

Alternativas para el MANEJO SOSTENIBLE de la producción AGROECOLÓGICA en MÉXICO

Enrique González Pérez
Alma Velia Ayala Garay
Ignacio Orona Castillo



AGRICULTURA
SECRETARÍA DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL

inifap
Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agropecuaria

Centro de Investigación Regional Centro
Campo Experimental Bajío
Celaya, Guanajuato, México
Libro Técnico Núm. 2
Noviembre 2022
ISBN: 978-607-37-1484-6

SECRETARÍA DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL

Dr. Víctor Manuel Villalobos Arámbula
Secretario de Agricultura y Desarrollo Rural del Gobierno de México
Ing. Víctor Suárez Carrera
Subsecretario de Autosuficiencia Alimentaria
Dr. Salvador Fernández Rivera
Coordinador General de Desarrollo Rural
Lic. Ignacio Ovalle Fernández
Titular del organismo Seguridad Alimentaria Mexicana

**INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES, FORESTALES,
AGRÍCOLAS Y PECUARIAS**

Dr. Luis Ángel Rodríguez del Bosque
Encargado del Despacho de los Asuntos Correspondientes a la
Dirección General del INIFAP
Dr. Alfredo Zamarripa Colmenero
Coordinador de Investigación, Innovación y Vinculación
Dr. Luis Ortega Reyes
Coordinador de Planeación y Desarrollo
Lic. José Humberto Corona Mercado
Coordinador de Administración y Sistemas
Dr. Dante Schiaffini Barranco
Titular de la Unidad Jurídica

CENTRO DE INVESTIGACIÓN REGIONAL DEL CENTRO

Dr. Jesús Uresti Gil
Director Regional
Dr. Enrique González Pérez
Director de Investigación
Dr. Héctor Daniel Inurreta Aguirre
Director Coordinación y Vinculación en el Estado de México
Dr. José Antonio Espinosa García
Director de Coordinación y Vinculación en el estado de Hidalgo
Dr. Luis Eduardo Cossio Vargas
Jefe del Campo Experimental Bajío
Dra. Claudia Pérez Mendoza
Jefa del Campo Experimental Valle de México



Alternativas para el **MANEJO SOSTENIBLE** de la producción **AGROECOLÓGICA** en **MÉXICO**



COMPILADORES

ENRIQUE GONZÁLEZ PÉREZ

ALMA VELIA AYALA GARAY

IGNACIO ORONA CASTILLO

Libro técnico No. 2
Instituto Nacional de Investigaciones Forestales,
Agrícolas y Pecuarias
Centro de Investigación Regional Centro
Campo Experimental Bajío, Celaya, Gto.
Noviembre de 2022



Instituto Nacional de Investigaciones Forestales,
Agrícolas y Pecuarias
Progreso No. 5, Barrio de Santa Catarina
Alcaldía Coyoacán, C. P. 04010 Ciudad de México.
Teléfono (55) 3871-8700
www.gob.mx/inifap

Libro Técnico Núm. 2

Alternativas para el MANEJO SOSTENIBLE de la producción AGROECOLÓGICA en MÉXICO

ISBN: 978-607-37-1484-6

Primera Edición 2022
Hecho en México

No está permitida la reproducción total o parcial de esta publicación, ni la transmisión de ninguna forma o por cualquier medio, ya sea electrónico, mecánico, fotocopia, por registro u otros métodos, sin el permiso previo y por escrito de la institución.

Cita correcta: González, P. E., Ayala-Garay, A.V. y Orona-Castillo, I.. 2022. Alternativas para el manejo sostenible de la producción agroecológica en México. Centro de Investigación Regional Centro, Campo Experimental Bajío. Celaya, Gto. México, Libro Técnico No.2. 365p.



CONTENIDO



Pág.

INTRODUCCIÓN	9
PARTE 1: Alternativas para la agricultura orgánica y técnicas de producción	19
Capítulo 1. Fuentes orgánicas de nutrimentos para su uso en la agricultura orgánica..... Enrique González-Pérez, Salvador Villalobos-Reyes, Alma Velia Ayala-Garay y María Concepción Valencia-Juárez.	20
Capítulo 2. Azospirillum y Estiércol Solarizado en las Propiedades del Suelo, Calidad y Rendimiento de Tomate Saladette	56
Alfonso Andrade-Sifuentes, Manuel Fortis-Hernández, Pablo Preciado-Rangel, Rubén Guadalupe Rivera-Gutiérrez, José Guadalupe Gonzales-Quirino e Ignacio Orona-Castillo.	
Capítulo 3. Rizobacterias halófilas promotoras del crecimiento vegetal incrementan el contenido de clorofila en plántulas de pepino	84
Verónica García-Mendoza, Gemma Luz Medina-Reyes, Pedro Cano Ríos, José Luis Reyes-Carrillo, Jorge Sáenz-Mata y Espinosa-Palomeque Bernardo.	
Capítulo 4. Uso de rizobacterias promotoras de crecimiento vegetal en el rendimiento y calidad fitoquímica del cultivo de tomate	101
Manuel Fortis-Hernández, Jesús Martínez-Guerero, Alfonso Andrade-Sifuentes, Pablo Preciado-Rangel, Erika Lagunes-Fortiz y Jorge Saenz-Mata.	
Capítulo 5. Uso de abonos orgánicos en la calidad y propiedades antioxidantes en calabacita italiana en campo	136
Liliana Lara-Capistrán, Elia N. Aquino-Bolaños, Jimena E. Alba-Jiménez, Pablo Preciado-Rangel, Luis G. Hernández-Montiel y Ramón Zulueta-Rodríguez.	
Capítulo 6. Nopal verdura (opuntia ficus-índica) orgánico, una alternativa sustentable, productiva y rentable.	162
Raúl E. Lugo-Palacios, Miguel Á. Gallegos-Robles, Enrique Troyo-Dieguez, Bernardo Murillo-Amador, Aaron D. Lugo-Palacios, José L. García-Hernández	
Capítulo 7. Respuesta de chile chiltepín (capsicum annum l. Var. Glabriusculum) a tipos de sustrato en condiciones de invernadero	186
Juan Pedro Flores-Márgez, Lluvia Pamela Herrera-Arias, Valeria Covarrubias-Rangel, Baltazar Corral-Díaz y Pedro Osuna-Ávila.	



Capítulo 8. Rendimiento y calidad de la nuez en nogal pecanero bajo fertilización mineral y orgánica	209
Linda Citlalli Noperi-Mosqueda, Juan Manuel Soto-Parra, Esteban Sánchez-Chávez y Omar Castor Ponce-García.	
Capítulo 9. Situación actual y evolución de la agricultura orgánica en México	234
Alma Velia Ayala-Garay, Rita Schwentesius-Rindermann, Yoxkin Estévez-Martínez, Enrique González-Pérez, Pablo Preciado-Rangel y Adalit Arias-Aragón.	
PARTE 2: Innovaciones sustentables en la agricultura en México	268
Capítulo 10. Función y mecanismos del ácido salicílico en las plantas	269
Ximena Yadira Ortiz Guerrero, Pedro Osuna Ávila, Joaquín Rodrigo García y Juan Pedro Flores Margez.	
Capítulo 11. Nanofertilizantes: nanotecnología verde una alternativa en la agricultura sostenible	300
Reyna Roxana Guillén-Enríquez, Juan Manuel Nava-Santos, Pablo Preciado Rangel y Esteban Sánchez-Chávez .	
Capítulo 12. Nanotecnología agrícola: principales aplicaciones.....	328
Eduardo Arón Flores-Hernández, Lucio Leos-Escobedo, Mario García-Carrillo, Luz María Ruiz-Machuca, Rubén López-Salazar y Ricardo Israel Ramírez Gottfried	

CAPÍTULO 7

Respuesta de chile chiltepín
(*capsicum annuum* L. Var. *Glabriusculum*)
a tipos de sustrato en condiciones de invernadero



CAPÍTULO 7

Respuesta de chile chiltepín (*capsicum annum* L. Var. *Glabriusculum*) a tipos de sustrato en condiciones de invernadero



Juan Pedro Flores-Márquez¹, Lluvia Pamela Herrera-Arias¹, Valeria Covarrubias-Rangel¹, Baltazar Corral-Díaz¹ y Pedro Osuna-Ávila¹

¹ Universidad Autónoma de Ciudad Juárez (UACJ) – Departamento de Ciencias Químico-Biológicas. Av. Plutarco Elías Calles no. 1210, Foviste Chamizal, Ciudad Juárez, Chihuahua, México. C.P. 32310

* Autor para correspondencia: juflores@uacj.mx

RESUMEN

El chile chiltepín es uno de los principales cultivos hortícolas en México. El objetivo fue evaluar el efecto del tipo de sustrato compuesto por suelo y abono orgánico, en la respuesta agronómica de plantas de chiltepín en invernadero. Se utilizaron cuatro tratamientos: Control (suelo franco-arcilloso), Pistache (Peat moss + arena + residuos de cosecha de pistache), Estiércol (bovino + suelo), Biosólido (Biosólido + suelo). El diseño experimental fue completamente al azar con seis repeticiones. Se analizó el pH, conductividad eléctrica, nitrógeno y fósforo del suelo, la producción y crecimiento de la planta. El pH del suelo varió de 7.2 a 7.37, la conductividad eléctrica mayor fue 3.574 dS m⁻¹ en sustrato con Estiércol y menor de 2.318 dS m⁻¹ en sustrato con Biosólido. La concentración de nitrógeno final varió de 44 a 70 mg kg⁻¹, mientras que el contenido de fósforo del suelo fue entre 76 y 272 mg kg⁻¹. La altura final de las plantas fue 33 cm en tratamiento con Estiércol y el mayor crecimiento de 82 cm en el sustrato con residuos de Pistache. La producción media fue 0.108 ± 0.036 g en peso fresco de 27 chiles, colectados en el tratamiento con Pistache y frutos de 7 mm de diámetro en promedio. La concentración de N inorgánico en el suelo fue mayor en el tratamiento con biosólidos y estiércol, pero menor en el de pistache.

Palabras clave: Residuos orgánicos, hortaliza, nutrientes, salinidad, lodo residual.



INTRODUCCIÓN

México es uno de los países más importantes en el cultivo de chile a nivel mundial y el chile chiltepín (*Capsicum annum* L. var. *glabriusculum*) forma gran parte de la gastronomía mexicana y medicina tradicional en el país (Aguirre y Muñoz, 2015). De igual manera el comercio de estos frutos posee importancia económica para los mexicanos (Bañuelos *et al.*, 2008; Molina *et al.*, 2013). El cultivo del chile chiltepín en condiciones de invernadero requiere de un sustrato apropiado que permita el desarrollo y producción rentable. La elaboración y manejo de un sustrato adecuado es importante permite la disponibilidad de nutrientes y retención de humedad que conllevan a una producción de plantas de alta calidad. En general, en la industria de los invernaderos se cuenta con diferentes tipos de sustratos, esto se basa en mezclar, experimentar y evaluar nuevos materiales, de forma natural, a fin de asegurar un mejor desarrollo vegetal y evitar daños colaterales al ambiente, como han sido el uso de algunos tipos de fertilizantes artificiales y pesticidas tóxicos, de igual manera se mejora el rendimiento económico que estas prácticas ocasionan (Cabrera, 1999; Cruz *et al.*, 2010).

El chile es el fruto de las plantas que pertenecen al género *Capsicum*, el cual está integrado por más de 30 especies, cinco de ellas domesticadas con cerca de 200 variedades (Hernández-Verdugo, *et al.*, 1999). Este género se ubica en la familia *Solanaceae*, subfamilia *Solanoideae*, pertenece a la tribu *Capsiceae*. El género *Capsicum* incluye 26 especies silvestres y cinco especies domesticadas reconocidas actualmente (Montes, 2010). Una de las clasificaciones más aceptadas a nivel mundial es la del Germplasm Resources Information Network (GRIN), la cual refiere 29 especies en total, con algunas modificaciones en relación con las aceptadas actualmente (Bosland y Votava, 2000).



Medina et al. (2010) señalan que el centro de origen y domesticación del chile (*Capsicum annuum* L.) es Mesoamérica, más propiamente México y Guatemala. La distribución de *C. annuum* var. *annuum* es nacional, con una gran diversidad de usos y agrupa la mayoría de los tipos cultivados en México. De acuerdo con Narez-Jiménez et al. (2014) *Capsicum annuum* L., *Capsicum frutescens* L., *Capsicum pubescens*, *Capsicum chinense* y *Capsicum baccatum* L. han sido domesticadas y que *C. annuum* L. es la especie que se tiene considerado de mayor importancia económica.

El chile chiltepín es considerado como el ancestro silvestre de la especie cultivada (Aguilar et al., 2010). De acuerdo con Araiza et al. (2011) el chiltepín está clasificado como *Capsicum annuum* L., variedad *glabriusculum*, sin embargo, ha sido muy difícil para los taxónomos clasificarlo, ya que han dado a esta variedad distintos nombres. Shinnors (1956) propuso el nombre de *C. annuum* var. *minus*. Smith y Heiser (1951) aceptaron que los materiales silvestres de *C. annuum* deberían señalarse como una variedad y no como una especie distinta. Medina et al. (2010) consideran los chiles piquines de Tamaulipas, como *C. annuum* var. *aviculare*. Mientras que CONAFOR (2011) señala los chiltepines de Sonora como *C. annuum* var. *glabriusculum*. El chile piquín se localiza en la mayor parte del país, desde el estado de Tamaulipas hasta Quintana Roo por el lado del Golfo, y desde Sonora y Baja California a Chiapas por el Pacífico. Presenta distintas formas y tamaños, desde redondas a ovaladas. Recibe diferentes nombres según la zona, entre los que podemos mencionar, piquín, chiltepín, quipín, timpinchile, de monte, silvestre, amashito, mashito, mash, chigolito, pico de pájaro, entre otros (Medina et al., 2010; Aguilar et al., 2010 y CONAFOR 2011).



El chiltepín es un arbusto silvestre perenne de hasta 4 m de alto, aunque generalmente mucho más pequeño, su tallo erecto o trepador, ramificado, sus hojas solitarias o en pares en cada nudo, alternas, ovadas, de hasta 10 cm de largo, aunque generalmente más cortas (Araiza *et al.*, 2011; Vibrans, 2009). Las semillas son dispersadas por las aves que comen de los frutos maduros. Su hábitat más favorable es bajo árboles en sitios montañosos que se encuentran a la orilla de arroyos y cañones. Generalmente, se encuentra en vegetación secundaria derivada de selva alta perennifolia y subperennifolia, selva baja caducifolia y bosque caducifolio, a cualquier altitud, con excepción de las muy altas (Araiza *et al.*, 2011; Montes, 2010; Vibrans, 2009). Como cualquier especie, el chiltepín requiere un tipo específico de suelo, la humedad adecuada, nutrientes especiales y condiciones que solo proporciona el entorno natural. Cuando es plantado en macetas, el fruto no tiene la forma, color, tamaño o sabor que se encuentra en la montaña (Bañuelos *et al.*, 2008).

Montes (2010) describe a esta especie como sensible a temperaturas bajas. Una temperatura media de 24 °C es la indicada para su producción. Menciona que cuando la temperatura es menor a los 8 o 10 °C, las plantas detienen su desarrollo. Por otro lado, la polinización se ve afectada por temperaturas superiores a los 35 °C y esto vuelve al fruto muy débil, sobre todo si el aire es seco. La germinación de las semillas se inicia entre los 9 y 16 días. Se considera que una condición de 16 a 32 °C, el crecimiento vegetativo y reproductivo se ve favorecido mientras que a temperaturas debajo de 18 °C se inicia a detener detiene el crecimiento. Burés (2001) y Cabrera (1999) indican que un sustrato es cualquier medio el cual pueda ser de utilidad para cultivar materia vegetal en contenedores. Para trasplantar una plántula a una maceta con el sustrato ya preparado se está expuesta la raíz



desnuda y sufren durante este trasplante algo conocido como rupturas de raicillas (Ramoá, 2014). Se le llama shock de trasplante, al estrés que sufren las raíces, por esta acción que tiene como consecuencia una reducción del crecimiento y desarrollo de la plántula (De Grazia *et al.*, 2007; Feldman, 1984).

Existen sustratos ya comerciales compuestos por varios ingredientes como turba, cortezas, perlita, vermiculita, entre otros, también otra opción es crear un sustrato completo y original con elementos disponibles, como desechos de la agro-industria, como biosólidos, composta de residuos orgánicos variados, como alimentos de desecho de verduras, turba, perlita, cáscara de arroz, es deseable que estos materiales estén libres de semillas de malezas, enfermedades, insectos o sustancias tóxicas para las plantas (Ramoá, 2014; Riviére y Caron, 2001).

Cabrera (1999) y Burés (2001) mencionan que las características más relevantes en el suelo son granulometría, densidad aparente, porosidad, retención de agua y aireación, conductividad hidráulica y temperatura. Las propiedades físicas del sustrato deben incluir materiales que tengan las características de interés, existen algunos materiales inorgánicos comunes que incluyen arena, vermiculita, perlita, arcilla calcinada, piedra pómez y otros subproductos minerales. Por otro lado, los componentes orgánicos más populares incluyen: turba (peat moss), productos de madera (corteza, aserrín, virutas), composta de materia orgánica, lodos de depuradora, fango, estiércol, paja, cascarilla de arroz y de cacahuate, pistache, entre otros. La elaboración de un sustrato dependerá también grandemente no sólo de un ambiente físico propicio, sino también uno químico (Bowman y Paul, 1983). La primera propiedad química del sustrato importante es el pH, de él depende la disponibilidad de nutrientes para las plantas, da valor a su solubilidad y la actividad de los microorganismos, y estos



mineralizan la materia orgánica (NOM-021). Los microorganismos son fundamentales para la mineralización de la materia orgánica, la cual aporta la disponibilidad de nitrógeno en el sustrato (Castellanos *et al.*, 2000). Otros elementos químicos son el calcio, magnesio, potasio y azufre los cuales se encuentran en pH 7 a 8.5. El hierro, manganeso, cobre y zinc son elementos presentes en pH alto precipitan en compuestos insolubles como hidróxidos y óxidos (Ramírez, 1997).

El fósforo es uno de los elementos más importantes en el suelo y en sustratos (Castellanos *et al.*, 2000). Este presenta su mayor disponibilidad con pH entre 6.5 y 7.5, siendo en ese rango donde se presenta la mayor mineralización de compuestos de fósforo orgánico y mineral. El suelo está limitado a cierta disponibilidad de nutrientes. Esto para el material vegetal o cualquier tipo de sembradío es punto clave, ya que la disponibilidad de nitrógeno y fósforo son los nutrientes más importantes y limitantes en los cultivos ya que ayudan al crecimiento de las plantas (Cerón & Gutiérrez, 2012; Ramírez, 1997). Es por ello que se han dedicado investigaciones para generar información acerca de las mezclas de elementos que puedan aportar de manera natural y orgánica estos nutrientes. Flores *et al.*, (2007 y 2013) mencionan que la información acerca de las tasas de mineralización de materia orgánica, en zonas áridas, existe para el estudio del nitrógeno, empleándose técnicas de mezclas en los sustratos para determinar la disponibilidad de este elemento en el suelo, donde se les ha añadido estiércol de bovino lechero (Flores *et al.*, 2008).

De igual manera existen mezclas de sustratos con biosólidos generados en plantas de tratamiento de aguas negras, con sistemas de tipo primario avanzado, para la determinación de este nutriente (Flores *et al.*, 2007). Sin embargo, se sabe que el desarrollo



de este tipo de manejo o uso de estos materiales pueden ser racionales y eficientes, ya que pueden poseer la habilidad de incrementar o mantener la fertilidad del sustrato a través del uso adecuado de los nutrientes, así pues, se requiere información acerca de los mecanismos responsables de la dinámica de dichos elementos (Cerón y Gutiérrez, 2012).

El uso de estiércol y biosólido residuales puede causar problemas de toxicidad cuando se aplica en exceso y reducir la disponibilidad de otros nutrimentos para las plantas, además, el agua de drenaje de los suelos agrícolas se transfiere a los cuerpos de agua (Correll, 1998). Se han reportado suelos arenosos con producción animal intensiva que poseen alta aplicación de estiércol presentan acumulación de fósforo en el perfil del suelo (Flores et al., 2013). La mineralización de la materia orgánica es un proceso que impacta la fertilidad de los suelos o los sustratos, ya que gracias a esta se reciclan los nutrimentos y se puede conocer su disponibilidad, todo esto para hacer más útil el uso de fertilizantes y abonos orgánicos (Flores et al., 2013; Castellanos et al., 2000). Los principales componentes de la materia orgánica en el suelo o en cualquier sustrato son el carbono, nitrógeno, azufre y fósforo (Tapia-Torres y García-Olivía, 2013). Se define a la materia orgánica, como la fracción orgánica de los suelos, exclusiva a residuos vegetales y animales no descompuestos y es considerado un sinónimo de humus. Los especialistas en suelos aún no una definición de este, pero, en general, el término humus designa a las "sustancias orgánicas variadas, de color pardo y negrozco, que resultan de la descomposición de materias orgánicas de origen exclusivamente vegetal" (Julca et al., 2006).

Los objetivos del estudio fueron evaluar el efecto de tipos de sustrato respecto al desarrollo de la planta de chile chiltepín,



determinar el efecto en algunas propiedades físicas y químicas del suelo, así como evaluar la respuesta agronómica de la planta en condiciones de invernadero.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se llevó a cabo durante 2019 en el invernadero de investigación del Cuerpo Académico "Sistemas de Producción Agrícola (CA-UACJ-60)" localizado en el Instituto de Ciencias Biomédicas de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez (UACJ), Chihuahua, México. El invernadero tiene una dimensión de 6 m ancho, 10 m largo y 4 m altura, cubierto con plástico, abanico de extracción para control de temperatura y aireación, panel de humedecimiento para control de humedad relativa, mesas de 1 m de altura con suficiente aireación. Se utilizaron 24 plántulas de chile chiltepín, proporcionadas por docentes del CA-UACJ-60, las cuales ya tenían una altura de 8 a 15 cm y fueron instaladas en macetas. El arreglo fue para un diseño experimental en bloques completamente al azar. Así las repeticiones y tratamientos se agruparon por altura inicial de las plantas (una por maceta) para reducir el error experimental: bloque I: plantas que tenían una longitud entre 8 a 9 cm, bloque II: de 8 a 10 cm, bloque III: de 10 a 11 cm, bloque IV: 11 a 12 cm, bloque V: 12 a 13 cm y bloque VI: de 13 a 15 cm.

Los cuatro tratamientos se manejaron al utilizar macetas con bolsas de plástico (capacidad de 5 Kg) se formaron las unidades experimentales (macetas) mezclando todos los componentes, el primer tratamiento se le denominó *Control* el cual fue compuesto de suelo de jardín únicamente. Otro tratamiento se le denominó *II Pistache*, ya que se elaboró a base de residuos que se acumulan en una huerta de pistache (hoja, tallo, cáscara de pistache y suelo de



cultivo) con un porcentaje de 30% equivalente a 1.5 Kg aproximadamente, junto con Peat moss Tourba de Sphagnum (Premier ®) también a una concentración de 30% y por último se le adicionó 30% de arena en 1 Kg de suelo de jardín. El tercer tratamiento se le denominó III Estiércol, ya que se elaboró con una concentración de 260 g de estiércol seco de caballo, en una dosis de 80 t ha⁻¹ más los 5 Kg de suelo de jardín. El cuarto tratamiento se le denominó como IV Biosólido, ya que se elaboró con 130 g de biosólidos proveniente del tratamiento de aguas residuales, al considerar una dosis en peso húmedo de 40 t ha⁻¹. Las 24 macetas fueron colocadas en una mesa en el invernadero conforme el diseño en bloques. Las plantas se trasplantaron en cada sustrato conforme los tratamientos asignados en las macetas etiquetadas, evitando daño en la raíz, este trasplante e inicio del experimento inició el mes de septiembre del 2019 (Figura 1). Las plantas en macetas se regaron una vez por semana con 1 L de agua, la cual fue filtrada para reducir la salinidad a menos de 0.3 mS/cm. La producción de chile, consistió en cosechar por maceta los frutos ya maduros (bayas rojas) de cada una, y posteriormente se pesaron individualmente en una balanza analítica.

El registro de la temperatura de suelo se realizó con un termómetro, el cual permaneció fijo en la maceta Control Bl y el registro de la humedad se midió con un tensiómetro (Irrrometer ®, SR), el cual permaneció fijo en la maceta Control blI. Estas dos variantes se registraban semanalmente; pero se hizo un análisis mensual. Para la variable de longitud de planta se utilizó una cinta de medir donde se obtuvo un registro de crecimiento semanal. El análisis de pH se realizó al utilizar una relación 1:2 (suelo:agua), esto con las muestras secas, tamizadas y molidas. Este método consistió en pesar 10 g de suelo y se le adicionaron 20 mL de agua desionizada. Después se agitaron las muestras en un agitador mecánico de uso rudo (EBERBACH®) por 15 minutos. Se dejaron



reposar 10 minutos antes de la lectura de pH. Este procedimiento de agitación fue por triplicado. La conductividad eléctrica del suelo se analizó con las mismas muestras donde se midió el pH, al agregar 30 mL de agua para tener una relación 1:5, luego se agitaron en un agitador mecánico de uso rudo (EBERBACH®), y se dejaron reposar 24 h. Este procedimiento se realizó por triplicado, se calibró el conductímetro con la solución de cloruro de potasio (KCl) 0.01 N (Aguilar et al., 1987). El análisis granulométrico del suelo basado en el método de Boyoucos (NOM-021, 2000), consistió en pesar 50 g de suelo de la primera muestra de cada tratamiento y se colocó en un vaso de precipitado de 1 L, continuamente se le añadió 150 mL de agua desionizada. Después se agregó 20 mL de hexametáfosfato de sodio ($\text{NaPO}_3)_6$ para dispersar la materia orgánica del suelo.

El análisis de fósforo del suelo fue mediante el método Olsen (NOM-021, 2000), el cual consistió en pesar 2.5 g de suelo y se colocaron en un matraz Erlenmeyer de 250 mL, se adicionaron 50 mL de solución extractora (NaHCO_3 , 99%) a pH 8.5, se agitó por 30 minutos a 180 oscilaciones por minuto (opm), se filtraron a través de papel filtro (Whatman 42). La determinación de fósforo fue mediante una alícuota de 5 mL del filtrado y se colocó en un matraz aforado de 50 mL, se adiciono agua, y 5 mL de solución reductora y se aforó. Después de la adición de cada reactivo se agito. Al final se leyó la absorbancia después de 30 minutos, y antes de una hora a 882 nm con espectrofotómetro marca Thermo Genesys 10®.

El método para la determinación de nitrógeno inorgánico ($\text{N-NH}_4^+ + \text{NO}_3^-$) fue por destilación y arrastre de vapor con un equipo Labconco®, el cual consistió en la extracción de nitrato y amonio intercambiable por equilibrio de las muestras de suelo con cloruro de potasio 2N y su determinación mediante arrastre de vapor en presencia de óxido de magnesio. La adición de la aleación de



Devarda permite incluir la determinación de nitratos y nitritos (NOM-021-RECNAT-2000; Aguilar *et al.*, 1987). Se realizó un análisis de varianza con los datos obtenidos, elaborando una comparación múltiple de medias Tukey para la diferenciación de cada tratamiento a un nivel de significancia de 0.05. Se confirmó la normalidad de datos con la prueba de Kolmogorov-Smirnov con el programa SPSS versión 25.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Registro sobre temperatura y humedad del suelo

Las variables temperatura y humedad del suelo en los sustratos que se registraron durante toda la experimentación fluctuaron por tratarse del cambio de estación otoño a invierno, aun en invernadero. Al inicio del estudio, la temperatura del suelo alcanzó hasta 23 °C y fue disminuyendo al llegar la época invernal, hasta 9 °C en febrero, y la media de temperatura en invernadero estuvo entre 10 y 15 °C (Figura 2). La planta de chile chiltepín en su ambiente natural de bosques templados y subtropicales está sometida a una temperatura entre 15 a 30 °C (Araiza *et al.* 2011). Es importante señalar que la temperatura afecta diversos procesos microbiológicos y químicos dentro del sustrato, y en la actividad radicular, como son las interacciones biológicas y reacciones químicas, la difusión de gases y el drenaje del agua, entre otros (Burés, 2001). El registro de humedad del suelo muestra que para el mes de octubre la tensión de humedad fue de 25 cbar, es decir lo más seco que se tuvieron los sustratos, sin embargo, la humedad media se mantuvo entre los 15 cbar, lo cual es cercano a la capacidad de campo que es apropiado para la función apropiada de las raíces y desarrollo de las plantas de chile chiltepín (Figura 3).



Crecimiento vegetal

El crecimiento de las plantas de chiltepín registrado fue útil para comparar la respuesta en los tipos de sustratos, de tal forma que las plantas que mostraron una longitud mayor aproximadamente de 1.0 m fueron del tratamiento de sustrato con residuos de *Pistache*, seguido de las plantas con el *Control* (Figura 4). El análisis de varianza para el crecimiento vegetal indicó diferencias altamente significativas ($p < 0.01$). En el Cuadro 1 se puede observar que, para el efecto de los sustratos, la F calculada es muy grande al evidenciar efecto altamente significativo. Esto comprueba la hipótesis planteada de encontrar al menos un sustrato con mejor respuesta al desarrollo de las plantas de chiltepín. La prueba de comparación múltiple de Tukey, indica que el tratamiento *II Pistache* fue el mejor estadísticamente, con un promedio en altura de plantas superando al resto de los tratamientos. En el Cuadro 2 se nota que el sustrato que contenía estiércol tratamiento *III* fue el que alcanzó menor altura con 40.75 cm. Esto quizá fue provocado por el nivel de salinidad que se presentó con este sustrato y el chile es muy susceptible a las sales solubles en el suelo (Castellanos *et al.*, 2000; CONAFOR, 2011).

pH de los sustratos

De acuerdo con el análisis de varianza no se detectaron diferencias significativas ($p > 0.05$) entre los cuatro sustratos evaluados para el pH del suelo al final del cultivo (Cuadro 3). Los promedios de pH del suelo (sustratos) son iguales estadísticamente conforme la prueba de Tukey (Cuadro 4). De esta manera se demuestra que el pH de los tratamientos no fue alterado por los tipos de sustratos evaluados y tampoco fue un factor que afectara el crecimiento de las plantas. El rango del pH registrado en suelo en este estudio fue ideal para la disponibilidad de nutrientes y absorción por las plantas en lo general (Castellanos *et al.*, 2000), evidentemente fue un pH del suelo favorable a plantas de chiltepín.



Conductividad eléctrica de los sustratos

La concentración de sales solubles medida a través de la conductividad eléctrica en los sustratos mostró diferencias altamente significativas ($p < 0.05$) entre tratamientos (Cuadro 5). La comparación de promedios descrita en el Cuadro 6, muestra que el tratamiento *III Estiércol* presentó una media mayor significativamente que el resto de los tratamientos. En correlación con el desarrollo de la planta de chile, se asume que la conductividad más adecuada, es la del tratamiento *II Pistache* que fue de 2.3 dS m^{-1} . Esta conductividad fue la que les permitió a las plantas de chiltepín un mejor desarrollo y producción. Es apropiado resaltar que la conductividad eléctrica es la concentración de sales en la solución del sustrato y para que no exista limitación en la disponibilidad de nutrientes que puedan afectar el intercambio catiónico, es deseable niveles menores a 4 dS m^{-1} de conductividad eléctrica, lo cual fue observado en este estudio. Burés (2001) describe que los componentes como el peat moss o restos orgánicos, poseen una pequeña cantidad de nutrientes y sales solubles, mientras que abonos con excremento de animales como el estiércol utilizado presentan niveles más elevados (Flores *et al.*, 2008).

Fósforo inorgánico en los sustratos

Los tratamientos *estiércol* y *control* resultaron mayor significativamente ($p < 0.05$) en la concentración de fósforo del suelo (Cuadro 7), mientras que el tratamiento con residuos de pistache tuvo la menor concentración con 76.5 mg kg^{-1} . También debe destacarse que el tratamiento con biosólido tuvo menor contenido de fosfatos que el control, de acuerdo con la norma NOM-021 (2000) que establece las especificaciones de fertilidad de suelos, valores mayores a 11 mg kg^{-1} se consideran altos, así que lo encontrado en este estudio es extremadamente alto en fósforo a nivel excesivo para las plantas de chile chiltepín, aún el tratamiento con residuos



de plantas de pistache resulto excesivo en fósforo, pero en este no se limitó el crecimiento de plantas debido al buen drenaje del sustrato, lo cual es deseable en la elaboración de sustratos para crecimiento de plantas en invernaderos (CONAFOR, 2011).

Nitrógeno inorgánico de los sustratos

Los análisis del nitrógeno inorgánico del suelo incluyen en forma de amonio y nitratos, analizados al final del experimento, por ello representan el nitrógeno residual en cada sustrato donde creció la planta de chile chiltepín. En el Cuadro 8 se observa que el tratamiento con pistache resultó menor significativamente ($p < 0.05$) al resto de los tratamientos, donde el suelo mezclado con biosólidos tuvo la mayor concentración, pero fue igual estadísticamente que los tratamientos con estiércol y el control. Podría explicarse que las plantas de chiltepín en este tratamiento (pistache) pudieron proporcionar el suficiente nitrógeno proveniente de los residuos de la huerta de pistache y su descomposición o mineralización a través del ciclo del cultivo (Castellanos *et al.*, 2000; Flores *et al.*, 2008), lo cual abasteció la demanda de la planta y su producción. Aunque las plantas de chiltepín tuvieron mejor desarrollo con el tratamiento de residuos vegetales de pistache, debido al buen drenaje y mayor aireación del sustrato, no obstante, la menor concentración de nitrógeno es importante destacar que también la concentración de nitrógeno en este tratamiento fue suficiente para suministrar la demanda nutrimental de las plantas. De acuerdo con la norma NOM-021 (2000) de 40 a 60 mg kg⁻¹ se considera alto, es decir los 44 mg N kg⁻¹ (Cuadro 8) en el tratamiento con residuos de pistache representarían los 120 kg ha⁻¹ que demanda de N un cultivo de chile (Castellanos *et al.*, 2000).



Contenido granulométrico de los sustratos

El análisis de textura o granulométrico del suelo (sustratos) resultó que en el *I Control* fue Franco-Limosa, para la mezcla de *II Pistache* Franco-Arenosa, para el sustrato con *III Estiércol* fue Arenosa-Franca, y finalmente para el suelo con *IV Biosólido*, presentó una textura Franco-Limosa. La cantidad de arena, arcilla y limo que conforman el análisis granulométrico, representan un indicativo relacionado a la porosidad, aireación o retención de humedad del suelo (Ortiz, 2010). El tratamiento *II Pistache* fue el tratamiento que más favoreció al desarrollo de la planta y en la producción de chiles chiltepín. El tipo de sustrato en este tratamiento fue Franco-Arenoso, tipo de textura que consiste en un mayor equilibrio entre sus componentes, al ser parte arenoso, permiten tener una excelente aireación (Blanquer *et al.*, 2010; Ortiz, 2010). Los componentes más importantes en este tratamiento son la capacidad de drenaje y aireación, estas son las características indispensables en el cultivo de chile en macetas, la adición de arena y peat moss fue clave para cumplir con estas características, ya que el diámetro de las partículas de arena oscila de 2 a 0.05 mm permitiendo un buen drenaje y aireación, el peat moss, tiene una porosidad de aproximadamente de 93% de los 5 kg de sustrato. Esto en combinación con la materia orgánica que se adicionó de los restos de cultivo de pistache, se obtiene el sustrato ideal (Cabrera, 1999; CONAFOR, 2011).

En comparación con los tratamientos *III Estiércol* y *IV Biosólido*, se estima que estos tipos de abonos orgánicos al mezclarse con suelo de jardín (textura franco-limoso), pueden aumentar la retención de humedad y elevar ligeramente la salinidad del suelo, lo cual no es un medio favorable para el caso de la planta de chiltepín, la cual muestra que desarrolla mejor en sustratos más aireados y con buen drenaje como resultado la mezcla de arena con peat moss y residuos



de huerto de pistache. Estos tipos de abono orgánicos favorecen el crecimiento de otro tipo de plantas porque se cree que en exceso pueden causar problemas de toxicidad y reducen la utilización de otros nutrientes (Blanquer et al.; Correll, 1998).

Respuesta agronómica de chile chiltepín

El cultivo de chile chiltepín fue desarrollado durante un periodo 6 meses, de septiembre 2019 a febrero 2020 en invernadero. La primera floración de la planta fue en el mes de octubre, en noviembre y diciembre se presentaron las primeras bayas inmaduras y finalmente en enero se presentó fruto maduro de chiltepín. En la Figura 5 se presenta una serie de fotografías de las etapas fenológicas del chiltepín. Las únicas plantas que dieron fruto fueron las del tratamiento de *Il Pistache*. Se realizaron dos cosechas de chiltepín, la primera en enero y la segunda en febrero, Aunque se contó con la cantidad de frutos cosechados y el diámetro, lo cual refleja la producción por planta para indicar la capacidad de producción, sin embargo, solo con el tratamiento de pistache se lograron frutos. Una posible explicación de porque los otros tratamientos no fructificaron lo suficiente fue debido al poco crecimiento limitado por la aireación del sustrato y poco crecimiento radicular, por lo que las plantas en los tratamientos de estiércol y biosólidos produjeron muy pocas flores que no llegaron a fruto. Se registró el total de chiles de cada maceta, y se calculó un promedio general del peso total por planta, el cual fue 0.0007723 kg. Esto indica menos de 1g pta^{-1} , es muy baja la producción, por eso es importante correlacionar con número de frutos y tamaño. Con los cálculos de densidad de siembra se estimó que el número total de plantas por hectárea podría ser de 22,200 plantas de chiltepín. La estimación de productividad indica que se obtendrían 17.145 kg ha^{-1} de producción de chile chiltepín por semana. Es importante señalar que únicamente se cosecho 2 veces. En un estudio



realizado por Megchún *et al.* (2009), la densidad de siembra de chile piquín o chiltepín fue 25,000 plantas por hectárea, no muy alejado de los cálculos de la producción de nuestro estudio. Sin embargo, hay que resaltar que a medida que pasa el tiempo de cultivo se va aumentando la productividad de la planta de chiltepín, ya que si se compara la producción de Megchún *et al.* (2009) con esta investigación, tendrían que emplearse fertilizantes adicionales. Finalmente, como meta de esta investigación, se colocaron las seis plantas de chile del tratamiento II Pistache en un huerto urbano bajo un árbol de Higo para seguir su monitoreo como agricultura de traspatio en zonas urbanas.

CONCLUSIONES

El tratamiento de sustrato compuesto por la mezcla de arena, peat moss y residuos vegetales de una huerta de pistache colectada en el Valle de Juárez, fue la que tuvo el mayor crecimiento y producción de chile chiltepín durante 180 días del estudio en condiciones de invernadero. Aunque este sustrato mostro menor contenido de nitrógeno y fósforo inorgánicos, las cantidades disponibles y mineralizadas de la materia orgánica fueron suficientes para abastecer la demanda nutrimental del chile chiltepín. La menor aireación y mayor retención de humedad mostrada en los sustratos del suelo control, el adicionado con biosólidos y estiércol, resultaron en menor crecimiento y producción de las plantas. Lo cual comprueba que el chiltepín en invernadero prospera mejor en sustratos con textura franco-arenosa, que conllevan a alta aireación, eficiente drenaje, con niveles de 76 mg kg^{-1} de fosforo y 44 mg kg^{-1} de nitrógeno inorgánicos.



AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez (UACJ), Departamento de Ciencias Químico-Biológicas, Laboratorio de Ciencias Ambientales, por los apoyos de infraestructura, servicios, análisis físicos y químicos de muestras. A los alumnos del Programa de Biología al realizar sus tesis en esta investigación.



REFERENCIAS

- Aguilar, A.; Etchevers, J.D.; Castellanos, J.Z. y Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo (SMCS). 1987. Análisis químico para evaluar la fertilidad del suelo. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. Primera Edición. Chapingo, Edo. Mex., México. 215 p.
- Aguilar, V.; Corona, T.; López, P.; Latournerie, L.; Ramírez, M.; Villalón, H. y Aguilar, J. 2010. Los chiles de México y su distribución. SINAREFI, Colegio de Postgraduados, INIFAP, ITConkal, UANL, UAN. Texcoco, Estado de México, México. 114 p.
- Aguirre, E. y Muñoz, V. 2015. El chile cómo alimento. México, Revista Ciencia. 66(3):16-23.
- Araiza, N.; Araiza, E. y Martínez, J.G. 2011. Evaluación de la germinación y crecimiento de Plántula de Chiltepín (*Capsicum annum* L variedad *glabriusculum*) en invernadero. Colombia, Revista Colombiana de Biotecnología. 13(2):170-175.
- Bañuelos, N.; Salido, P. y Gardea, A. 2008. Etnobotánica del chiltepín: Pequeño gran señor en la cultura de los sonorenses. México, Estudios Sociales. 16(32):178-205.
- Blanquer, J.; Ibáñez, S. y Moreno, H. 2010. La textura del suelo. Universidad Politécnica de Valencia. España. 8 p.
- Bosland, P. y Votava. E. 2000. Peppers: Vegetable and Spice Capsicums. Crop Production Science in Horticulture 12. CAB International Publishing. Wallingford, England, UK. 204 p.
- Bowman, D. y Paul, J. 1983. Understanding of container media vital knowledge for growing successful plants. Pacific Coast Nurseryman and Garden Supplier Dealer. March Issue.
- Burés, S. 2001. Manejo de Sustratos. Curso de Gestión de viveros forestales. Burés S.A., C/ Badal 19-21.
- Castellanos, J.; Uvalle, J. y Aguilar, A. 2000. Manual de interpretación de análisis de suelos y aguas agrícolas, plantas y ECP. Instituto de Capacitación para la Productividad Agrícola. Chapingo, Edo. de México. 226p.



- Cabrera, R. 1995. Fundamentos de la gestión de los medios de transporte en contenedores. Parte. 1. Propiedades físicas. Rutgers Cooperative Extension Factsheet No. 950. 4 p.
- Cabrera, R. 1999. Propiedades, uso y manejo de sustratos de cultivo para la producción de plantas en maceta. México, Revista Chapingo Serie Horticultura. 5(1): 5-11.
- Cerón, L. y Aristizábal, F. 2012. Dinámica del ciclo del nitrógeno y fósforo en suelos. Colombia, Revista Colombiana de Biotecnología. 14(1): 285-295.
- Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). 2011. Técnicas para el establecimiento y producción de chiltepín silvestre, bajo un sistema agroforestal en Sonora. *Capsicum annum* L. var. *glabriusculum* (Dunal) Heiser.
- Correll, D.L. 1998. The role of phosphorus in the eutrophication of receiving waters. *Journal of Environmental Quality*. 27(2): 261-266.
- Cruz, E.; Sandoval, M.; Volke, V.; Ordaz, V.; Tirado, J.L. y Sánchez, J. 2010. Generación de mezclas de sustratos mediante un programa de optimización utilizando variables físicas y químicas. México, *Terra Latinoamericana*. 28(3): 219-229.
- De Grazia, J.; Tiftonell, P.; y Chiesa, Á. 2007. Efecto de sustratos con compost y fertilización nitrogenada sobre la fotosíntesis, precocidad y rendimiento de pimiento (*Capsicum annum*). *Ciencia e Investigación Agraria*. 34(3): 195-204.
- Feldman, L. J. 1984. Regulation of root development. *Annual Review of Plant Physiology*. 35(1): 223-242.
- Flores, J. P.; Valero, C.; Osuna, P.; Corral, B.; Shukla, M. K. y Salazar, E. 2013. Textura del suelo y tipo de agua de riego en la disponibilidad de fósforo de estiércol bovino. México, *Terra Latinoamericana*. 31(3): 211-220.
- Flores, J. P.; Corral, B. y Sapien, C. 2007. Mineralización de nitrógeno de biosólidos estabilizados con cal en suelos agrícolas. México, *Terra Latinoamericana*. 25(4): 409-417.



- Flores, J. P.; Corral, B. y Sapien, C. 2007. Mineralización de nitrógeno de biosólidos estabilizados con cal en suelos agrícolas. México, Terra Latinoamericana. 25(4): 409-417.
- Flores, J. P.; Sotomayor, V. y Corral, B. 2008. Nitrógeno mineralizable de estiércol bovino lechero en suelo cultivado con algodónero. Ciencia en la Frontera: Revista de Ciencia y Tecnología. 6: 119-131.
- Hernández, S.; Dávila, P. y Oyama, K. 1999. Síntesis del conocimiento taxonómico, Origen y domesticación Del género Capsicum. México, Boletín de la Sociedad Botánica de México. 64: 65-84.
- Julca, A.; Meneses, L.; Blas, R. y Bello, S. 2006. La materia orgánica, importancia y experiencia de su uso en la Agricultura. Chile, Idesia (Arica). 24(1): 49-61.
- Lacasta, C.; Benítez, M.; Maire, N. y Meco, R. 2006. Efecto de la textura del suelo sobre diferentes parámetros bioquímicos. In VII Congreso SEAE: Agricultura y Alimentación Ecológica. Toledo, España.
- Medina, T.; Villalon, H.; Perez, J. M.; Sánchez, G. y Salinas, S. 2010. Avances y perspectivas de investigación del chile piquín en Tamaulipas, México. México, Ciencia UAT. 4(4):16-21.
- Megchún, J.; Rebolledo, A.; Del Angel, L.; Capetillo, A. y Velázquez, J. 2009. Densidades de siembra y cubierta plástica de chile piquín intercalado en guanábana. III Foro Internacional Biológico Agropecuario. Universidad Veracruzana- 519-531pp.
- Molina, C.; Morales, A. y Márquez, A. 2013. Técnicas para el establecimiento y producción de chiltepín silvestre, bajo un sistema agroforestal en Sonora, México. Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). Manual Técnico. 41p.
- Montes, H.; López, P y Ramírez, M. 2010. Recopilación y Análisis de la información existente de las especies del género Capsicum que crecen y se cultivan en México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). Informe Final. 10p.



- Narez, C.; De la Cruz, E.; Gómez, A.; Castañón, G.; Cruz, A. y Márquez, C. 2014. La diversidad morfológica in situ de chiles silvestres (*Capsicum* spp.) de Tabasco, México. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 37(3): 209-215.
- Norma Oficial Mexicana 021-RECNAT-2000. 2002. Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreos y análisis. *Diario Oficial de la Federación*; 31 de diciembre 2002. Selección (II). México.
- Ortiz, S. 2010. *Edafología*. 8va. Edición. Departamento de Suelos. Universidad Autónoma Chapingo. Estado de México. 335 p.
- Ramo, M. 2014. Producción de plantines. *Floricultura/Horticultura*. 1(30):1-5. Doi: <https://doi.org/10.1007/s13398-014-0173-7.2>.
- Rivière, L. y J. Caron. 2001. Research on substrates: state of the art and need for the coming 10 years. *Acta Horticulturae*. 548: 29-41. Doi: 10.17660/ActaHortic.2001.548.1.
- Ramírez, R. 1997. *Propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos Santa Fé B*; © CONVENIO FENALCE - SENA - SAC.
- Smith, P. y Heiser, B. 1951. Taxonomic and Genetic Studies on the Cultivated Peppers, *Capsicum annuum* L. and *Capsicum frutescens* L. *American Journal of Botany*, 38:362-368.
- Shinners L. 1956. Technical names for the cultivated *Capsicum* peppers. *Baileya* 4:81-83.
- Tapia, Y. y García, F. 2013. La disponibilidad del fósforo es producto de la actividad bacteriana en el suelo en ecosistemas oligotróficos: Una revisión crítica. *Terra Latinoamericana*, 31(3): 231-242.
- Vibrans, H. 2009. *Malezas de México*. Solanaceae *Capsicum annuum* L. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). Ficha Informativa. Consultada 30 de septiembre del 2021. <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/solanaceae/capsicum-annuum/fichas/ficha.htm>.



Comité Editorial del CIRCE

Vocales

Dr. Jesús Urestí Gil Presidente
Dr. Venancio Cuevas Reyes Secretario
Dr. Enrique Buendía Rodríguez
Dr. Eliel Martínez cruz
Dra. María Guadalupe Herrera Hernández
Dr. Germán Buendía Rodríguez
Dra. Blanca Moreno Gómez
Dr. Jesús Soria Ruiz
Dr. Luis Antonio Mariscal Amaro
Dr. Víctor Pecina Quintero

Edición

Comité Editorial del CIRCE

Diseño y formación

Lic. Leticia Zaldivar Reza

Comité Revisor

Dra. Erica Muniz Reyes
Investigadora del CEVAMEX-INIFAP
Dr. Eduardo Espitia Rangel
Investigador del CEVAMEX-INIFAP
Dra. Guillermina Martínez Trejo
Investigadora del CEVAMEX-INIFAP
Dr. Cirilo Vázquez Vázquez
Investigador de la Universidad Juárez del Estado de Durango
Dr. Urbano Nava Camberos
Investigador de la Universidad Juárez del Estado de Durango
Dr. José Luis García Hernández
Investigador de la Universidad Juárez del Estado de Durango

Código INIFAP

MX-0-310301-52-06-30-06-02

Esta publicación se terminó el 30 de noviembre de 2022
en el Campo Experimental Bajío,
Celaya, Gto.

Publicación Electrónica - Internet

la biblioteca digital del INIFAP:

https://vun.inifap.gob.mx/BibliotecaWeb/_Content

www.gob.mx/inifap





AGRICULTURA
SECRETARÍA DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL

inifap
Instituto Nacional de Investigaciónes,
Tecnología y Servicios Agrícolas

www.gob.mx/inifap

La agricultura agroecológica evita el uso de productos químicos en el cultivo de verduras, hortalizas, frutas y/o tubérculos. El consumo de alimentos producidos bajo un sistema sostenible se ha convertido en una tendencia entre la población que busca cuidar su salud y el medio ambiente. En México poco a poco se ha tomado conciencia de los daños ocasionados por la utilización de agentes químicos y plaguicidas en la producción de alimentos, en consecuencia, la agricultura ha experimentado cambios en los sistemas de producción. El desarrollo de tecnologías para la producción agrícola se ha innovado con el paso del tiempo y de las exigencias de los consumidores, por ello esta recopilación bibliográfica busca mostrar un panorama de las nuevas técnicas y tecnologías implementadas en el campo México para la producción de alimentos sustentables. En cuanto a las técnicas de producción, el empleo de fertilizantes y fuentes orgánicas para nutrir el suelo han permitido incrementar las propiedades de suelo, calidad y rendimiento de ciertos cultivos. Actualmente se han desarrollado una variedad de alternativas que van desde la composta de origen vegetal, humus de lombriz, abonos verdes y restos vegetales, como mejoradores de las condiciones de fertilidad de los suelos y nutrición de la planta.



 @inifapmx

 @inifap

 /INIFAP1

 @inifap