

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, algodón, chile jalapeño, maíz forrajero, nogal pecanero, y la producción de café.



Orégano mexicano, propagación y sus propiedades fitoquímicas: una revisión

Mexican oregano, propagation and its phytochemical properties: a review

Recibida em: 17/12/2025

Aprobado em: 04/02/2026

 10.46420/9786585756747cap6

Priscilla Yamilhet Montes-Orona^{1‡} 

José Luis García-Hernández¹ 

Georgina Ramírez-Aragón² 

Ulises Noel Gutiérrez-Guzmán¹ 

Jared Cenicerros-García¹ 



¹ Facultad de Agricultura y Zootecnia, Universidad Juárez del Estado de Durango. Carretera Gómez Palacio - Tlahualilo Km. 32. Venecia, Gómez Palacio, Dgo. México. C.P. 35111

² 2TecNM-Campus Lerdo, Av. Tecnológico N° 1555. Periférico Lerdo Km. 14.5, Placido Domingo, Lerdo, Dgo 35150.

‡ Autor para correspondencia: pmontesorona@gmail.com

RESUMEN

Las plantas aromáticas poseen diversas propiedades organolépticas, nutraceuticas, farmacognósticas, entre otras. De acuerdo con su composición fitoquímica se observan diversos beneficios que ellas pueden proporcionar a la salud del consumidor. Dicho beneficio se conoce como “función”. De allí se deriva un término de uso muy común actualmente de “alimentos funcionales”. Los componentes que se obtienen de este tipo de plantas son utilizados en industrias variadas tales como: alimentaria, farmacéutica y cosmetología. El orégano es una planta aromática. Reconocida tradicionalmente como medicinal. Ya se han demostrado, algunas de sus propiedades, entre las que destacan la actividad antioxidante, hipoglucémica, hipotensiva, hipolipidémica y anticancerígena. Cuenta con una gran cantidad de especies distribuidas alrededor del mundo. México cuenta con cerca de 40 especies de orégano, es el segundo lugar en exportación a nivel mundial. La principal especie producida perteneciente al género *Lippia*. Sin embargo, la mayor parte de la producción de orégano en México se colecta de poblaciones naturales, situación que desencadena en una problemática de disminución de poblaciones naturales, poca regeneración natural y por supuesto, sobre explotación del recurso. Existe poca información acerca de la reproducción y manejo del orégano mexicano, por lo que en este trabajo se presenta una revisión de la información encontrada, enfatizando en la propagación y sus propiedades fitoquímicas.

Palabras clave: *Lippia*, orégano, plantas aromáticas

SUMMARY

Aromatic plants have various organoleptic, nutraceutical, pharmacognostic properties, among others. According to their phytochemical composition, various benefits are observed that they can provide to the consumer's health. This benefit is known as “function”. From there is derived a term that is currently very commonly used: “functional foods.” The components obtained from this type of plants are used in various industries such as: food, pharmaceutical and cosmetology. Oregano is an aromatic plant. Traditionally recognized as medicinal. Some of its properties have already been demonstrated, among which antioxidant, hypoglycemic, hypotensive, hypolipidemic and anticancer activity stand out. It has many species distributed around the world. Mexico has about 40 species of oregano, it is the second largest exporter in the world. The main species produced belonging to the genus *Lippia*. However, most of the oregano production in Mexico is collected from natural populations, a situation that triggers a problem of decreasing natural populations, little natural regeneration and, of course, overexploitation of the resource. There is little information about the reproduction and management of Mexican oregano, so this work presents a review of the information found, emphasizing the propagation and its phytochemical properties.

Index Words: *Lippia*, Oregano, aromatic plants

INTRODUCCIÓN

Las plantas aromáticas-medicinales han estado presentes desde tiempos remotos (CONABIO 2020). Tradicionalmente de uso en la preparación de alimentos por sus características culinarias. Además de ser una alternativa terapéutica para distintos problemas de salud (Farias et al., 2022). Es gracias a sus múltiples propiedades que en los últimos años han sido utilizadas en la industria alimentaria como conservadores, en farmacéutica, cosmetología y otras aplicaciones que se le han encontrado (Gallegos-Zurita, 2016). Orégano es el nombre común de varias especies vegetales con algunas características similares, cuyas familias son mencionadas posteriormente en este documento. Las plantas de orégano son herbáceas, caducifolias, con múltiples propiedades fitoquímicas. Se encuentra distribuido alrededor del mundo por una gran cantidad de especies endémicas e inducidas debido a su fácil adaptación (García-Pérez et al., 2012). La importancia de este tipo de plantas radica en sus características organolépticas, nutraceuticas, farmacognósticas, entre otras. Esas características varían de acuerdo con el quimiotipo, factores geográficos, climáticos y tiempo de cosecha (Pascual et al., 2001; Calvo-Irabién et al., 2014).

El orégano mexicano se desarrolla principalmente en las zonas áridas y semi-áridas de nuestro país, cuenta con cerca de 40 especies, distribuidas alrededor de más de 15 estados productores (León et al., 2020). México es el segundo lugar en exportación de orégano a nivel mundial, superado únicamente por Turquía, siendo *Lippia graveolens* la de mayor distribución geográfica e importancia económica en el país (García-Pérez et al., 2012). Sin embargo, la mayor cantidad de orégano que se recolecta en el país es de poblaciones naturales y existe poca información sobre la propagación y manejo (Troncoso, 1961). Diversos estudios sugieren desde la recolección de semillas, reproducción asexual (esquejes) y más recientemente el cultivo de tejidos para poder propagar el orégano, ya que presenta distintas limitantes a la hora de reproducirse (INIFAP, 2008). Es necesario implementar un manejo sostenible del recurso para evitar el deterioro y alteraciones en el ecosistema, así como buscar estrategias para la propagación de este, asegurar la prevalencia del recurso y evitar la sobre explotación de especies endémicas. Por otra parte, es importante generar metodologías para la obtención de plantas de orégano que nos proporcionen producto durante todo el año y de esta manera cumplir con la demanda actual del mercado.

GENERALIDADES E IMPORTANCIA ECONÓMICA

El orégano es una planta aromática-medicinal distribuida alrededor de todo el mundo. Se distribuye en zonas cálidas y montañosas, teniendo representantes en cuatro familias taxonómicas: Asteraceae, Fabaceae, Lamiaceae y Verbenaceae, siendo esta última a la cual pertenece la especie de orégano mexicano (*Lippia graveolens*) con mayor importancia económica en el país (García-Pérez et al., 2012). Como *Lippia graveolens* se reconoce a un amplio grupo de plantas, ha sido mencionada como una especie variable y polimórfica formada por poblaciones con características morfológicas, fenológicas y fitoquímicos distintas (Soto et al., 2007). El termino orégano puede resultar ambiguo debido a que es

utilizado para nombrar diversas especies, específicamente aquellas que son ricas en monoterpenos fenólicos (Villavicencio et al., 2007).

México cuenta con aproximadamente 40 especies conocidas como “orégano”, dentro de las cuales encontramos especies endémicas. La especie con mayor distribución geográfica en el país es *Lippia graveolens* o también llamada *Lippia berlandieri* (León et al., 2020). Se desarrolla en las zonas áridas y semiáridas de nuestro país, habita en suelos pedregosos, en laderas y cerros, se podría considerar parte de las comunidades de matorral submontano y en partes altas de la sierra (Huerta, 1997).

Es un arbusto caducifolio perenne, puede alcanzar hasta los 2.5 m de alto. Tiene tallos ramificados y ramas cortamente pilosas. Sus hojas son opuestas, alternas y de forma ovalada, produce flores pequeñas de color blanco en inflorescencias terminales muy ramificadas (Figura 1). Los frutos son capsulas en donde se encuentran las semillas, mismas que son de color café, ovoides y con un tamaño menor de 0.5 mm (León et al., 2020).



Figura 1. Orégano mexicano (*Lippia graveolens*). Fuente: herbario virtual CONABIO

Los principales estados productores de orégano en el país son Tamaulipas, Zacatecas, San Luis Potosí, Coahuila, Durango, Sonora, Sinaloa, Guanajuato, Guerrero, Michoacán, Morelos, Estado de México, Hidalgo, Querétaro, Puebla, Campeche, Oaxaca, Chiapas, Veracruz, Yucatán y Quintana Roo, Baja California Sur, Chihuahua y Jalisco (Rocha-Estrada et al., 2014) Distribuido en diferentes especies a lo largo del país (Figura 2). Siendo Coahuila, Chihuahua y Tamaulipas los que comercializan el 50% o más del orégano total del país (Silva, 2005).

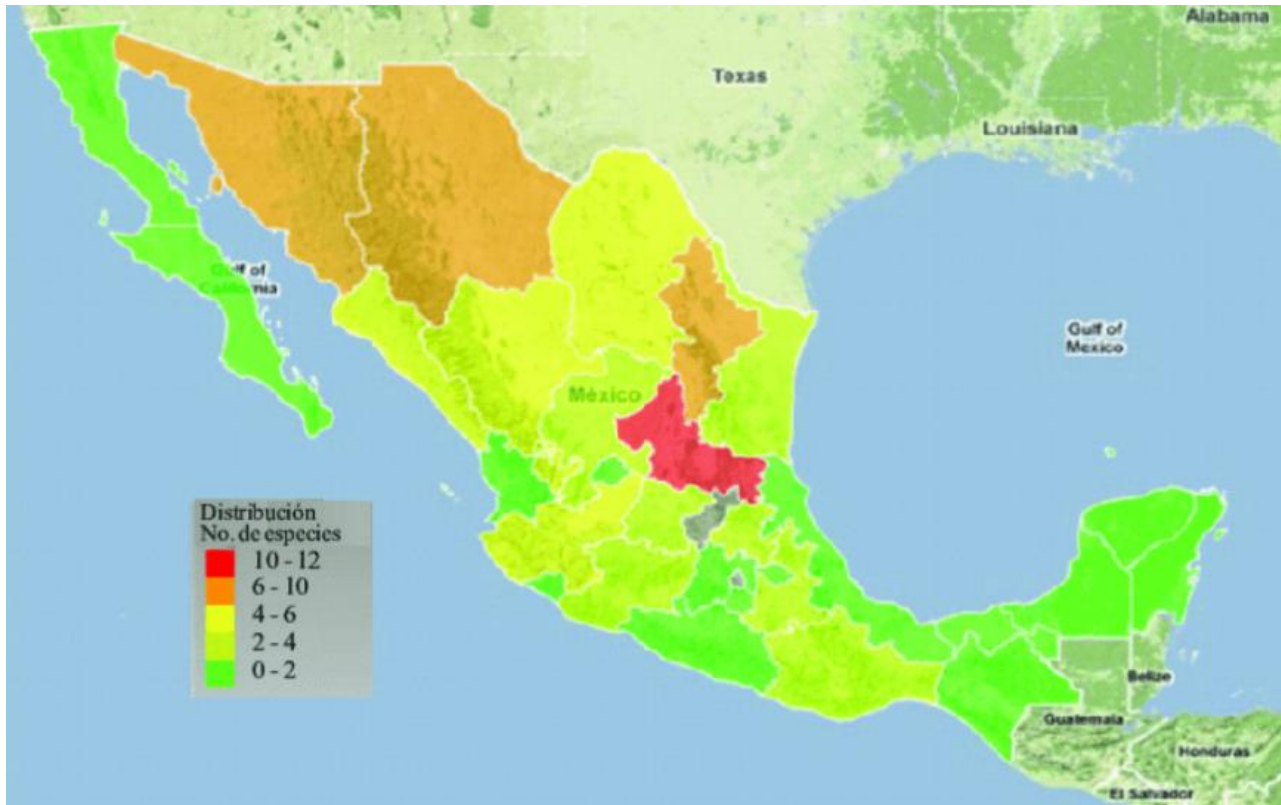


Figura 2. Mapa de distribución de especies de orégano en México. Con base en la información disponible del Herbario Virtual de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO).

Debido a la diversidad de especies que habitan en nuestro país, México aporta alrededor del 35% de la producción mundial de orégano (CONABIO, 2005), ocupa el segundo lugar en exportación de orégano a nivel mundial, superado únicamente por Turquía (García et al., 2012). En México es uno de los productos forestales no maderables de mayor importancia económica, pues satisface cerca de la mitad del consumo de esta especie en Estados Unidos (Orona et al., 2017).

La principal especie comercial producida en México pertenece al género *Lippia* (Villavicencio et al., 2007) y su producción nacional está sujeta al volumen irregular que se obtiene de poblaciones naturales y al efecto que tiene la oferta y demanda internacional del producto (Martínez y Lara, 2003). Debido a que la producción se obtiene de poblaciones naturales en la época de floración, misma situación que desencadena en una problemática de disminución de poblaciones naturales, poca regeneración natural y por supuesto, sobre explotación del recurso (Troncoso, 1961).

Existe poca información acerca de la propagación de orégano, por lo que es necesario buscar estrategias sustentables para el manejo del recurso y así mismo generar metodologías para aumentar los volúmenes de producción y así poder cumplir con la demanda del mercado (SAGARPA, 2013). La Organización Mundial del Comercio (OMC) proyecta que la demanda insatisfecha de orégano en el mercado internacional será cada vez mayor (Gómez et al., 2011).

PROPAGACIÓN DEL ORÉGANO MEXICANO

Estudios realizados han sugerido estrategias de manejo agronómico del orégano, haciendo énfasis en la importancia de la recolección de semilla antes de la cosecha para regenerar las poblaciones (INIFAP, 2008). Sin embargo, en su mayoría es recolectado de poblaciones naturales, que al coincidir con su etapa de floración altera la obtención del fruto, semilla y por ende el reaprovechamiento del recurso (Ocampo-Velázquez et al., 2009). Por otra parte, se ha reportado que la propagación a través de semilla tiene bajo o nulo porcentaje de germinación, a pesar de aplicarse diversos tratamientos (Sandoval, 1982). Por lo que se ha propuesto su propagación asexual por un método tradicional a partir de esquejes con ayuda de fitohormonas y enraizadores comerciales (Corella et al., 2008). Otros autores mencionan que la utilización de cubiertas de plástico o vidrio coadyuvan al enraizamiento de los esquejes. (Hartmann y Kester, 1982). Existen distintos métodos para propagar plantas; sin embargo, no todas dan los mismos resultados, o presentan las mismas oportunidades de aprovechamiento.

La técnica de cultivo de tejidos es usada para el crecimiento de células, tejidos y órganos vegetales bajo condiciones axénicas (in vitro) para regenerar y propagar, ofreciendo ventajas sobre los métodos de propagación tradicionales (Iliev et al., 2010). Es una alternativa interesante para la propagación de cualquier planta ya que permite la obtención de plantas durante todo el año (Segretin et al., 2006).

Micropropagación in vitro de orégano

Las especies de orégano mexicano han atraído la atención de la comunidad científica debido a la diversidad de aplicaciones que se les puede dar. Este proceso se realiza mediante cuatro etapas 1) Establecimiento del explante o cultivo axénico; 2) Multiplicación in vitro; 3) Enraizamiento in vitro; y 4) Producción final de aclimatación en condiciones ex vitro (Figura 3) (Rodríguez, 2018; Iliev et al., 2010).

En la etapa 1) se recibe a la planta madre para iniciar con el proceso de cultivo in vitro, es necesario desinfectar el material vegetativo (explante: yemas axilares, yemas apicales, segmentos nodales) con una dosis específica de producto y tiempo de acuerdo con el material vegetativo elegido (Figura 4 A) (Hudson, 1987). El éxito dependerá de la calidad del explante a utilizar (Levitus et al., 2010). Para el caso del género *Lippia* se ha obtenido éxito en protocolos de asepsia en segmentos nodales y yemas apicales (Urrea et al., 2009).

En la etapa 2) los reguladores del crecimiento como citoquininas se incorporan a un medio de cultivo, esto para estimular la división celular y controlar el proceso de morfogénesis (Figura 4 B) (Van Staden et al., 2007). En las especies de *Lippia* se han obtenido diferentes resultados con la adición de citoquininas; Castellanos-Hernández et al, (2013), cultivaron explantes nodales de *Lippia graveolens* en medio MS suplementado con diferentes concentraciones de BAP, NAA y la combinación de ambos. Obteniendo resultados significativos en la activación de brotes axilares.

En la etapa 3) el enraizamiento puede ser realizado en condiciones de cultivo in vitro o ex vitro. En esta etapa, los brotes obtenidos en la etapa de multiplicación se transfieren a un medio sin reguladores de crecimiento o bien, que solo contenga hormonas de tipo auxinas. Sin embargo, en algunas plantas el proceso de multiplicación y enraizamiento sucede de forma simultánea (Figura 4 C) (Castillo, 2004).

La etapa 4) es la más vulnerable para el material vegetal, ya que cualquier alteración repentina de las condiciones ambientales puede provocar estrés en las plántulas, por lo que hay que ejercer un control sobre dichas condiciones para asegurar la mayor cantidad de plantas vivas en esta etapa (Figura 4 D).

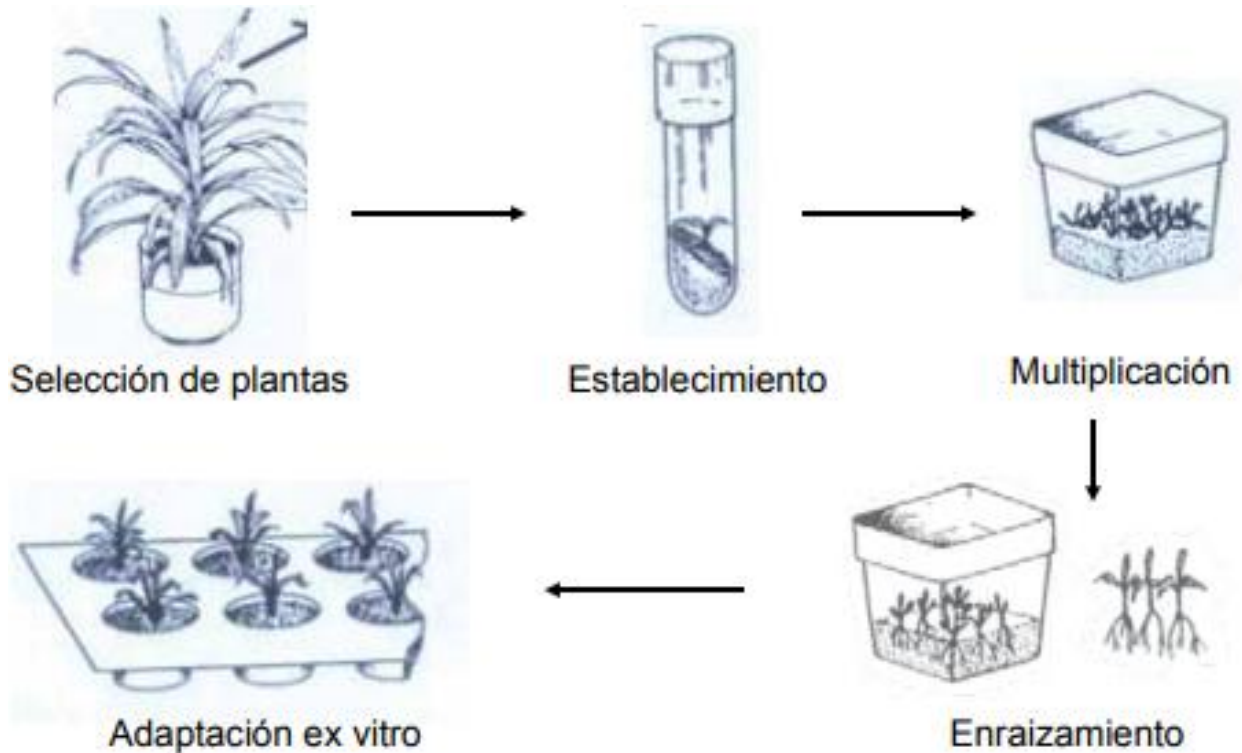


Figura 3. Etapas del proceso de micropropagación de plantas.

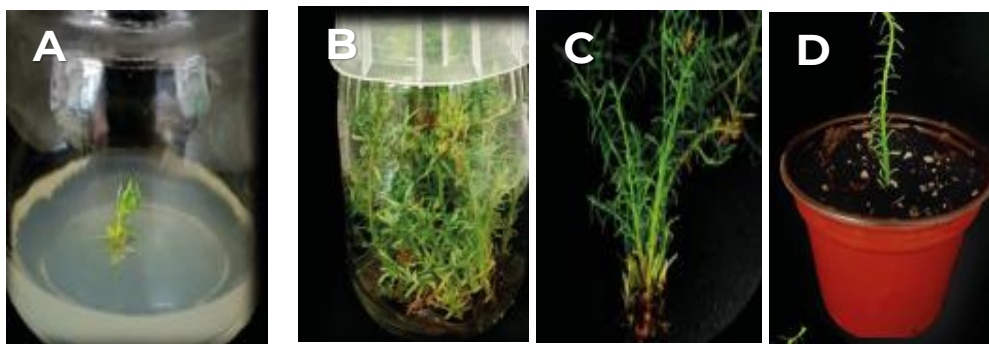


Figura 4. Estados de la micropropagación de plantas. Establecimiento A); Multiplicación B); Enraizamiento C) y Producción final D).

COMPOSICIÓN FITOQUÍMICA

Los compuestos volátiles que componen los aceites esenciales son metabolitos secundarios que se sintetizan a partir de tres rutas biosintéticas: la ruta del malonato para los sesquiterpenos, la ruta del metil-eritritol para los monos y diterpenos, y la ruta del ácido chiquímico para los fenilpropanos. Dichos compuestos son producidos por la planta como resultado a diferentes tipos de estrés a los que puede estar sometida la planta (estrés hídrico, radiación solar, defensa contra insectos etc.) (Silva et al., 2021).

Diversos estudios demuestran que los aceites esenciales y extractos acuosos del orégano contienen flavonoides como apigenina y luteolina, agliconas, alcoholes alifáticos, compuestos terpénicos y derivados del fenilpropano (Justesen y Knuthsen, 2001). En los aceites esenciales de *Lippia graveolens* contienen limoneno, b -cariofileno, r -cimeno, canfor, linalol, a -pineno y timol, los cuáles pueden variar de acuerdo con el quimiotipo, para el género *Lippia* se conocen tres: C (Carvacol), S (Sesquiterpenos) y T (Timol) (Pascual et al., 2001; Calvo-Irabién et al., 2014). Los monoterpenos timol (10.4%) y carvacol (43.7%) son los componentes mayoritarios (Figura 5) y los indicadores de la calidad comercial de los aceites esenciales de orégano (Leyva-López et al., 2017).

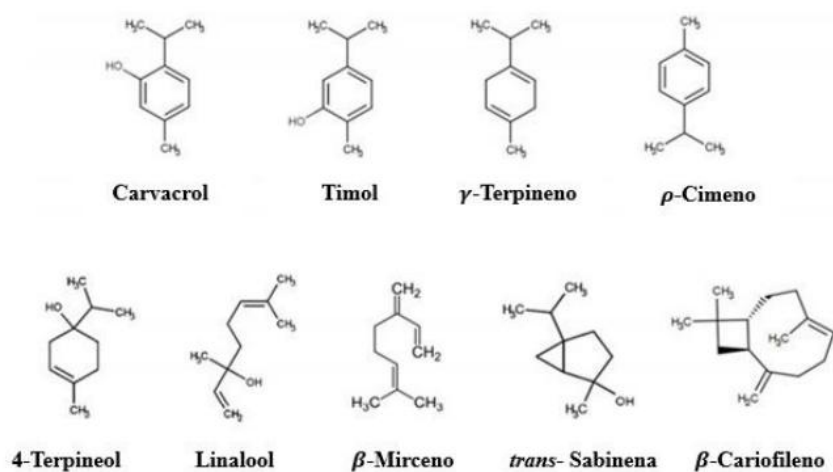


Figura 5. Estructura química de los compuestos encontrados en mayor proporción en el aceite esencial de orégano.

Por otra parte, se ha reportado que la cantidad y el tipo de los metabolitos secundarios presentes en los aceites esenciales dependen principalmente de la variabilidad genética entre las plantas, así como de otros factores geográficos, climáticos y el tiempo de cosecha (León et al., 2020; Cortés-Chitala et al., 2021).

En la Tabla 1 se muestran los principales compuestos fitoquímicos encontrados en el aceite esencial de *Lippia graveolens*.

Tabla 1. Compuestos fitoquímicos presentes en el aceite esencial del orégano mexicano *Lippia graveolens*.

Compuesto químico	Quimiotipos		
	C (%)	S (%)	T (%)
Carvacol	66	1.24	0.44
p -Cimeno	11.8	9.57	0.91
Oxido de cariofileno	2.29	7.37	0.91
β -Cariofileno	1.45	15.02	1.21
α -Humuleno	0.75	7	0.83
Eucaliptol	0.59	1.83	0.43
γ -Terpineno	0.04	0.11	0.19
Timol	6.18	4.16	79.53
Borneol	0.13	1.30	0.07
α -Terpineol	0.13	2.91	0.014
Timol metil éter	0.83	0.52	2.07
3-tert-butil-4-hidroxianisol	3.32	ND	0.76
Epóxido de humuleno II	1.20	4.34	0.51
γ -Eudesmol	0.22	11.68	0.08
Caryophylla-4(12),8(13)-dien-5 α -ol	0.15	19.89	0.08
β -Eudesmol	0.09	9.56	ND
α -Eudesmol + α -Cadinol	0.15	12.84	0.16

*No Detectado (ND). Fuente: Calvo-Irabién *et al.* (2014) y Barbieri *et al.* (2018).

Como se puede observar en la Tabla 1, el timol y carvacol son los compuestos activos que se encuentran en mayor proporción en el aceite esencial del orégano mexicano. Razón por la cual han sido protagonistas de diversos estudios en los últimos años (Tabla 2). Presentan propiedades antimicrobianas, antiinflamatorias, antioxidantes, antifúngicas, antivirales, entre otras (Ávila-Sosa et al., 2010). Son de potencial valor económico para las diferentes industrias, por lo que la producción de orégano mexicano enfatizando en la calidad fitoquímica debe ser de los principales objetivos de la comunidad agro-biotecnológica.

Tabla 2. Estudio de la composición biológica de *L. graveolens* En un periodo de observación de 1980-2012. Base de datos de *Scopus* (*Elsevier*).

Especie Vegetal	Nº total de registros (1980-2012)	Países con mayor Nº de publicaciones	Actividad biológica estudiada	Componentes mayoritarios del aceite esencial
<i>Lippia graveolens</i>	46	México (30) Brasil (7) EE. UU. (5) Guatemala (4)	Antimicrobiana (12) Antifúngica (11) Antibacteriana (6) Antioxidante (6) Antiprotozoica (2)	1,8-Cineol, felandrenos, α -cimenol, terpinenos, carvacrol, timol y sus éteres y ésteres, β -cariofileno

CONCLUSIONES

Con el presente trabajo de revisión se constató que existe carencia en la información de las especies que habitan en nuestro país, desde su identificación, manejo, composición, propagación etc. Existe poca información actualizada sobre dichos puntos, por lo que resulta ser una línea de investigación bastante atractiva para la comunidad científica. Es necesario generar información para ampliar el conocimiento sobre aspectos básicos de manejo, propagación y composición, que permitan obtener producciones sustentables y homogéneas.

El orégano mexicano sin duda es una planta con potencial económico que con conocimiento científico se puede aprovechar en su totalidad, tanto como fuente poco explorada de nuevos compuestos bioactivos, calidad fitoquímica y obtención de aceite esencial. Obtener la tecnificación del cultivo de orégano de mexicano (*Lippia graveolens*) preferiblemente de manera orgánica, podría representar el desarrollo de una nueva industria para la obtención de subproductos agrícolas, extractos, aceites esenciales y derivados con alto valor agregado. Además de la generación de empleos, mayor alcance a productos naturales y menor impacto a nuestro ecosistema.

LITERATURA CITADA

- Ávila-Sosa, R.; Gastélum-Franco, M. G.; Camacho-Dávila, A.; Torres-Muñoz, J. V., & Nevárez-Moorillón G. V. (2010). Extracts of mexican oregano (*Lippia berlandieri* Schauer) with antioxidant and antimicrobial activity. Food Bio. Technol. 3(3):434-440.
- Barbieri, N., Sánchez-Contreras, A., Canto, A., Cauich-Rodríguez, J. V., Vargas-Coronado, R., & Calvo-Irabién, L. M. (2018). Effect of cyclodextrins and Mexican oregano (*Lippia graveolens* Kunth) chemotypes on the microencapsulation of essential oil. Industrial crops and products, 121, 114-123.
- Calvo-Irabién, L. M., Parra-Tabla, V., Acosta-Arriola, V., Escalante-Erosa, F., Díaz-Vera, L., Dzib, G. R., & Peña-Rodríguez, L. M. (2014). Phytochemical Diversity of the Essential Oils of Mexican

- Oregano (*Lippia graveolens* Kunth) Populations along an Edapho-Climatic Gradient. Chemistry & biodiversity, 11(7), 1010-1021.
- Castellanos-Hernández, O. A., Acevedo-Hernández, G. J., Torres-Morán, M. I., Zurita, F., Gutiérrez-Lomelí, M., Del Toro-Sánchez, C. L., & Rodríguez-Sahagún, A. (2013). In vitro clonal propagation and regeneration of the commercially important plant Mexican oregano (*Lippia graveolens*). In Vitro Cellular & Developmental BiologyPlant, 49(5), 620-625.
- Castillo, A. (2004). Propagación de plantas por cultivo in vitro: una biotecnología que nos acompaña hace mucho tiempo. Las Brujas, Uruguay: AR-VITRO, INIA.
- CONABIO - Comisión Nacional de Biodiversidad (2005). Orégano Mexicano: Oro Vegetal. Biodiversitas 15:8-13.
- CONABIO- Comisión Nacional de Biodiversidad (2020). Plantas medicinales. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Cd. De México.
- Corella, R., Ortega, M., Robles, M., Borboa, J. & Mc Caughey, D. (2008). El cultivo de orégano *Lippia palmeri* Watson, en el estado de Sonora. Tercera reunión anual sobre orégano; Saltillo, Coahuila, México. Revista Salud Pública y Nutrición. Edición Especial Núm. 1-2008. Disponible en: <http://www.respyn.uanl.mx/especiales/2008/ee-01-2008/index.html>
- Cortés-Chitala, M. D. C., Flores-Martínez, H., Orozco-Ávila, I., León-Campos, C., Suárez-Jacobo, Á., Estarrón-Espinosa, M., & López-Muraira, I. (2021). Identification and quantification of phenolic compounds from mexican oregano (*Lippia graveolens* HBK) hydroethanolic extracts and evaluation of its antioxidant capacity. Molecules, 26(3), 702
- Gallegos-Zurita, M. (2016). Las plantas medicinales: principal alternativa para el cuidado de la salud, en la población rural de Babahoyo, Ecuador. *Anales de la Facultad de Medicina*, 77(4), 327-332.
- García-Pérez, E., F. F. Castro-Álvarez, Gutiérrez-Urbe, J. A., & García-Lara, S. (2012). Revisión de la producción, composición fitoquímica y propiedades nutraceuticas del orégano mexicano. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 3(2), 339-353. Recuperado en 06 de marzo de 2024, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342012000200010&lng=es&tlng=es.
- Gómez, L. C. F., Orejón, E. D. F., & Raymundo, S. J. A. (2011). Proyecto de exportación de orégano seco al mercado de Brasil. Instituto Continental. Huancayo, Perú.
- Hartmann, H, & Kester, D. E. (1982). Propagación de Plantas. Ed. CECSA. México.
- Huerta C. (1997). Orégano mexicano: oro vegetal. Conabio. Biodiversitas 15, 8-13.
- Iliev, I., Gajdosová A., Libiaková G. & Jain S. M. (2010). Plant micropropagation in Plant Cell Culture Essential Methods. Eds. Davey and Anthony: Wiley-Blackwell. 358 pp
- INIFAP - Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (2008). Manual que establece los criterios técnicos para el aprovechamiento sustentable de recursos forestales no maderables de clima árido y semiárido. Subsecretaría de fomento y normatividad ambiental.

Dirección general del sector primario y recursos naturales renovables, SEMARNAT, México, D. F. 22-30 p.

- Justesen, U., & Knuthsen, P. (2001). Composition of flavonoids in fresh herbs and calculation of flavonoid intake by use of herbs in traditional Danish dishes. *Food Chemistry*; 73, 245-250.
- León, D. D., González-Álvarez, M., Guzmán-Lucio, M. A., Núñez-Guzmán, G. R., & Moreno-Limón, S. (2020). The oregano of the genus *Lippia* (Verbenaceae) and *Poliomintha* (Lamiaceae) in the State of Nuevo León, Mexico. *Polibotánica*, (50), 1-18
- Levitus, G., Echenique, V., Rubinstein, C., Hopp, E., & Mroginski, L. (2010). *Biotecnología y mejoramiento vegetal II*. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Argentina, 258 pp.
- Leyva-López, N., Gutiérrez-Grijalva, E. P., Vazquez-Olivo, G., & Heredia, J. B. (2017). Essential oils of oregano: Biological activity beyond their antimicrobial properties. *Molecules*, 22(6), 989.
- Martínez, B. O. U. & Lara, G. G. J. (2003). Potencial productivo de áreas de temporal en el estado de Coahuila. Una propuesta de conversión productiva. INIFAPCIRNE. Campo Experimental Saltillo. Publicación Especial, (1). Coahuila, México. 89 pp.
- Ocampo-Velázquez, R. V., Malda-Barrera, G. X., & Suárez-Ramos, G. (2009). Biología reproductiva del orégano mexicano (*Lippia graveolens* Kunth) en tres condiciones de aprovechamiento. *Agrociencia*, 43(5), 475-482. Recuperado en 07 de marzo de 2024, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952009000500003&lng=es&tlng=es.
- Orona, C. I., Salvador, A. A. J., Espinosa, A. J. J., & Vázquez, V. C. (2017). Recolección y comercialización del orégano (*Lippia* spp.) en el semi-desierto mexicano, un caso de estudio: reserva ecológica municipal sierra y cañón de Jimulco, México. *Revista Mexicana de Agronegocios*, 41, 684-695. ISSN: 1405-9282.
- Pascual, M. E., Slowing, K., Carretero, E., Sánchez-Mata, D., Villar, A. (2001). *Lippia*: traditional uses, chemistry and pharmacology: A review. *J. Ethnopharmacol*: 76, 201-214.
- Rodríguez, A. M. (2018). Cultivo In vitro: Alternativa al Cultivo tradicional de plantas medicinales. Universidad Complutense, Madrid, España.
- Sandoval, C. H. G. (1982). Investigaciones realizadas sobre orégano (*Lippia palmeri*). Centro de Investigaciones del Noroeste. (Inédito).
- Silva, S. G., de Oliveira, M. S., Cruz, J. N., da Costa, W. A., da Silva, S. H. M., Maia, A. A. B., ... & de Aguiar-Andrade, E. H. (2021). Supercritical CO₂ extraction to obtain *Lippia thymoides* Mart. & Schauer (Verbenaceae) essential oil rich in thymol and evaluation of its antimicrobial activity. *The Journal of Supercritical Fluids*, 168, 105064.
- Soltani, S., Shakeri, A., Iranshahi, M., & Boozari, M. (2021). A Review of the Phytochemistry and Antimicrobial Properties of *Origanum vulgare* L. and Subspecies. *Iran. J. Pharm. Res. IJPR*, 20, 268–285.

- Soto, R. J., Hernández A. F., Franco, R. C., & Silva, R. (2007). Identificación y selección de genotipos de orégano (*Lippia berlandieri* Schauer) sobresalientes en producción de timol y carvacrol. Revista Chapingo Serie Zonas Áridas. 6(1), 25-36
- Soto, R. J., Hernández, A. F., Franco, R. C., & Silva, R. (2007). Identificación y selección de genotipos de orégano (*Lippia berlandieri* Schauer) sobresalientes en producción de timol y carvacrol. Revista Chapingo Serie Zonas Áridas. 6(1), 25-36.
- Stashenko, E. E., Martínez-Jairo, R., Duran-Diego, C., Córdoba Y., & Caballero, D. (2014). Estudio comparativo de la composición química y la actividad antioxidante de los aceites esenciales de algunas plantas del género *Lippia* (*Verbenaceae*) cultivadas en Colombia. CIBIMOL-CENIVAM, Facultad de Ciencias, Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia. Rev. Acad. Colomb. Cienc. 38(Supl.):89-105
- Troncoso, N. S. (1961). Las *Lippia* (Verbenaceae) descritas del Paraguay por Robert Chodat y John Briquet. Darwiniana 12: 256–292.
- Urrea, A. I., Castrillón, P. A., & Monsalve, Z. (2009). Propagación in vitro y dediferenciación tisular en *Lippia dulcis*. Instituto de Biología, Universidad de Antioquia, Colombia. Actualidades Biológicas, 31 (90), 21-29.
- Van-Staden, J. E., & Zazimalova-George, E. F. (2007). Plant Growth Regulators II: Cytokinins, their Analogues and Antagonist. In George, E. F., Hall, M. A., & De Klerk, G. J Plant propagation by tissue culture 3rd Edition The Background Exegetic Basingstone UK. 205-226 pp.
- Villavicencio, E., Martínez, O., Cano, A. & Berlanga, C. (2007). Orégano, recurso con alto potencial. Ciencia y Desarrollo. 33:60-66.

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