación de Estiércol de Ovino Producido a Través de Biodigestores. *An. Científicos* 76, 116–124. <https://doi.org/10.21704/ac.v76i1.772>
- Melo-Araújo, M. D., Monteiro-Feitosa, M., Alves-Primo, A.C., Kenji -Taniguchi, C. A., & Antunes-De Souza, H. (2020). Mineralization of nitrogen and carbon from organic compost from animal production waste. *Rev. Caatinga* 33, 310–320. <https://doi.org/10.1590/1983-21252020v33n204rc>
- Mendoza-Hernández, D., Fornes, F., & Belda, R. M. (2014). Compost and vermicompost of horticultural waste as substrates for cutting rooting and growth of rosemary. *Sci. Hortic.* 178, 192–202. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2014.08.024>
- Moh, S. M., Moe, K., Obo, Y., Obo, S., Htwe, A.Z., & Yamakawa, T. (2018). Effects of Fermented Nori (*Pyropia yezoensis*) Liquid Fertilizer on Plant Growth Characteristics and Nutrient Content of Komatsuna (*Brassica rapa* L. var. Wakana Komatsuna) Cultivated in Vermiculite. *Am. J. Plant Sci.* 09, 1601–1617. <https://doi.org/10.4236/ajps.2018.98116>
- Mondal, T., Datta, J.K., & Mondal, N. K. (2017). Chemical fertilizer in conjunction with biofertilizer and vermicompost induced changes in morpho-physiological and bio-chemical traits of mustard crop. *J. Saudi Soc. Agric. Sci.* 16, 135–144. <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2015.05.001>
- Nardi, S., Ertani, A., & Francioso, O. (2017). Soil–root cross-talking: The role of humic substances. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 180, 5–13. <https://doi.org/10.1002/jpln.201600348>
- Navarro-Pedreño, J., Almendro-Candel, M. B., & Zorpas, A. A. (2021). The Increase of Soil Organic Matter Reduces Global Warming, Myth or Reality? *Sci* 3, 18. <https://doi.org/10.3390/sci3010018>
- Neugart, S., Wiesner-Reinhold, M., Frede, K., Jander, E., Homann, T., Rawel, H. M., Schreiner, M., & Baldermann, S. (2018). Effect of solid biological waste compost on the metabolite profile of *Brassica rapa* ssp. *chinensis*. *Front. Plant Sci.* 9, 305. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.00305>

- Nieto-Garibay, A., Murillo-Amador, B., Troyo-Diéguez, E., Beltrán-Morales, A., Ruíz-Espinoza, F. H., & García-Hernández, J. L. (2010). Aprovechamiento de Residuos Orgánicos de Origen Animal, Vegetal y Doméstico para la Elaboración y Uso de Composta en la Agricultura Orgánica. In *Agricultura Orgánica, Tercera Parte, Primera. ed*, AD-minister. Dgo, México, 2010; pp. 69-82.
- Ormeño, M. A., & Ovalle, A. (2007). Preparación y aplicación de abonos orgánicos. *INIA Divulg.* 10, 29–34.
- Orsini, F., Maggio, A., Rouphael, Y., & De Pascale, S. (2016). Physiological quality of organically grown vegetables. *Sci. Hort.* 208, 131-139. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2016.01.033>
- Pacheco-Rodríguez, F., & Uribe, L. (2006). Lactofermentos: Una alternativa en la producción de abonos orgánicos líquidos fermentados. *Cent. Nac. Espec. en Agric. Org.* 1, 1–18.
- Pangnakorn, U., Watanasorn, S., Kuntha, C., & Chuenchooklin, S. (2010). Effects of wood vinegar and fermented liquid organic fertilizer on soybean (Srisamrong 1) cultivated under drought conditions. *J. Int. Soc. Southeast Asian Agric. Sci.* 16, 67–73.
- Parillo, R., Ventrino, V., Pepe, O., Cornejo-Rivas, P., & Testa, A. (2017). Use of Compost from Chestnut Lignocellulosic Residues as Substrate for Tomato Growth. *Waste and Biomass Valorization* 8, 2711–2720. <https://doi.org/10.1007/s12649-016-9761-4>
- Pazhanisamy, S., Reddy, S. L., & Devi, R. C., (2019). Effect of humic substance in soil and plant system: A review. *Int. J. Chem. Stud.* 7, 1330–1334.
- Pellejero, G., Miglierina, A., Aschkar, G., Turcato, M., & Jiménez-Ballesta, R. (2017). Effects of the onion residue compost as an organic fertilizer in a vegetable culture in the Lower Valley of the Rio Negro. *Int. J. Recycl. Org. Waste Agric.* 6, 159–166. <https://doi.org/10.1007/s40093-017-0164-8>
- Peng, S., Wang, Y., Zhou, B., & Lin, X. (2015). Long-term application of fresh and composted manure increase tetracycline resistance in the arable soil of eastern China. *Sci. Total Environ.* 506, 279–286. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.11.010>
- Pereira, M. M. A., Morais, L. C., Marques, E. A., Martins, A. D., Cavalcanti, V. P., Rodrigues, F. A., Gonçalves, W. M., Blank, A. F., Pasqual, M., & Dória, J. (2019). Humic Substances and Efficient Microorganisms: Elicitation of Medicinal Plants—A Review. *J. Agric. Sci.* 11, 268–280. <https://doi.org/10.5539/jas.v11n7p268>
- Pérez-San Martín, A., Marhuenda-Egea, F. C., Bustamante, M. A., & Curaqueo, G. (2023). Spectroscopy Techniques for Monitoring the Composting Process: A Review. *Agronomy* 13, 2245. <https://doi.org/10.3390/agronomy13092245>
- Pergola, M., Persiani, A., Palese, A. M., Di Meo, V., Pastore, V., D'Adamo, C., & Celano, G. (2018). Composting: The way for a sustainable agriculture. *Appl. Soil Ecol.* 123, 744–750. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2017.10.016>

- Phibunwatthanawong, T., & Riddech, N. (2019). Liquid organic fertilizer production for growing vegetables under hydroponic condition. *Int. J. Recycl. Org. Waste Agric.* 8, 369–380. <https://doi.org/10.1007/s40093-019-0257-7>
- Pinos-Rodríguez, J. M., García-López, J. C., Peña-Avelino, L.Y., Rendón-Huerta, J. A., González-González, C., & Tristán-Patiño, F. (2012). Impactos y regulaciones ambientales del estiércol generado por los sistemas ganaderos de algunos países de América. *Agrociencia* 46, 359–370.
- Pomboza-Tamaquiza, P., León-Gordón, O. A., Villacís-Aldaz, L. A., Vega, J., & Aldáz-Jarrín, J. C. (2016). Influencia del biol en el rendimiento del cultivo de *Lactuca sativa* L. variedad Iceberg. *J. Selva Andin. Biosph.* 4, 84–92. <https://doi.org/10.36610/j.jsab.2016.040200084>
- Poomani, S., Yadav, S., Choudhary, R., Singh, D., Dahuja, A., & Yadav, S. K. (2023). Seed priming with humic acid modifies seedling vigor and biochemical response of lentil under heat stress conditions. *Turkish J. Agric. For.* 47, 1043–1057. <https://doi.org/10.55730/1300-011X.3147>
- Preciado-Rangel, P., Fortis-Hernández, M., García-Hernández, J. L., de la Cruz-Lázaro, E., Meza-Velázquez, J. A., & Esparza-Rivera, J. R. (2015). Producción de plántulas de chile jalapeño fertilizadas con orina. *Rev. Mex. Ciencias Agrícolas* 6, 1481–1489.
- Rahman, S., & Barmon, B. K. (2019). Greening modern rice farming using vermicompost and its impact on productivity and efficiency: An empirical analysis from Bangladesh. *Agriculture* 9, 239. <https://doi.org/10.3390/agriculture9110239>
- Rahmat, B., Pangesti, D., Natawijaya, D., & Sufyadi, D. (2014). Generation of wood-waste vinegar and its effectiveness as a plant growth regulator and pest insect repellent. *BioResources* 9, 6350–6360. <https://doi.org/10.15376/biores.9.4.6350-6360>
- Ramesh, T., Amuthavalli, A., & Boopathy, R. (2020). Analysis of fermented liquid fertilizer from marine crab waste. *Int. J. Environ. Agric. Biotechnol.* 5, 636–642. <https://doi.org/10.22161/ijeab.53.16>
- Rekaby, S. A., Awad, M. Y. M., Hegab, S. A., & Eissa, M. A. (2020). Effect of some organic amendments on barley plants under saline condition. *J. Plant Nutr.* 43, 1840–1851. <https://doi.org/10.1080/01904167.2020.1750645>
- Ren, H., Islam, M. S., Wang, H., Guo, H., Wang, Z., Qi, X., Zhang, S., Guo, J., Wang, Q., & Li, B. (2022). Effect of Humic Acid on Soil Physical and Chemical Properties, Microbial Community Structure, and Metabolites of Decline Diseased Bayberry. *Int. J. Mol. Sci.* 23, 14707. <https://doi.org/10.3390/ijms232314707>
- Reyes-Pérez, J. J., Luna-Murillo, R. A., Murillo-Amador, B., Nieto-Garibay, A., Hernández-Montiel, L. G., Rueda-Puente, E. O., & Preciado-Rangel, P. (2017). Uso de vermicompost y compost de jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) en el crecimiento de col morada (*Brassica oleracea*). *Interciencia* 42, 610–615.

- Rodríguez-Dimas, N., Cano-Ríos, P., Figueroa-Viramontes, U., Palomo-Gil, A., Favela-Chávez, E., Álvarez-Reyna, V. D. P., Márquez-Hernández, C., & Moreno-Reséndez, A. (2008). Producción de tomate en invernadero con humus de lombriz como sustrato. *Rev. Fitotec. Mex.* 31, 265–272.
- Rojas-Espinoza, B. F., Hernández-Chontal, M. A., Rodríguez-Orozco, N., & Linares-Gabriel, A. (2023). Concentración de nutrientes de dos formulaciones de fertilizantes fermentados (bioles) elaborados con insumos locales. *Terra Latinoam.* 41, e1658. <https://doi.org/10.28940/terra.v41i0.1658>
- Rojo-Zavala, C. S., Nieto-Garibay, A., Troyo-Diéquez, E., Lucero-Vega, G., & García-Galindo, E. (2023). Estado hídrico y crecimiento de plantas de menta (*Mentha spicata* L.) bajo tratamientos con vermicompost y déficit hídrico. *Terra Latinoam.* 41, e1634. <https://doi.org/10.28940/terra.v41i0.1634>
- Roulia, M. (2024). Humic Substances : Importance for Agriculture, Affinity and Interactions with Soil Amendments and Pollutants. *Agronomy* 14, 382. <https://doi.org/10.3390/agronomy14020382>
- Salas-Pérez, L., García-Hernández, J. L., Márquez-Hernández, C., Fortis-Hernández, M., Estrada-Arellano, J. R., Esparza-Rivera, J. R., & Preciado-Rangel, P. (2017). Yield and nutraceutical quality of tomato fruits in organic substrates. *Ecosistemas y Recur. Agropecu.* 4, 169–175. <https://doi.org/10.19136/era.a4n10.995>
- Salas-Pérez, L., González-Fuentes, J. A., García-Carrillo, M., Sifuentes-Ibarra, E., Parra-Terrazas, S., & Preciado-Rangel, P. (2016). Calidad biofísica y nutracéutica de frutos de tomate producido con sustratos orgánicos. *Rev. Electrónica Nov. Sci.* 8, 310–325.
- Sánchez-Sánchez, A., Sánchez-Andreu, J., Juárez, M., Jordá, J., & Bermúdez, D. (2006). Improvement of iron uptake in table grape by addition of humic substances. *J. Plant Nutr.* 29, 259–272. <https://doi.org/10.1080/01904160500476087>
- Santiago-López, G., Preciado-Rangel, P., Sánchez-Chavez, E., Esparza-Rivera, J. R., Fortis-Hernández, M., & Moreno-Reséndez, A. (2016). Organic nutrient solutions in production and antioxidant capacity of cucumber fruits. *Emirates J. Food Agric.* 28, 518-521. <https://doi.org/10.9755/ejfa.2016-01-083>
- Sariñana-Aldaco, O., Benavides-Mendoza, A., Juárez-Maldonado, A., Robledo-Olivo, A., Rodríguez-Jasso, R. M., Preciado-Rangel, P., & Gonzalez-Morales, S. (2021). Efecto de extractos de *Sargassum* spp. en el crecimiento y antioxidantes de plántulas de tomate. *Ecosistemas y Recur. Agropecu.* 8, e2814. <https://doi.org/10.19136/era.a8n2.2814>
- Sariñana-Aldaco, O., Benavides-Mendoza, A., Robledo-Olivo, A., & González-Morales, S. (2022). The Biostimulant Effect of Hydroalcoholic Extracts of *Sargassum* spp. in Tomato Seedlings under Salt Stress. *Plants* 11, 3180. <https://doi.org/10.3390/plants11223180>
- Sarwar, G., Schmeisky, H., Hussain, N., Muhammad, S., Ibrahim, M., & Safdar, E. (2008). Improvement of soil physical and chemical properties with compost application in rice-wheat cropping system. *Pakistan J. Bot.* 40, 275–282.

- Sarwar, M., Patra, J. K., Ali, A., Maqbool, M., & Arshad, M. I. (2020). Effect of compost and NPK fertilizer on improving biochemical and antioxidant properties of *Moringa oleifera*. South African J. Bot. 129, 62–66. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2019.01.009>
- Seufert, V., Ramankutty, N., & Foley, J. A. (2012). Comparing the yields of organic and conventional agriculture. Nature 485, 229–232. <https://doi.org/10.1038/nature11069>
- Stankevica, K., Vincevica-Gaile, Z., & Klavins, M. (2019). Role of humic substances in agriculture and variability of their content in freshwater lake sapropel. Agron. Res. 17, 850-861. <https://doi.org/10.15159/AR.19.094>
- Tambo-Laime, D., Céspedes-Céspedes, R., & Esprella-Viorel, B. (2016). Evaluación del efecto de biol bovino en la producción y calidad de cebada (*Hordeum vulgare* L.) en época de invierno en la estación experimental Choquenaira, Viacha-La Paz. Rev. Investig. e Innovación Agropecu. y Recur. Nat. 3, 55–66.
- Timsina, J. (2018). Can organic sources of nutrients increase crop yields to meet global food demand? Agronomy 8, 214. <https://doi.org/10.3390/agronomy8100214>
- Turan, M. A., Aşık, B. B., Katkat, A. V., & Çelik, H. (2011). The effects of soil-applied humic substances to the dry weight and mineral nutrient uptake of maize plants under soil-salinity conditions. Not. Bot. Horti Agrobot. Cluj-Napoca 39, 171–177. <https://doi.org/10.15835/nbha3915812>
- Urrea, J., Alkorta, I., & Garbisu, C. (2019). Potential benefits and risks for soil health derived from the use of organic amendments in agriculture. Agronomy 9, 542. <https://doi.org/10.3390/agronomy9090542>
- Villegas-Cornelio, V. M., & Laines Canepa, J. R. (2016). Vermicompostaje: II avances y estrategias en el tratamiento de residuos sólidos orgánicos. Rev. Mex. Ciencias Agrícolas 8, 407–421.
- Wang, Y., Yang, R., Zheng, J., Shen, Z., & Xu, X. (2019). Exogenous foliar application of fulvic acid alleviate cadmium toxicity in lettuce (*Lactuca sativa* L.). Ecotoxicol. Environ. Saf. 167, 10–19. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2018.08.064>
- Yildirim, E. (2007). Foliar and soil fertilization of humic acid affect productivity and quality of tomato. Acta Agric. Scand. Sect. B Soil Plant Sci. 57, 182–186. <https://doi.org/10.1080/09064710600813107>
- Yong-Hong, L., Yi-Lang, W., Juei-Yu, C., Tai-Yuan, C., & Chih-Hang, C. (2020). Production of liquid fertilizer by fermented livestock liquid and application on crops. African J. Agric. Res. 16, 752–757. <https://doi.org/10.5897/AJAR2020.14695>
- Zanin, L., Tomasi, N., Cesco, S., Varanini, Z., & Pinton, R. (2019). Humic substances contribute to plant iron nutrition acting as chelators and biostimulants. Front. Plant Sci. 10, 675. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00675>
- Zaragoza-Lira, M. M., Preciado-Rangel, P., Figueroa-Viramontes, U., García-Hernández, J. L., Fortis-Hernández, M., Segura-Castruita, M. Á., Lagarda-Murrieta, Á., & Madero-Tamargo, E. (2011).

Aplicación de Composta en la Producción del Nogal Pecanero. Revista Chapingo. Serie Horticultura, 17(SPE1), 33-37. Revista Chapingo. Serie Horticultura, 17(SPE1), 33-37.

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