

Uso de enmienda orgánica y microorganismos eficientes en chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.)

Use of organic amendment and efficient microorganisms in Habanero peppers (*Capsicum chinense* Jacq.)

Carlos Ernesto Aguilar Jiménez¹, Ferman Alberto Nandayapa Solís²,
Isidro Zapata Hernández³, José Galdámez Galdámez⁴,
Franklin B. Martínez Aguilar⁵, Héctor Vázquez Solís⁶



Siembra 11 (1) (2024): e5875

Recibido: 01/12/2023 Revisado: 05/01/2024 / 19/02/2024 Aceptado: 21/02/2024

¹ Universidad Autónoma de Chiapas. Facultad de Ciencias Agronómicas. Carretera Tuxtla Gutiérrez-Villaflores Km. 84.5. Villaflores. Chiapas, México. C.P. 30470.

✉ ejimenez@unach.mx

🌐 <https://orcid.org/0000-0002-6332-1771>

² Universidad Autónoma de Chiapas. Facultad de Ciencias Agronómicas. Carretera Tuxtla Gutiérrez-Villaflores Km. 84.5. Villaflores. Chiapas, México. C.P. 30470.

✉ 1180070@unach.mx

🌐 <https://orcid.org/0009-0008-6220-4785>

³ Universidad Autónoma de Chiapas. Facultad de Ciencias Agronómicas. Carretera Tuxtla Gutiérrez-Villaflores Km. 84.5. Villaflores. Chiapas, México. C.P. 30470.

✉ chilo0602@hotmail.com

🌐 <https://orcid.org/0000-0003-1732-7993>

⁴ Universidad Autónoma de Chiapas. Facultad de Ciencias Agronómicas. Carretera Tuxtla Gutiérrez-Villaflores Km. 84.5. Villaflores. Chiapas, México. C.P. 30470.

✉ jose.galdamez@unach.mx

🌐 <https://orcid.org/0000-0002-2931-1596>

⁵ Universidad Autónoma de Chiapas. Facultad de Ciencias Agronómicas. Carretera Tuxtla Gutiérrez-Villaflores Km. 84.5. Villaflores. Chiapas, México. C.P. 30470.

✉ franklin.martinez@unach.mx

🌐 <https://orcid.org/0000-0003-2666-5863>

⁶ Universidad Autónoma de Chiapas. Facultad de Ciencias Agronómicas. Carretera Tuxtla Gutiérrez-Villaflores Km. 84.5. Villaflores. Chiapas, México. C.P. 30470.

✉ hector.vazquez@unach.mx

🌐 <https://orcid.org/0000-0002-3865-9922>

*Autor de correspondencia:
1180070@unach.mx

SIEMBRA

<https://revistadigital.uce.edu.ec/index.php/SIEMBRA>

ISSN-e: 2477-8850

Periodicidad: semestral

vol. 11, núm 1, 2024

siembra.fag@uce.edu.ec

DOI: <https://doi.org/10.29166/siembra.v11i1.5875>



Esta obra está bajo una licencia internacional Creative Commons Atribución-NoComercial

Resumen

El chile habanero constituye una de las hortalizas más importantes en la cultura culinaria de México debido a sus características aromáticas singulares. Su cultivo se concentra en el sur y sureste de México, usándose típicamente los principios de la agricultura convencional. Bajo este modelo se utilizan grandes cantidades de fertilizantes y plaguicidas, lo que afecta la producción con inocuidad. Con el objetivo de evaluar dos proporciones de composta como sustrato (100 y 50 %), además de un testigo, con y sin la aplicación de microorganismos eficientes (EM), bajo un diseño completamente al azar, se realizó un ensayo en Villaflores, Chiapas, México (N 16° 32' y W 93° 45'). Los seis tratamientos tuvieron cinco repeticiones, cada una con cinco plantas. Las plántulas se trasplantaron a los 21 días después de la siembra (DDS) en bolsas de polietileno con las proporciones señaladas. El manejo orgánico se fundamentó en la aplicación del biofertilizante cada ocho días, hasta los 64 DDS. Los parámetros evaluados fueron altura de planta, diámetro de tallo, número y peso de frutos, así como diámetro polar y ecuatorial. Se realizó análisis de varianza, pruebas de medias (Tukey $p \leq 0,05$) y correlaciones simples (Pearson). Se determinó superioridad estadística de los parámetros evaluados en los tratamientos de uso de la enmienda orgánica en sus dos proporciones, mejorándose las variables fenológicas y de rendimiento con la aplicación de los EM, en simetrías del 5 al 20 %. Las correlaciones señalaron correspondencia de las variables fenológicas y de los componentes de rendimiento del chile habanero.

Palabras clave: composta, montaña, orgánico, producción.

Abstract

The Habanero chilli peppers are one of the most important vegetables in Mexico's culinary culture due to its unique aromatic characteristics. Its cultivation is concentrated in the south and southeast of Mexico, typically using the principles of conventional agriculture. According to this model, large quantities of fertilizers and pesticides are used, affecting production safety. In order to evaluate two proportions of compost as substrate (100 and 50 %) in addition to a control, with and without the application of efficient microorganisms (EM), under a completely randomized design, a

trial was conducted in Villaflores, Chiapas, Mexico (N 16° 32' and W 93° 45'). The six treatments had five replicates, each with five plants. Seedlings were transplanted 21 days after sowing (DAS) in polyethylene bags with the indicated proportions. Organic management was based on the application of biofertilizer every eight days until 64 days after sowing. The parameters evaluated were plant height, stem diameter, fruit number and weight, as well as polar and equatorial diameter. Analysis of variance, mean tests (Tukey $p \leq 0.05$) and simple correlations (Pearson) were performed. Statistical superiority was determined for the parameters evaluated in the treatments using organic amendment in its two proportions, improving phenological and yield variables with the application of EM, in symmetries of 5 to 20 %. Correlations showed correspondence of phenological variables and yield components of Habanero chili peppers.

Keywords: compost, mountain, organic, production.

1. Introducción

La agricultura fundamentada en la aplicación de paquetes tecnológicos ha tenido impactos negativos en los elementos ecológicos, económicos y sociales de los sistemas productivos; por lo anterior, se requiere realizar esfuerzos importantes para incrementar y mantener la productividad agrícola, y salvaguardar la viabilidad ecológica de los ecosistemas agrarios y silvestres (Martínez-Centeno y Huerta-Sobalvarro, 2018). Esta agricultura ha provocado la degradación del suelo y contaminado al manto freático debido al uso excesivo de fertilizantes inorgánicos que tienden a lixiviarse rápidamente (González-Reyes et al., 2015). La agricultura y la ganadería intensiva, la aplicación de agroquímicos y la sobreexplotación de los recursos naturales ponen en riesgo la biodiversidad de los agroecosistemas y contribuyen al cambio climático (Reyes-Palomino y Cano-Ccoa, 2022). Este estado ecológico vulnerable en que se encuentra la agricultura industrial constituye una amenaza importante para la seguridad alimentaria de la humanidad (Altieri y Nicholls, 2018). Los efectos adversos de la agricultura moderna sobre los recursos naturales en los agroecosistemas tropicales, tienden a ser más expeditos, debido a las dinámicas propias de los ambientes cálidos (Ojeda Bustamante e Íñiguez Covarrubias, 2011). Lo anterior ha llevado a la búsqueda de alternativas de producción cuyo enfoque se sustente en potencializar el uso de los recursos naturales locales, a través de tender puentes para el desarrollo de los ciclos naturales, buscando además una producción con inocuidad alimentaria y climáticamente inteligente.

La agricultura orgánica prohíbe el uso de fertilizantes sintéticos y permite solamente abonos naturales en los sistemas productivos (Rizo-Mustelier et al., 2017). Esta agricultura se caracteriza principalmente por el uso de diversas técnicas de producción que intentan mantener un equilibrio y una armonía con la naturaleza (Gil y Vivar, 2018). En la actualidad, la agricultura orgánica es el modelo emergente a seguir debido a que elimina el uso de agroquímicos sintéticos que impactan de manera adversa al ambiente, y para ello se privilegia la práctica de fertilización biológica con productos naturales (Díaz Franco et al., 2016). De Luna-Vega et al. (2018) mencionan que los efectos negativos de las actividades agrícolas en el medio ambiente, han generado la implementación de prácticas sustentables de fertilización en todos los sistemas de producción, constituyendo esto un elemento central de la agricultura orgánica. En muchas esferas se considera a la agroecología y la agricultura orgánica como sinónimos, visión que se trata de promover, pero el paradigma sigue siendo el mismo, producir alimentos de acuerdo con la naturaleza, no contra ella (Soto, 2020). La práctica de la agricultura orgánica se fundamenta en el uso de alternativas agroecológicas que sustituyan a los insumos de origen industrial y que sean pertinentes localmente. Se destacan en la agricultura tropical el uso de las enmiendas orgánicas y de los microorganismos eficientes que han demostrado efectos positivos en el corto plazo para fundamentar los procesos de producción en los cultivos hortícolas.

Los abonos orgánicos constituyen una de las alternativas fundamentales en el grupo de productos utilizados en la agricultura orgánica, especialmente aquellos que se obtienen a partir de fuentes orgánicas de carácter reciclables como el compost y la lombricomposta (Luna Murillo et al., 2015). El uso de los abonos orgánicos contribuye al mejoramiento de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo a través de la incorporación de nutrientes por medio de la regulación del balance hídrico (Cotrina-Cabello et al., 2020). Además, el uso de abonos orgánicos como la composta son alternativas para reducir los costos de producción esencialmente cuando se habla de fertilización inorgánica en cultivos hortícolas (González-Betancourt et al., 2020). Los efectos benéficos del uso de las enmiendas orgánicas en los cultivos hortícolas son reconocidos debido a que estas aportan, materia orgánica en cantidad y calidad y nutrientes esenciales, $N-NH_4^+$, $N-NO_3^-$, P, K, Ca, Mg, Na, Fe, Mn, Cu, Zn y B, a los suelos agrícolas, lo cual contribuye a aumentar la fertilidad y

productividad de los cultivos (Hirzel Campos y Salazar Sperberg, 2016). El chile habanero ha demostrado beneficiar los sistemas de producción, Mendoza-Elos *et al.* (2020) obtuvieron resultados satisfactorios en la combinación de fertilizantes sintéticos y fertilizantes orgánicos al 50 % para calidad de fruto (peso, número de lóculos y grosor de pericarpio) y el número de semillas y su germinación, por lo que sugieren explorar dosis y darles la oportunidad a la aplicación de abonos orgánicos que mejoren la producción y calidad de fruto y semillas. Javier-López *et al.* (2022) reportan que el uso de lombricomposta al 100 % benefició el crecimiento y rendimiento de chile habanero en más de 50 % en comparación con el uso de fertilización química y su combinación con enmienda orgánica.

Los microorganismos eficientes [EM] o microorganismos de montaña activados [MMA] son un concentrado líquido que contiene una variedad de microorganismos, y está compuesto principalmente por bacterias fotosintéticas o fototróficas (*Rhodospseudomonas* spp.), bacterias ácido lácticas (*Lactobacillus* spp.) y levaduras (*Saccharomycetes* spp.), que son utilizados en la agricultura como biofertilizante líquido, con el objetivo de coadyuvar con el reemplazo de los fertilizantes sintéticos (Callisaya Quispe y Fernández Chávez, 2017). Los EM como inoculante microbiano, restablecen el equilibrio microbiológico del suelo, mejoran sus condiciones físico-químicas, incrementan la producción de los cultivos y su protección (Luna Feijoo y Mesa Reinaldo, 2016). Los EM pueden inducir la resistencia sistémica de los cultivos a enfermedades, suprimir microorganismos patógenos indeseables por “exclusión competitiva o dominación absoluta” además de que favorecen la floración, el crecimiento y desarrollo de los frutos y permiten una reproducción más exitosa en las plantas (Mesa-Reinaldo, 2020). Las enmiendas orgánicas y los microorganismos eficientes son alternativas viables para la nutrición de los cultivos agrícolas producidos de forma orgánica y su utilización beneficia a los cultivos (Peralta-Antonio *et al.*, 2019).

El chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) es una hortaliza de importancia socioeconómica en México, con alta cultura de consumo en la alimentación de la población humana (Meneses-Lazo *et al.*, 2018). Su siembra a nivel nacional se encuentra concentrada en el sur-sureste de México, fundamentalmente en la península de Yucatán (80 %) (Ramírez Meraz *et al.*, 2018). En 2020, México produjo 21.973 toneladas de chile habanero, del cual 72 % se obtuvo de Sinaloa, Yucatán, Campeche, Tabasco y Quintana Roo; para Chiapas se registró una producción de 1.523 toneladas representando el 6 % de la producción nacional (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera [SIAP], 2020). El objetivo de esta investigación fue evaluar dos proporciones de abono orgánico tipo composta más la aplicación de microorganismos eficientes asperjados al cultivo de chile habanero manejado bajo los principios de la agricultura orgánica.

2. Materiales y Métodos

2.1. Localización del área de estudio

El experimento se realizó en las instalaciones del Centro Universitario de Transferencia Tecnológica, [CUTT] San Ramón, de la Facultad de Ciencias Agronómicas Campus V, de la Universidad Autónoma de Chiapas, localizado en municipio de Villaflores, Chiapas, México, en el paralelo 16° 15' 13,9" de latitud norte y meridiano 93° 15' 14,2" longitud oeste. La altitud es de 610 m s.n.m. De acuerdo con García (1987), el clima que predomina es el cálido-subhúmedo AW1 (W") (i) g con una temperatura media anual de 22 °C y una precipitación pluvial media anual de 1.200 mm.

2.2. Diseño experimental

El diseño experimental se basó en un enfoque cuantitativo y descriptivo, se definieron seis tratamientos relacionados con el uso de composta como sustrato y microorganismos de montaña activados asperjados como biofertilizante líquido en el cultivo de chile habanero (Tabla 1), bajo un diseño completamente al azar. Cada tratamiento estuvo representado por cinco repeticiones, con cinco plantas por repetición, 25 plantas por tratamiento y 150 plantas en todo el experimento. El suelo agrícola, fue colectado en la parte baja del campo experimental (suelo aluvial), tamizándolo en malla metálica zaranda de 1,5 x 1,5 cm. Una vez preparados los sustratos se procedió al llenado de las bolsas de polietileno (30 x 30 x 40 cm). Las bolsas se colocaron a distancias de 40 cm y 80 cm entre filas. Las plántulas se trasplantaron a los 21 días después de la siembra [DDS] a bolsas llenadas con los sustratos experimentales indicados.

Tabla 1. Tratamientos experimentales.
Table 1. Experimental treatments.

| Tratamiento | Descripción |
|-------------|--|
| 1 | 100 % composta + 20 % de EM |
| 2 | 100 % composta |
| 3 | 50 % composta + 50 % suelo agrícola + 20 % de EM |
| 4 | 50 % composta + 50 % suelo agrícola |
| 5 | 100 % suelo agrícola + 20 % de EM |
| 6 | 100 % suelo agrícola (testigo) |

2.3. Captura, reproducción y activación de los microorganismos eficientes

La captura de microorganismos eficientes se realizó en partes de nula o baja perturbación antrópica dentro del CUTT San Ramón, para ello se colectaron en las partes de sotobosque residuos orgánicos en avanzado estado de descomposición y con evidencias de presencia de micelios de coloración blanca y/o rosácea. Una vez colectado los microorganismos eficientes, se realizó su remoción con 25 kg de salvado de trigo y 20 L de melaza disuelta en agua, y se humedeció hasta alcanzar un porcentaje de 70 %, aproximadamente. El material preparado se colocó dentro de un recipiente con capacidad de 200 L, compactando bien entre capas para eliminar el aire y favorecer la fermentación anaeróbica de los EM. Posteriormente se procedió a sellar herméticamente para dejar reposar bajo sombra a temperatura ambiente durante 30 días. Pasado este tiempo se realizó la activación de los microorganismos eficientes, para ello se sacaron aproximadamente 10 kg de microorganismos reproducidos, y se colocaron en una bolsa de manta dentro de un recipiente de 200 L, donde igualmente se agregaron 180 L de agua, y se disolvieron 20 L de melaza, posteriormente se tapó herméticamente y se dejó reposar durante 30 días. Pasado este tiempo el biofertilizante estaba listo para usarse en el experimento. Este proceso se realizó de acuerdo a lo sugerido por Suchini Ramírez (2012).

2.4. Elaboración de composta

Para la elaboración de la composta se utilizó estiércol ovino y paja seca molida de pasto *Cynodon plectostachyus* (K. Schum.) Pilg., en proporción de 3:1, se elaboró en pilas, colocando primero una capa de paja seca molida y después estiércol, sucesivamente hasta alcanzar la cantidad requerida. Se removió y agregó agua hasta alcanzar 70 % de humedad. El manejo consistió en remover la enmienda orgánica cada ocho días agregando, en casos necesarios agua hasta alcanzar la etapa de enfriamiento. La enmienda orgánica utilizada ha sido caracterizada por Aguilar Jiménez et al. (2023).

2.5. Manejo de cultivo

El trasplante del chile habanero se realizó de forma manual en la temporada de lluvias correspondiente a junio de 2022, en las bolsas señaladas, las cuales fueron humedecidas adecuadamente; se colocó una plántula por bolsa. Las plántulas del híbrido Chichén Itzá F1[®], fueron adquiridas por proveedores de la zona de estudio. La aplicación del biofertilizante líquido EM se realizó de forma manual con aspersor de tipo mochila (20 L) una semana después del trasplante; las aspersiones se realizaron cada ocho días sobre el follaje de las plantas, realizándose durante la fase experimental siete aplicaciones. No se utilizó ninguna otra estrategia de fertilización dado que el experimento abordó la respuesta del chile habanero a los biofertilizantes sólido y líquido (enmienda orgánica y microorganismos de montaña). El control de malezas emergidas entre las filas de las bolsas se realizó de forma manual con ayuda de herramientas agrícolas (coas y azadones), mientras que las germinadas dentro de las bolsas se arrancaron manualmente. El control de plagas se realizó mediante repelentes orgánicos a base de extractos de neem, ajos y pimienta con el único fin de repeler y reducir la presencia de insectos plaga. El repelente se aplicó con base en la presencia de insectos plaga que se observó durante el ciclo vegetativo del cultivo de chile habanero. Para el control de enfermedades, se realizó solamente de forma preventiva en dos oportunidades con la aplicación de caldo bordelés, combinando calidra (Ca(OH)₂) más sulfato de cobre (CuSO₄), en una proporción de 1 kg + 1 kg + 100 L de agua, el cual se aplicó al follaje de las plantas.

2.6. Variables evaluadas y análisis estadístico

La colecta de variables: altura de planta y diámetro de tallo se realizó a los 15 DDS, efectuándose un total de cuatro muestreos con intervalos de 15 días; en la fase productiva se evaluaron los parámetros: número y peso total de frutos por planta, diámetro ecuatorial y polar de frutos por planta, estas cuantificaciones se realizaron cuando los frutos presentaron una maduración característica para la cosecha, realizándose cuatro cortes, con una separación de 10 a 12 días, aproximadamente, entre cada muestreo, el primer a los 45 DDS. Las variables colectadas en campo se sometieron a un análisis de varianza y prueba de rango múltiple de medias de Tukey ($p \leq 0,05$), así como análisis de correlación simple (Pearson), utilizando el paquete estadístico SPSS Versión 19.

3. Resultados y Discusión

3.1. Altura de planta

En los cuatro tiempos de muestreo, la mayor altura de planta se cuantificó en los tratamientos de uso de composta sola y combinada con suelo agrícola más la aplicación de los EM (Tabla 2), esto señala un efecto benéfico del uso combinado de ambas tecnologías agroecológicas que favorecieron mayor crecimiento vegetal de chile habanero en comparación con el testigo absoluto y con la aplicación del biofertilizante líquido; la enmienda orgánica favoreció el sustrato del cultivo y los microorganismos potencializaron las funciones fisiológicas de las plantas. Tener plantas de chile habanero más altas repercute en la mayor producción de frutos (Reyes-Ramírez et al., 2014). Muñoz et al. (2015) señalan que la aplicación de abonos orgánicos favorece las propiedades químicas del suelo mejorando el pH, y promoviendo una mejor disponibilidad de nutrientes para las plantas, además la utilización de compost favorece la sanidad vegetal. Umaña et al. (2017) mencionan que los EM son altamente beneficiosos para los sistemas edáficos productivos, debido a que se mejora la movilidad de los elementos químicos y la estructura y características del suelo, teniendo un efecto positivo en la respuesta fisiológica de las plantas aun en ciclos productivos cortos.

Tabla 2. Prueba de medias para altura de planta (cm).[†]
Table 2. Test of averages for plant height (cm).[†]

| Tratamiento | 15 DDS | 30 DDS | 45 DDS | 60 DDS |
|---------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 100 % composta + EM | 26,48 ± 3,79 a | 29,54 ± 4,72 a | 30,30 ± 4,99 ab | 31,40 ± 5,71 a |
| 100 % composta | 25,78 ± 2,71 ab | 28,58 ± 2,85 ab | 30,96 ± 3,52 ab | 32,40 ± 3,76 a |
| 50 % suelo + 50 % composta + EM | 27,28 ± 1,98 a | 29,59 ± 2,50 a | 31,46 ± 2,66 a | 32,40 ± 3,50 a |
| 50 % suelo + 50 % composta | 24,90 ± 3,64 ab | 27,42 ± 3,49 ab | 28,04 ± 3,92 ab | 28,06 ± 3,94 ab |
| 100 % suelo + EM | 20,36 ± 2,88 b | 25,00 ± 2,12 ab | 26,50 ± 1,00 ab | 26,90 ± 1,24 b |
| 100 % suelo | 20,30 ± 2,33 b | 22,72 ± 2,11 b | 24,80 ± 2,41 b | 25,30 ± 2,63 b |
| <i>p-Valor</i> | 0,002** | 0,010** | 0,023* | 0,019* |
| C.V. (%) | 16,27 | 14,02 | 13,66 | 15,03 |

[†] Letras diferentes en la misma columna indican diferencia significativa entre tratamientos. * diferencia significativa ($p < 0,05$), ** diferencia altamente significativa ($p < 0,01$) / *Different letters in the same column indicate significant difference between treatments. * significant difference ($p < 0,05$), ** highly significant difference ($p < 0,01$).*

3.2. Diámetro de tallo

El diámetro de tallo se vio favorecido por el uso de la composta y los EM. En los últimos tres muestreos (30, 45 y 60 DDS), los tratamientos de uso de enmienda orgánica y EM fueron superiores estadísticamente al tratamiento testigo, así como al de suelo agrícola más el biofertilizante líquido (Tabla 3). Lo anterior otorga fundamentos para señalar que, el uso de la composta como sustrato de cultivo principalmente, y la aplicación complementaria de los EM como biofertilizantes, favorecen el incremento del grosor de los tallos de chile habanero manejado bajo los principios de la agricultura orgánica y cultivado en bolsas de polietileno como alternativa a la siembra directa sobre suelo agrícola. Torres et al. (2018) reportan que el uso de composta promueve mayor desarrollo vegetativo, altura de planta, número de hojas y diámetro de tallo, justificando que esto se debe al aporte de la materia orgánica y a la mayor disponibilidad de nutrientes que propicia el uso de la enmienda orgánica. Por su parte, Parra-Cota et al. (2018) mencionan que la aplicación de biofertilizantes a base de microorganismos

eficientes tiene efectos benéficos sobre el crecimiento y salud de las plantas, logrando promover el desarrollo de las mismas e incrementar el diámetro del tallo en los cultivos. En este sentido, Torres Pérez et al. (2022) mencionan que los EM mejoran las variables de desarrollo fisiológico de las plantas indistintamente de la frecuencia de aplicación, aludiendo que existe una mejor respuesta a mayores concentraciones.

Tabla 3. Prueba de medias para diámetro de tallo (mm).[†]
Table 3. Test of means for stem diameter (mm).[†]

| Tratamiento | 15 DDS | 30 DDS | 45 DDS | 60 DDS |
|---------------------------------|----------------|---------------|---------------|---------------|
| 100 % composta + EM | 4,12 ± 0,70 b | 5,42 ± 0,84 a | 6,12 ± 0,54 a | 6,72 ± 0,62 a |
| 100 % composta | 3,54 ± 0,21 bc | 5,06 ± 0,31 a | 5,74 ± 0,38 a | 6,40 ± 0,31 a |
| 50 % suelo + 50 % composta + EM | 3,52 ± 0,24 bc | 4,88 ± 0,42 a | 6,28 ± 0,32 a | 6,72 ± 0,17 a |
| 50 % suelo + 50 % composta | 4,96 ± 0,49 a | 5,86 ± 0,36 a | 6,20 ± 0,29 a | 6,40 ± 0,25 a |
| 100 % suelo + EM | 3,36 ± 0,27 bc | 3,86 ± 0,58 b | 4,70 ± 0,50 b | 5,02 ± 0,67 b |
| 100 % suelo | 2,92 ± 0,20 c | 3,68 ± 0,29 b | 4,24 ± 0,56 b | 4,58 ± 0,39 b |
| <i>p-Valor</i> | 0,00** | 0,00** | 0,00** | 0,00** |
| C.V. (%) | 20,20 | 19,29 | 16,26 | 15,97 |

[†] Letras diferentes en la misma columna indican diferencia significativa entre tratamientos. ** diferencia altamente significativa ($p < 0,01$) / Different letters in the same column indicate significant difference between treatments. ** highly significant difference ($p < 0,01$).

3.3. Número de fruto

El número de frutos a los 45 DDS, en los tratamientos de 50 % suelo agrícola + 50 % composta con y sin la aplicación del biofertilizante líquido fueron superiores estadísticamente, lo que señala que la producción de frutos se ve beneficiada principalmente por el uso combinado de suelo agrícola más composta en el sustrato de cultivo. A los 60, 75 y 90 DDS los tratamientos que tuvieron solamente composta como sustrato en las bolsas de cultivo, fueron los mejores estadísticamente sin mostrarse un efecto del uso de los EM (Tabla 4). La mayor producción de frutos en los últimos cortes, para los tratamientos de uso de la enmienda orgánica sólida, es resultado del proceso de humificación que sufre la materia orgánica usada como sustrato de cultivo. Bulgari et al. (2019) mencionan que los bioestimulantes (EM y composta) aumentan la productividad de los cultivos a través de actividades metabólicas, favorecen la absorción de nutrientes mediante la fijación de nitrógeno y la solubilización de nutrientes; modifican el estado hormonal induciendo la biosíntesis de hormonas vegetales como auxinas, citoquininas, etc. y ayudan a tener una mejor resiliencia ante un estrés biótico o abiótico.

Tabla 4. Prueba de medias para número de fruto.[†]
Table 4. Test of means for fruit number.[†]

| Tratamiento | 45 DDS | 60 DDS | 75 DDS | 90 DDS |
|---------------------------------|------------------|----------------|-----------------|-----------------|
| 100 % composta + EM | 13,20 ± 1,48 abc | 32,40 ± 1,14 a | 32,60 ± 2,40 a | 21,60 ± 1,14 a |
| 100 % composta | 13,40 ± 2,30 ab | 34,20 ± 0,83 a | 31,60 ± 3,36 a | 21,80 ± 1,30 a |
| 50 % suelo + 50 % composta + EM | 14,80 ± 1,48 ab | 33,40 ± 1,14 a | 29,80 ± 1,92 ab | 19,60 ± 0,89 ab |
| 50 % suelo + 50 % composta | 16,60 ± 2,70 a | 29,80 ± 0,83 b | 27,00 ± 1,00 b | 18,20 ± 0,83 bc |
| 100 % suelo + EM | 11,80 ± 0,83 bc | 23,60 ± 1,51 c | 21,20 ± 1,30 c | 16,00 ± 1,58 c |
| 100 % suelo | 9,80 ± 0,83 c | 18,60 ± 1,14 d | 19,40 ± 1,14 c | 12,00 ± 1,58 d |
| <i>P-Valor</i> | 0,00** | 0,00** | 0,00** | 0,00** |
| C.V. (%) | 20,37 | 20,55 | 20,19 | 20,06 |

[†] Letras diferentes en la misma columna indican diferencia significativa entre tratamientos. ** diferencia altamente significativa ($p < 0,01$) / Different letters in the same column indicate significant difference between treatments. ** highly significant difference ($p < 0,01$).

3.4. Peso de fruto

El peso de fruto a los 45 y 60 DDS se vio favorecido significativamente con el uso de composta sola o combinada con suelo agrícola, sin mostrar un patrón definido de la aplicación foliar de los EM. Durante el último corte (90 DDS) el uso de la enmienda orgánica sola y combinada con suelo agrícola como sustrato, más el biofertilizante líquido fueron los tratamientos con mayor ponderación cuantificada (Tabla 5). Esto indica que cuando se

produce chile habanero bajo el enfoque de la agricultura orgánica en bolsas de polietileno, el uso combinado de prácticas agroecológicas experimentadas, garantizan mayor peso de fruto por planta. Montoya-Jasso et al. (2021) mencionan que, en los sustratos con composta, la relación C/N es < 19 debido a la descomposición y liberación de N, concluyendo que la composta favorece la retención de nutrientes en el sustrato y aumenta el contenido de N, P, K, Ca y la CIC, beneficiando el proceso de nutrición vegetal. Alarcón Camacho et al. (2020) reportan que los EM contribuyen en gran medida a tener un mejor desarrollo fisiológico y potencializar el rendimiento en la fase productiva de las plantas hortícolas, en este sentido Hernández-Valladares et al. (2021) mencionan que este tipo de biofertilizantes ejercen un efecto positivo en el peso fresco y número de semillas en ecotipos de solanáceas. Calero-Hurtado et al. (2018) reportan beneficios al aplicar EM de manera foliar en cultivares de frijol.

Tabla 5. Prueba de medias para peso de fruto (g).
Table 5. Mean test for fruit weight (g).

| Tratamiento | 45 DDS | 60 DDS | 75 DDS | 90 DDS |
|---------------------------------|----------------|-----------------|------------------|----------------|
| 100 % composta + EM | 77,00 ± 4,18 a | 138,60 ± 3,04 a | 139,80 ± 8,07 a | 47,00 ± 1,58 a |
| 100 % composta | 73,40 ± 2,70 a | 140,80 ± 5,35 a | 116,60 ± 8,35 b | 50,40 ± 2,50 a |
| 50 % suelo + 50 % composta + EM | 77,80 ± 3,03 a | 142,60 ± 4,72 a | 105,40 ± 7,50 bc | 47,00 ± 1,58 a |
| 50 % suelo + 50 % composta | 76,80 ± 2,48 a | 120,20 ± 5,63 b | 97,60 ± 1,67 cd | 38,60 ± 1,14 b |
| 100 % suelo + EM | 53,20 ± 4,32 b | 91,40 ± 5,36 c | 88,00 ± 1,00 d | 35,20 ± 2,38 b |
| 100 % suelo | 45,20 ± 3,89 c | 84,60 ± 3,50 c | 75,60 ± 2,40 e | 27,80 ± 2,94 c |
| <i>P-Valor</i> | 0,00** | 0,00** | 0,00** | 0,00** |
| C.V. (%) | 20,28 | 20,42 | 20,80 | 20,14 |

† Letras diferentes en la misma columna indican diferencia significativa entre tratamientos. ** diferencia altamente significativa ($p < 0,01$) / *Different letters in the same column indicate significant difference between treatments. ** highly significant difference ($p < 0.01$).*

3.5. Diámetro ecuatorial

Para esta variable no se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos durante la fase experimental, sin embargo, de forma genérica el uso combinado de composta más suelo agrícola, así como la aplicación de los EM cuantificaron las medias más altas (Tabla 6). Luna-Fletes et al. (2023) reportan beneficios del uso de enmienda orgánica usada como sustrato, la cual favorece el crecimiento de las plantas, la concentración de N y K, el tamaño y peso de frutos, por lo que se considera una alternativa viable para la producción de esta hortaliza. Microorganismos eficientes como las bacterias del género *Bacillus* son capaces de mejorar el desarrollo de plántulas, plantas y frutos en chile habanero (Adame-García et al., 2021). Estos microorganismos tienen la capacidad de producir compuestos orgánicos, realizar fijación biológica de nitrógeno y solubilizar fosfatos, son actividades que efectúan mediante enzimas como nitrogenasas y fitasas, con un efecto positivo en la promoción del crecimiento vegetal y en el aumento del potencial productivo (Corrales-Ramírez et al., 2017).

Tabla 6. Prueba de medias para diámetro ecuatorial (mm).*
*Table 6. Mean test for equatorial diameter (mm).**

| Tratamiento | 45 DDS | 60 DDS | 75 DDS | 90 DDS |
|---------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| 100 % composta + EM | 28,72 ± 2,86 | 26,64 ± 1,26 | 24,78 ± 1,35 | 21,30 ± 1,37 |
| 100 % composta | 25,34 ± 2,47 | 25,08 ± 1,21 | 23,24 ± 1,07 | 21,06 ± 1,37 |
| 50 % suelo + 50 % composta + EM | 26,64 ± 1,06 | 27,00 ± 0,66 | 23,84 ± 1,93 | 21,96 ± 1,32 |
| 50 % suelo + 50 % composta | 27,62 ± 2,53 | 25,86 ± 0,56 | 23,06 ± 1,98 | 21,94 ± 0,60 |
| 100 % suelo + EM | 27,44 ± 4,01 | 27,34 ± 2,93 | 24,32 ± 0,96 | 24,16 ± 3,09 |
| 100 % suelo | 30,50 ± 5,33 | 26,10 ± 3,33 | 21,68 ± 2,58 | 21,58 ± 1,04 |
| <i>P-Valor</i> | 0,255 ns | 0,519 ns | 0,121 ns | 0,067 ns |
| C.V. (%) | 12,43 | 7,44 | 8,04 | 8,33 |

* ns = no significativo / ns = not significant

3.6. Diámetro polar

Para diámetro polar a los 45 y 60 DDS no se registraron diferencias significativas entre tratamientos. A los 75 DDS el tratamiento 100 % composta más EM fue superior estadísticamente. Para el último corte (90 DDS) el tratamiento de 100 % suelo + EM fue superior estadísticamente, lo que indica que este parámetro se ve favorecido por el biofertilizante líquido indistintamente del sustrato de cultivo (Tabla 7). Murillo-Cuevas et al. (2021) obtuvieron frutos significativamente más grandes con la aplicación de bioestimulantes a base de microorganismos eficientes (*Bacillus* spp., y *Trichoderma* spp.) en comparación al tratamiento testigo, resaltando que estos microorganismos ayudaron a incrementar la longitud y ancho de los frutos. García-Aguilera et al. (2021) mencionan que los EM tienen la capacidad de suprimir o generar resistencia de la planta hacia la invasión de organismos patógenos, traducándose en mejores características productivas. González y Fuentes (2017) sugieren que los EM promueven el crecimiento y la productividad de la planta al suprimir los fitopatógenos e inducir la producción de fitohormonas, por ejemplo, ácido indolacético (AIA) del grupo de las auxinas, ácido giberélico (GA3), citoquininas y ácido abscísico (ABA).

Tabla 7. Prueba de medias para diámetro polar (mm).[†]
Table 7. Test of means for polar diameter (mm).[†]

| Tratamiento | 45 DDS | 60 DDS | 75 DDS | 90 DDS |
|---------------------------------|--------------|--------------|-----------------|-----------------|
| 100 % composta + EM | 34,84 ± 3,98 | 30,72 ± 2,00 | 28,40 ± 0,90 a | 20,10 ± 0,91 ab |
| 100 % composta | 32,16 ± 2,34 | 28,58 ± 1,98 | 26,48 ± 0,90 ab | 20,42 ± 1,27 ab |
| 50 % suelo + 50 % composta + EM | 28,66 ± 3,21 | 27,06 ± 1,63 | 22,74 ± 2,01 b | 19,42 ± 1,36 b |
| 50 % suelo + 50 % composta | 31,14 ± 4,55 | 26,32 ± 2,19 | 24,06 ± 2,26 b | 19,86 ± 0,49 ab |
| 100 % suelo + EM | 31,16 ± 2,28 | 29,74 ± 5,47 | 25,52 ± 2,44 ab | 22,68 ± 2,71 a |
| 100 % suelo | 34,38 ± 9,17 | 25,94 ± 1,25 | 22,86 ± 2,99 b | 20,70 ± 2,10 ab |
| <i>P-Valor</i> | 0,380 ns | 0,068 ns | 0,01** | 0,05* |
| <i>C.V. (%)</i> | 15,32 | 11,10 | 11,16 | 8,96 |

[†] Letras diferentes en la misma columna indican diferencia significativa entre tratamientos. ns = no significativo, * diferencia significativa ($p < 0,05$), ** diferencia altamente significativa ($p < 0,01$) / Different letters in the same column indicate significant difference between treatments. ns = not significant, * significant difference ($p < 0,05$), ** highly significant difference ($p < 0,01$).

3.7. Análisis de correlación

El análisis de correlación entre las variables de crecimiento y de productividad, indicó que el desarrollo fenológico de chile habanero se correlacionó positivamente con los componentes de rendimiento ($p < 0,05$) (Tabla 8). La altura de planta y diámetro de tallo en los diferentes muestreos (DDS) se correlacionaron con el número y peso de frutos en las diferentes fechas de corte. Asimismo, se mostró una reciprocidad al interior de los parámetros vegetativos y de producción. El crecimiento vegetativo de *Capsicum chinense* Jacq. típicamente se corresponde con mayores volúmenes de cosecha y mejores indicadores de calidad del fruto (Torres et al., 2019), por lo que el desarrollo adecuado del área foliar y de los tallos constituye un elemento pertinente cuando se cultiva chile habanero bajo el enfoque de la agricultura orgánica. El uso de las enmiendas orgánicas y de los EM son prácticas agroecológicas que contribuyen con el desarrollo vegetativo de las plantas cultivadas (Adame-García et al., 2021; Corrales-Ramírez et al., 2017; Luna-Fletes et al., 2023).

4. Conclusiones

Los tratamientos de uso combinado de composta y EM fueron superiores estadísticamente al tratamiento de 100 % suelo (testigo) en los parámetros fenológicos y de rendimiento de chile habanero.

El uso de la enmienda orgánica como sustrato de cultivo en bolsas de polietileno representó la práctica agroecológica que originó mayores beneficios en el proceso productivo de *Capsicum chinense* Jacq.

El uso de la composta al 100 % o combinada con suelo (50 %) en combinación con EM, favorecen el desarrollo de las variables altura de planta, diámetro de tallo, número y peso de frutos y diámetro ecuatorial y polar de los frutos.

Tabla 8. Análisis de correlación entre variables.*
Table 8. Correlation analysis between variables.*

| Variables | AP 30 DDS | DT 30 DDS | AP 45 DDS | DT 45 DDS | AP 60 DDS | DT 60 DDS | NF 45 DDS | PF 45 DDS | NF 60 DDS | PF 60 DDS | NF 75 DDS | PF 75 DDS | NF 90 DDS | PF 90 DDS |
|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| AP 15 DDS | 0,939** | 0,614** | 0,889** | 0,681** | 0,864** | 0,746** | | 0,684** | 0,686** | 0,666** | | | 0,665** | 0,668** |
| DT 15 DDS | | 0,808** | | 0,675** | | 0,591** | | 0,616** | | | | | | |
| AP 30 DDS | | 0,550** | 0,954** | 0,614** | 0,931** | 0,692** | | 0,619** | 0,655** | | | | 0,687** | 0,650** |
| DT 30 DDS | | | | 0,898** | | 0,866** | 0,622** | 0,809** | 0,700** | 0,669** | 0,667** | | 0,662** | |
| AP 45 DDS | | | | | 0,988** | 0,602** | | | 0,601** | | | | 0,637** | 0,626** |
| DT 45 DDS | | | | | | 0,952** | 0,676** | 0,915** | 0,823** | 0,815** | 0,776** | 0,639** | 0,786** | 0,758** |
| AP 60 DDS | | | | | | 0,598** | | | | | | | 0,651** | 0,644** |
| DT 60 DDS | | | | | | | 0,650** | 0,924** | 0,881** | 0,875** | 0,836** | 0,719** | 0,840** | 0,829** |
| NF 45 DDS | | | | | | | | 0,762** | | | | | | |
| PF 45 DDS | | | | | | | | | 0,911** | 0,902** | 0,871** | 0,735** | 0,835** | 0,820** |
| NF 60 DDS | | | | | | | | | | 0,971** | 0,896** | 0,773** | 0,909** | 0,934** |
| PF 60 DDS | | | | | | | | | | | 0,931** | 0,810** | 0,881** | 0,926** |
| NF 75 DDS | | | | | | | | | | | | 0,907** | 0,865** | 0,889** |
| PF 75 DDS | | | | | | | | | | | | | 0,820** | 0,798** |
| NF 90 DDS | | | | | | | | | | | | | | 0,960** |

* AP: Altura de planta / *Plant height*. DT: Diámetro de tallo / *Stem diameter*. NF: Número de frutos / *Number of fruits*. PF: Peso de frutos / *Fruit weight*.

Contribuciones de los autores

- Carlos Ernesto Aguilar Jiménez: conceptualización, curación de datos, análisis formal, investigación, metodología, administración del proyecto, recursos, software, supervisión, validación, visualización, redacción - borrador original, redacción - revisión y edición.
- Ferman Alberto Nandayapa Solís: curación de datos, investigación, administración del proyecto, recursos, redacción - borrador original.
- Isidro Zapata Hernández: conceptualización, metodología, supervisión, validación, visualización, redacción - revisión y edición.
- José Galdámez Galdámez: conceptualización, investigación, metodología, visualización, redacción - revisión y edición.
- Franklin B. Martínez Aguilar: conceptualización, investigación, metodología, redacción - revisión y edición.
- Héctor Vázquez Solís: conceptualización, investigación, metodología, supervisión, redacción - revisión y edición.

Implicaciones éticas

Los autores declaran que no existen implicaciones éticas.

Conflicto de interés

Los autores declaran que no existen conflictos de interés financieros o no financieros que podrían haber influido en el trabajo presentado en este artículo.

Referencias

- Adame-García, J., Murillo-Cuevas, F. D., Flores-de la Rosa, F. R., Velázquez-Mendoza, V., López-Vázquez, M., Cabrera-Mireles, H., y Antonio-Vázquez, F. (2021). Identificación molecular y evaluación de bacterias en el desarrollo vegetativo y producción de chile habanero. *Biocencia*, 23(3), 151-157. <https://doi.org/10.18633/biocencia.v23i3.1480>
- Aguilar Jiménez, C. E., Martínez Aguilar, F. B., Zapata Hernández, I., Aguilar Jiménez, J. R., y Zamora Natera, J. F. (2023). Evaluation of organic amendment in corn production in Villaflores, Chiapas, Mexico. *Revista de la Facultad de Agronomía de la Universidad del Zulia*, 40(1), e234009. [https://doi.org/10.47280/RevFacAgron\(LUZ\).v40.n1.09](https://doi.org/10.47280/RevFacAgron(LUZ).v40.n1.09)
- Alarcón Camacho, J., Recharte Pineda, D. C., Yanqui Díaz, F., Moreno LLacza, S. M., y Buendía Molina, M. A. (2020). Fertilizar con microorganismos eficientes autóctonos tiene efecto positivo en la fenología, biomasa y producción de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill). *Scientia Agropecuaria*, 11(1), 67-73. <http://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2020.01.08>
- Altieri, M. A., y Nicholls, C. (2018). Agroecología y cambio climático ¿adaptación o transformación? *Revista de Ciencias Ambientales*, 52(2), 235-243. <https://doi.org/10.15359/rca.52-2.13>
- Bulgari, R., Franzoni, G., y Ferrante, A. (2019). Biostimulants application in horticultural crops under abiotic stress conditions. *Agronomy*, 9(6), 306. <https://doi.org/10.3390/agronomy9060306>
- Calero-Hurtado, A., Quintero-Rodríguez, E., Olivera-Viciedo, D., Pérez-Díaz, Y., Castro-Lizazo, I., Jiménez, J., y López-Dávila, E. (2018). Respuesta de dos cultivares de frijol común a la aplicación foliar de microorganismos eficientes. *Cultivos Tropicales*, 39(3), 5-10. <https://ediciones.inca.edu.cu/index.php/ediciones/articulo/view/1459>
- Callisaya Quispe, Y., y Fernández Chávez, C. M. (2017). Evaluación del efecto que tienen los microorganismos eficientes (EM), en el cultivo de pepinillo (*Cucumis sativus* L.), municipio de Achocalla. *Apthapi*, 3(3), 652-666. <https://apthapi.umsa.bo/index.php/ATP/articulo/view/182>
- Corrales-Ramírez, L. C., Caycedo-Lozano, L., Gómez-Méndez, M. A., Ramos-Rojas, S. J., y Rodríguez-Torres, J. N. (2017). *Bacillus* spp: una alternativa para la promoción vegetal por dos caminos enzimáticos. *Nova*, 15(27), 45-65. <https://doi.org/10.22490/24629448.1958>
- Cotrina-Cabello, V. R., Alejos-Patiño, I. W., Cotrina-Cabello, G. G., Córdova- Mendoza, P., y Córdova-Barrios, I. C. (2020). Efecto de abonos orgánicos en suelo agrícola de Purupampa Panao, Perú. *Centro Agrícola*, 47(2), 31-40. <http://cagricola.uclv.edu.cu/index.php/es/volumen-47-2020/no-2-abr-jun-2020/1218-efecto-de-abonos-organicos-en-suelo-agricola-de-purupampa-panao-peru>
- De Luna-Vega, A., García-Sahagún, M. L., Rodríguez-Guzmán, E., Pimienta-Barrios, E., y González-Luna, S. (2018). Producción de pepino (*Cucumis sativus* L.) orgánico bajo un sistema de invernadero. *Revista de Desarrollo Urbano y Sustentable*, 4(11), 1-8. https://www.ecorfan.org/bolivia/rj_desur_xi.php
- Díaz Franco, A., Alvarado Carrillo, M., Alejandro Allende, F. y Ortiz Cháirez, F. E. (2016). Crecimiento, nutrición y rendimiento de calabacita con fertilización biológica y mineral. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 32(4), 445-453. <https://doi.org/10.20937/RICA.2016.32.04.08>
- García, E. (1987). *Modificación al sistema de clasificación climática de Köppen* (2ª ed.). Instituto de geografía, Universidad Autónoma de México. <http://www.publicaciones.igg.unam.mx/index.php/ig/catalog/book/83>
- García-Aguilera, J. A., Arreola-Díaz, N., Servín-Torres, A. Y., Díaz-Soto, L. E., Morales-Flores, S., y Ángel-Hernández, A. (2021). Evaluación de inoculante de bacterias benéficas y micorrizas en cultivo de chile jalapeño. *Revista Ciencia e Innovación Agroalimentaria de la Universidad de Guanajuato*, 3(1), 49-58. <https://doi.org/10.15174/cia.v3i1.34>
- Gil, J., y Vivar, J. (2018). La modernización agrícola en México y sus repercusiones en espacios rurales. *Antropologías del Sur*, 2(3), 51-67. <https://doi.org/10.25074/rantros.v2i3.831>
- González Reyes, F., González Cortés, J. C., Alcalá de Jesús, M., y Ramírez Mandujano, C. A. (2015). Producción sostenida de maíz, utilizando fertilización mixta en agroecosistemas de temporal. *Ciencia Nicolaita*, 65, 139-164. <https://doi.org/10.35830/cn.vi65.255>

- González, H., y Fuentes, N. (2017). Mecanismo de acción de cinco microorganismos promotores del crecimiento vegetal. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 34(1), 17-31. <https://doi.org/10.22267/rcia.173401.60>
- González-Betancourt, M. L., Gallegos-Robles, M. Ángel, Sánchez-Chávez, E., Orona-Castillo, I., Espinosa-Palomeque, B. y López-Martínez, J. D. (2020). Estiércol bovino solarizado en la producción de tomate bajo condiciones de malla sombra. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 11(2), 253-262. <https://doi.org/10.29312/remexca.v11i2.2299>
- Hernández-Valladares, N. L., Palemón-Alberto, F., Damián-Nava, A., Cruz-Lagunas, B., Herrera-Castro, N. D., Ortega-Acosta, S. A., Toribio-Jiménez, J. y Reyes-García, G. (2021). Inoculación de bacterias promotoras de crecimiento vegetal y su efecto en ecotipos de tomate. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 44(4), 581-589. <https://doi.org/10.35196/rfm.2021.4.581>
- Hirzel Campos, J., y Salazar Sperberg, F. (2016). *Guía de manejo y buenas prácticas de aplicación de enmiendas orgánicas en agricultura*. Boletín INIA N° 325. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. <https://hdl.handle.net/20.500.14001/6506>
- Javier-López, L., Palacios-Torres, R. E., Ramírez-Seañez, A. R., Hernández-Hernández, H., Antonio-Luis, M. del C., Yam-Tzec, J. A. y Chaires-Grijalva, M. P. (2022). Producción de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) en lombricomposta con fertilización orgánica. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 9(3). <https://doi.org/10.19136/era.a9n3.3348>
- Luna Feijoo, M. A., y Mesa Reinaldo, J. R. (2016). Microorganismos eficientes y sus beneficios para los agricultores. *Revista Científica Agroecosistemas*, 4(2), 31-40. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/article/view/84/115>
- Luna Murillo, R. A., Reyes Pérez, J. J., López Bustamante, R. J., Reyes Bermeo, M., Murillo Campuzano, G., Samaniego Armijos, C., Espinoza Coronel, A., Ulloa Méndez, C. y Travéz Travéz, R. (2015). Abonos orgánicos y su efecto en el crecimiento y desarrollo del cultivo del tomate (*Solanum lycopersicum* L.). *Centro Agrícola*, 42(4), 67-74. <http://cagricola.uclv.edu.cu/index.php/es/volumen-42-2015/numero-4-2015/68-abonos-organicos-y-su-efecto-en-el-crecimiento-y-desarrollo-del-cultivo-del-tomate-solanum-lycopersicum-l>
- Luna-Fletes, J. A., Cruz-Crespo, E., Can-Chulim, Á., Chan-Cupul, W., Luna-Esquivel, G., García-Paredes, J. D., Aguilar-Benítez, G., Palemón-Alberto, F., y Mancilla-Villa, O. R. (2023). Biofertilizantes y sustratos orgánico-minerales en el cultivo de chile habanero. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 46(2), 137-146. <https://doi.org/10.35196/rfm.2023.2.137>
- Martínez-Centeno, A. L., y Huerta Sobalvarro, K. K. (2018). La revolución verde. *Revista Iberoamericana de Bioeconomía y Cambio Climático*, 4(8), 1040-1052. <https://doi.org/10.5377/ribcc.v4i8.6717>
- Mendoza-Elos, M., Zamudio Álvarez, L. F., Cervantes Ortiz, F., Chable Moreno, F., Frías Pizano, J., y Gámez Vázquez, A. J. (2020). Rendimiento de semilla y calidad de fruto de chile habanero con fertilización química y orgánica. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 11(8), 1749-1761. <https://doi.org/10.29312/remexca.v11i8.1960>
- Meneses-Lazo, R. E., Garruña-Hernández, R., Latournerie-Moreno, L., Andrade-Torres, J. L., y Pérez-Gutiérrez, A. (2018). Caracterización fenológica y fisiológica de variedades experimentales de chile habanero con alto potencial agronómico. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 41(1), 67-74. <https://doi.org/10.35196/rfm.2018.1.67-74>
- Mesa-Reinaldo, J. R. (2020). Microorganismos eficientes y su empleo en la protección fitosanitaria de los cultivos. *Revista Científica Agroecosistemas*, 8(2), 102-109. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/article/view/407>
- Montoya-Jasso, V. M., Ordaz-Chaparro, V. M., Benedicto-Valdés, G. S., Ruiz-Bello, A., y Arreola-Tostado, J. M. (2021). Caracterización química y física de sustratos enriquecidos con minerales y composta. *Terra Latinoamericana*, 39, e601. <https://doi.org/10.28940/terra.v39i0.601>
- Muñoz, J. M., Muñoz, J. A., y Montes Rojas, C. (2015). Evaluación de abonos orgánicos utilizando como indicadores plantas de lechuga y repollo en Popayán, Cauca. *Bioteología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 13(1), 73-82. <https://revistas.unicauca.edu.co/index.php/bioteologia/article/view/375>
- Murillo-Cuevas, F. D., Cabrera-Mireles, H., Adame-García, J., Vásquez-Hernández, A., Martínez-García, A. J., y Luria Moctezuma, R. (2021). Bioestimulantes en la calidad de frutos de chile habanero. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 12(8), 1473-1481. <https://doi.org/10.29312/remexca.v12i8.2900>
- Ojeda Bustamante, W., e Ñíguez Covarrubias, M. (2011). Agricultura y cambio climático en el trópico mexicano. En R. Medina Mendoza (ed.), *El desarrollo rural del trópico mexicano: memorias*. (pp. 163-182). Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. <http://hdl.handle.net/20.500.12013/1108>
- Parra-Cota, F. I., Coronel-Acosta, C. B., Amézquita-Avilés C. F., de los Santos-Villalobos, S., y Escalante-Martínez, D. I. (2018). Diversidad metabólica de microorganismos edáficos asociados al cultivo de maíz en el Valle del Yaqui, Sonora. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 9(2), 431-442. <https://doi.org/10.29312/remexca.v9i2.1083>

- Peralta-Antonio, N., Bernardo de Freitas, G., Watthier, M., y Silva Santos, R. H. (2019). Compost, bokashi y microorganismos eficientes: sus beneficios en cultivos sucesivos de brócolis. *Idesia*, 37(2), 59-66. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292019000200059>
- Ramírez Meraz, M., Arcos Cavazos, G., y Méndez Aguilar, R. (2018). Jaguar: cultivar de chile habanero para México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 9(2), 487-492. <https://doi.org/10.29312/remexca.v9i2.1089>
- Reyes-Palomino, S. E., y Cano Ccoa, D. M. (2022). Efectos de la agricultura intensiva y el cambio climático sobre la biodiversidad. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 24(1), 53-64. <https://doi.org/10.18271/ria.2022.328>
- Reyes-Ramírez, A., López-Arcos, M., Ruiz-Sánchez, E., Latournerie-Moreno, L., Pérez-Gutiérrez, A., Lozano-Contreras, M. G., y Zavala-León, M. J. (2014). Efectividad de inoculantes microbianos en el crecimiento y productividad de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.). *Agrociencia*, 48(3), 285-294. <https://agrociencia-colpos.org/index.php/agrociencia/article/view/1081>
- Rizo-Mustelier, M., Vuelta-Lorenzo, D. R., y Lorenzo-García, A. M. (2017). Agricultura, desarrollo sostenible, medioambiente, saber campesino y universidad. *Ciencia en su PC*, (2), 106-120 <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181351615008>
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera [SIAP]. (2020). *Anuario estadístico de la producción agrícola*. SIAP. <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>
- Soto, G. (2020). El continuo crecimiento de la agricultura orgánica: Orgánico 3.0. *Revista de Ciencias Ambientales*, 54(1), 215-226. <https://doi.org/10.15359/rca.54-1.13>
- Suchini Ramírez, J. G. (2012). *Innovaciones agroecológicas para una producción agropecuaria sostenible en la región del Trifinio*. Serie Técnica. Manual Técnico. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/7790>
- Torres Pérez, J. C., Aguilar Jiménez, C. E., Vázquez Solís, H., Solís López, M., Gómez Padilla, E., y Aguilar Jiménez, J. R. (2022). Evaluación del uso de microorganismos de montaña activados en el cultivo de rosas, Zinacantán, Chiapas, México. *Siembra*, 9(1), e3500. <https://doi.org/10.29166/siembra.v9i1.3500>
- Torres, D., Mendoza, B., Gómez, C., Almas, L., Hernandez, W., Carrero, L., Castillo, E., Makhoul, I., y Escalona, A. (2018). Efecto de la fertilización orgánica e inorgánica sobre el crecimiento de tomate (*Solanum lycopersicum*) en ambientes protegidos. *Agroindustria, Sociedad y Ambiente*, 2(11), 4-18. <https://revistas.uclave.org/index.php/asa/article/view/1792>
- Torres, W. J., Sánchez, E. R., Chuc-Armendariz, M. B., y Almeyda, S. C. (2019). Respuesta del chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) al suministro de abono orgánico en Calkiní, Campeche, México. En W. Cetzal-Ix, F. Casanova-Lugo, A. Chay-Canul, M. y Martínez-Puc (eds.). *Agroecosistemas tropicales: conservación de recursos naturales y seguridad alimentaria* (pp. 225-230). Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Chiná, Instituto Tecnológico de la Zona Maya.
- Umaña, S., Rodríguez, K., y Rojas, C. (2017). ¿Funcionan realmente los microorganismos de montaña (MM) como estrategia de biofertilización? Un enfoque de ingeniería de biosistemas. *Revista de Ciencias Ambientales*, 51(2), 133-144. <https://doi.org/10.15359/rca.51-2.7>