

Efecto de bioestimulantes microbianos en plántulas y frutos de chile jalapeño (*Capsicum annuum* L.) producidos en macrotúnel

Effect of microbial biostimulants on seedlings and fruits of jalapeño pepper (*Capsicum annuum* L.) produced in macrotunnel

Adame-García, J.¹ , Murillo-Cuevas, F. D.^{1*} , Fernández-Viveros, J. A.¹ ,
Cabrera-Mireles, H.² , Cornejo-Castillo, R.¹ 

¹ Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván. Km 4.5 Carr. Cardel-Chachalacas, Úrsulo Galván. CP 91667, Veracruz, México.

² Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, CIRGOC, Campo Experimental Cotaxtla, Carretera Federal Veracruz-Córdoba, km. 34.5. Medellín de Bravo. CP. 94992, Veracruz, México



Please cite this article as/Como citar este artículo: Adame-García, J., Murillo-Cuevas, F. D., Fernández-Viveros, J. A., Cabrera-Mireles, H., Cornejo-Castillo, R. (2024). Effect of microbial biostimulants on seedlings and fruits of jalapeño pepper (*Capsicum annuum* L.) produced in macrotunnel. *Revista Bio Ciencias*, 11, e1566. <https://doi.org/10.15741/revbio.11.e1566>

Article Info/Información del artículo

Received/Recibido: September 28th 2023.

Accepted/Aceptado: January 02th 2024.

Available on line/Publicado: January 19th 2024.

RESUMEN

El uso intensivo de fertilizantes químicos ha provocado problemas de contaminación ambiental y de salud pública. Una estrategia que garantiza la eficiencia del uso de nutrientes con tasas reducidas de fertilizantes sintéticos es el uso de bioestimulantes microbianos. El objetivo del trabajo fue evaluar el efecto de tres bioestimulantes microbianos sobre plántulas y frutos de chile jalapeño en condiciones protegidas de macrotúnel. Los tratamientos evaluados fueron: 1) Genifix®, 2) Trichoderma, 3) Bio-Terra® y 4) testigo. Para la evaluación en plántulas se pusieron a germinar 40 semillas por tratamiento. La variable de respuesta se tomó a los 29 días después de la siembra, la cual fue el peso seco de plántula y raíz. En la evaluación de frutos se utilizó un diseño en bloques completos al azar con cuatro repeticiones (bloques), en cada bloque se consideraron seis plantas de chile. Las variables de respuesta fueron peso, diámetro ecuatorial y polar de 20 frutos tomados al azar. También se consideró la producción del macrotúnel en peso del total de frutos por corte y por bloque. El producto Genifix® originó plántulas con mayor peso seco, con un incremento promedio del 39.9 % en plántula y del 40.8 % en raíz. Genifix® y Trichoderma tuvieron un efecto significativo en el peso y diámetro ecuatorial de los frutos. En producción, los bioestimulantes Genifix® y Trichoderma fueron los que presentaron los mejores resultados. El uso de los bioestimulantes evaluados es una opción para incrementar la calidad y producción del chile jalapeño con una fertilización mínima del cultivo.

PALABRAS CLAVE: *Bacillus*, *Trichoderma*, micorrizas, hortalizas, producción protegida.

*Corresponding Author:

Félix David Murillo-Cuevas. 1Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván. Km 4.5 Carr. Cardel-Chachalacas, Úrsulo Galván. CP 91667, Veracruz. México. Teléfono: (296) 962 5029. E-mail: felix.mc@ugalvan.tecnm.mx

ABSTRACT

The intensive use of chemical fertilizers has caused environmental pollution and public health problems. A strategy that guarantees nutrient use efficiency with reduced rates of synthetic fertilizers is the use of microbial biostimulants. This study aimed to evaluate the effect of three microbial biostimulants on jalapeño pepper seedlings and fruits under protected macrotunnel conditions. The treatments evaluated were: 1) Genifix®, 2) *Trichoderma*, 3) Bio-Terra®, and 4) control. For the seedling evaluation, 40 seeds per treatment were germinated. The response variable was taken 29 days after sowing, which was the dry weight of the seedling and root. A randomized complete block design with four replications (blocks) was used for the fruit evaluation, with six bell pepper plants in each block. The response variables were weight, equatorial, and polar diameter of 20 fruits taken at random. Macrotunnel production in weight of total fruit per cut and per block was also considered. The Genifix® product produced seedlings with higher dry weight, with an average increase of 39.9 % in seedlings and 40.8 % in roots. Genifix® and *Trichoderma* had a significant effect on fruit weight and equatorial diameter. In production, Genifix® and *Trichoderma* biostimulants showed the best results. In conclusion, the use of the evaluated biostimulants presents an effective option to enhance the quality and yield of jalapeño peppers while minimizing the need for extensive fertilization in the crop.

KEY WORDS : *Bacillus*, *Trichoderma*, mycorrhizae, vegetables, protected production.

Introducción

En México existe un registro de 29 tipos de chiles cultivados, cuatro de estas variedades contribuyen con el 77.9 % del volumen de producción nacional, en la que destaca el Chile jalapeño, que aporta el 31.2 %; seguido de morrón, con 21.7 %; poblano, con 13.7 %, y serrano, con 11.3 %. Razón por la cual el Chile jalapeño es una de las hortalizas de mayor importancia económica y cultural en México (SADER, 2020). El SIAP (2021) reporta una producción nacional de 5,853,581.23 toneladas de Chile. En la actualidad la producción de hortalizas presenta grandes desafíos al tener que responder a las demandas globales de alcanzar altos niveles de productividad con prácticas de manejo que garanticen la protección del medio ambiente, con una orientación cada vez más hacia una agricultura sostenible.

La nutrición de las plantas es un factor clave en el rendimiento, el cultivo de Chile jalapeño requiere una dosis de N-P-K 220-80-50 por hectárea aplicados al suelo, de tal forma que una deficiencia de estos nutrientes se correlaciona con pérdidas significativas en la producción del cultivo (Abdelaziz *et al.*, 2008).

Debido a esto, se ha generado un uso excesivo de fertilizantes sintéticos en la producción de los vegetales, lo cual en muchos de los casos es ineficiente, ya que gran parte del fertilizante aplicado se escapa al medio ambiente a través de la lixiviación, contaminando cuerpos de agua y suelo (Daverede *et al.*, 2004; da Silva *et al.*, 2020). Por otro lado, el aumento de los costos en los fertilizantes sintéticos y la contaminación ambiental que estos generan, ha provocado el desarrollo de estrategias para reducir el uso excesivo de los fertilizantes químicos. Una de las estrategias más recientes que garantizan la eficiencia del uso de nutrientes en la producción de cultivos con tasas reducidas de fertilizantes sintéticos son los bioestimulantes microbianos (Wozniak *et al.*, 2020).

Los bioestimulantes microbianos son productos elaborados con microorganismos tales como hongos micorrízicos y no micorrízicos, bacterias endosimbiontes y rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal, que son aplicados a las plantas con el objetivo de mejorar la eficiencia nutricional, la tolerancia al estrés abiótico y/o las características de calidad del cultivo, independientemente de su contenido de nutrientes (du Jardin *et al.*, 2015). Dentro de los microorganismos más utilizados como bioestimulantes vegetales se encuentran los hongos *Trichoderma* y las bacterias *Bacillus*. Los hongos del género *Trichoderma* colonizan raíces y transfieren nutrientes a las plantas (Behie & Bidochka, 2014). Promueven el crecimiento y desarrollo vegetativo a través de la formación de sideróforos quelatantes de hierro y hormonas reguladoras de crecimiento que actúan como estimulantes en los tejidos meristemáticos primarios en las partes jóvenes de las plantas (Fiorentino *et al.*, 2018). Lo cual induce en los cultivos una mayor tolerancia al estrés abiótico y eficiencia en el uso de nutrientes, crecimiento y morfogénesis de los órganos (Shoresh *et al.*, 2010; Colla *et al.*, 2015). Las bacterias del género *Bacillus* son promotoras del crecimiento vegetal y estimulan el crecimiento de las plantas a través de la activación de diferentes mecanismos en la célula vegetal. Las especies de *Bacillus* tienen la capacidad de solubilizar diferentes sustancias químicas, también están involucradas en la síntesis de auxinas, producción de sideróforos, fijación de nitrógeno y en la síntesis de bacteriocinas (Lee *et al.*, 2009; Badía *et al.*, 2011). Estas bacterias tienen la capacidad de producir compuestos orgánicos, fijar nitrógeno y solubilizar fosfatos mediante enzimas como nitrogenasas y fitasas, con efectos positivos en la promoción del crecimiento vegetal y en el aumento del potencial productivo (Corrales *et al.*, 2017). Además, influyen positivamente en el crecimiento de las plantas por medio de la síntesis y excreción de fitohormonas como las auxinas o citocininas (Anguiano *et al.*, 2019), así como con la producción de compuestos que refuerzan la inmunidad vegetal como ácido jasmónico, ácido salicílico y fitoalexinas (Ahmad *et al.*, 2008).

Recientemente los bioestimulantes microbianos elaborados con *Trichoderma* y *Bacillus* han sido de interés en la horticultura para mejorar la calidad de los cultivos que tienen una fertilización reducida o mínima tradicional (Parađiković *et al.*, 2018; Sánchez-Sánchez *et al.*, 2022; Adame-García *et al.*, 2023). El chile jalapeño es una de las hortalizas más importantes en México, por su volumen y valor de producción que oscilan en los 799,388.29 toneladas y 6,344,778.97 pesos, respectivamente (SIAP, 2021). Por su importancia el cultivo de chile ha sido utilizado para evaluar cepas de *Trichoderma* spp. y *Bacillus* spp., con la finalidad de mejorar la calidad y rendimiento del cultivo. En plantas de chile habanero la cepa Clombta de *Trichoderma* incrementa la altura, diámetro del tallo, biomasa aérea y volumen radicular (Larios

et al., 2019), y aplicaciones conjuntas de *T. virens* y *T. koningiopsis* incrementan en promedio un 14.53 % la altura de las plantas, 11.20 % el diámetro del tallo, 12.97 % la biomasa seca de la raíz, 33.13 % el número de frutos y 25.77 % el peso de frutos, respecto a plantas testigo con 50 % de fertilización química (Cristóbal-Alejo *et al.*, 2021).

En Chile serrano, tratamientos con *Trichoderma* han mostrado altos rendimientos en las variedades HS-52 y Coloso (15.67 y 13.89 t ha⁻¹) (Espinoza-Ahumada *et al.*, 2019). Además, la compatibilidad entre las especies *T. asperellum*, *T. lignorum* y *T. harzianum* estimulan un aumento en el rendimiento por planta del 86 % y del número de frutos en 79 % (Gallegos *et al.*, 2022). Cepas de *Bacillus* producen en Chile habanero un aumento en el área foliar, biomasa seca de plántula, altura de planta y volumen de la raíz (Sosa-Pech *et al.*, 2019; Gamboa-Angulo *et al.*, 2020). Además de estimular el desarrollo de plantas y peso de frutos (Adame-García *et al.*, 2021). En invernadero la cepa *B. subtilis* CBMT51 incrementa el número de frutos y el rendimiento del cultivo en 79.5 % y 58.8 %, respectivamente. Además, mejora algunas variables de crecimiento como altura final (56 %), número de brotes (92 %) y biomasa seca total (86 %) (Mejía-Bautista *et al.*, 2022). En Chile jalapeño, plantas inoculadas con la cepa *B. subtilis* ITC-N67 mostraron un aumento en el diámetro del tallo y volumen de la raíz, mientras que la inoculación con la cepa *B. cereus* ITC-BL18 aumentó el número de botones florales, la biomasa fresca de raíces y la biomasa fresca total (Peña-Yam *et al.*, 2016).

La amplia gama de bioestimulantes microbianos y la variedad de efectos que tienen sobre la calidad de los cultivos son pruebas convincentes para considerar a estos como alternativas eficientes para mejorar la calidad de los cultivos en las prácticas agrícolas. La selección de los bioestimulantes más beneficiosos bajo condiciones específicas deberá determinarse en pruebas simultáneas de varios bioestimulantes en estas condiciones específicas. De tal forma que el objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de tres bioestimulantes microbianos sobre plántulas y frutos de Chile jalapeño en condiciones protegidas de macrotúnel.

Material y Métodos

Localización del sitio de estudio

El trabajo se realizó en el Tecnológico Nacional de México, Campus Úrsulo Galván en las coordenadas 19° 24' 43.12" N y 96° 21' 32.12" W, ubicado en el municipio de Úrsulo Galván, en la región centro costera de Veracruz. El clima de esta región se clasifica como Aw (tropical húmedo-seco) por el sistema Köppen-Geiger y modificado por García (1981), definido como cálido subhúmedo con lluvias en verano, con un rango de temperatura que oscila entre 24 y 26 °C, y un rango de precipitación entre 1100 y 1300 mm (INAP, 2013).

Material vegetal y bioestimulantes microbianos

Se utilizaron semillas de Chile jalapeño variedad "Dante F1" de Harris Moran®. Todas las semillas se germinaron en charolas con sustrato peat moss e inoculadas con micorrizas

(*Rhizophagus intraradices*) de INIFAP® antes de ponerlas a germinar. Los bioestimulantes que se evaluaron fueron productos a base de *Trichoderma* spp. y *Bacillus* spp. los cuales son hongos y bacterias respectivamente. Los tratamientos evaluados fueron: 1) Genifix®, 2) Trichoderma, 3) Bio-Terra® y 4) testigo (Tabla 1).

Tabla 1. Tratamientos utilizados en la evaluación del efecto de bioestimulantes microbianos en plántulas y frutos de chile jalapeño en condiciones protegidas de macrotúnel.

Tratamiento	Ingrediente activo	Dosis
Genifix®	<i>Bacillus</i> sp. JVN5, <i>B. megaterium</i> strain VVM1, <i>Bacillus</i> sp. FDMC4, <i>B. subtilis</i> strain JAG3, <i>B. megaterium</i> strain EAV2	20% (v/v)
Trichoderma	<i>Trichoderma harzianum</i>	1 Kg en 200 L agua
Bio-Terra®	<i>Rhizobium</i> sp., <i>B. subtilis</i> , <i>B. thuringiensis</i> var. <i>krustaki</i> , <i>Beauveria bassiana</i> , <i>Trichoderma harzianum</i>	0.5 Kg g en 200 L agua
Testigo	Agua	

Fuente: Elaboración propia

Evaluación en plántulas

Para la evaluación de los bioestimulantes microbianos en plántulas de chile jalapeño, se pusieron a germinar 40 semillas por tratamiento en charolas con sustrato peat moss, inoculadas previamente con micorrizas. Posteriormente a las 24 h después de la siembra, se inocularon con 1 mL de solución de cada bioestimulante (Tabla 1). Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con 40 repeticiones, considerando cada plántula como una repetición.

Los tratamientos evaluados correspondieron a cada uno de los bioestimulantes evaluados y el testigo consistió en semillas sin aplicación de bioestimulante. La variable de respuesta se tomó a los 29 días después de la siembra, la cual fue el peso seco de plántula y raíz, colocadas en horno de secado a 65°C durante 72 horas. Para comparar el efecto de los bioestimulantes en el peso de plántulas y raíz se realizó un ANOVA y una comparación de medias de Tukey $\alpha=0.05$. Los análisis estadísticos se realizaron con el software Infostat versión 2020.

Evaluación en frutos

En la evaluación de frutos de chile jalapeño se utilizó un cultivo en condiciones protegidas de macrotúnel. El macrotúnel fue de 3 m de ancho por 30 m de largo (90 m²), forrado con malla

antiáfidos, con tapa trasera y doble puerta de seguridad para el acceso. El marco de plantación fue de una planta cada 25 cm a tres bolillos, lo cual dio un total de 120 plantas por cama y 240 por macrotúnel. Se utilizó un sistema de riego de por goteo y acolchado blanco. Los registros de temperatura media y humedad relativa durante verano-otoño dentro del macrotúnel fue de 26.8 °C y 79.0 % respectivamente.

Las plántulas de 29 días después de la siembra en charola, se trasplantaron en suelo con las características físicas y químicas siguientes: pH 6.85, CE 81.3 μS , DAP 1.2 g/mL, Arena 30.76 %, Limo 30.56 %, Arcilla 38.68 %, M.O. 2.11%, K 0.17 Cmol/Kg, Ca 12.09 Cmol/Kg, Mg 3.91 Cmol/Kg, N 0.12 % y P 11.5 mg/L.

Se utilizaron frutos de tres cortes (90, 105 y 140 días después del trasplante (ddt)). En todos los tratamientos por igual se realizó una fertilización mínima tradicional del cultivo (68 Kg/ha nitrógeno y 11 Kg/ha fosfato como P_2O_5), para el caso de fosfato/nitrato se aplicó en drench (50 mL por planta) cada 30 días. La aplicación de micronutrientes se realizó cada 20 días vía foliar y el Boro/Calcio se aplicó vía foliar al inicio de la floración y posteriormente cada 20 días (Tabla 2). También se realizaron aplicaciones al suelo de ácidos húmicos (Hortihumus®, 10 %) inicialmente una aplicación a los 15 ddt y posteriormente cada 30 días. Todas las aplicaciones se realizaron hasta concluir el ciclo productivo.

Tabla 2. Fertilización química aplicada al suelo dirigida al cuello de la planta en cada uno de los tratamientos.

Ingrediente	Nombre comercial	Dosis
Fosfato/Nitrato	DAP + Urea	1g DAP + 1g Urea por planta en 50 mL de agua
Micronutrientes	Bayfolan®	2L ha ⁻¹ en 200L de agua
Boro/Calcio	Cabo Zinc®	2L ha ⁻¹ en 200L de agua

Fuente: Elaboración propia.

Se utilizó un diseño en bloques completos al azar con cuatro repeticiones (bloques) distribuidas en dos camas, en cada bloque se consideraron seis plantas de Chile. En cada tratamiento los bioestimulantes (Tabla 1) se aplicaron mensualmente al suelo, dirigidos al cuello de la planta (drench).

Las variables de respuesta fueron peso, diámetro ecuatorial y polar de 20 frutos tomados al azar de las seis plantas, por bloque. También se consideró la producción del macrotúnel en peso del total de frutos por corte y por bloque.

Para comparar el efecto de los bioestimulantes en el peso y dimensiones de frutos de chile jalapeño, así como en la producción, se realizó un ANOVA y una comparación de medias de Tukey $\alpha=0.05$. Los análisis estadísticos se realizaron con el software Infostat versión 2020.

Resultados y Discusión

Evaluación en plántulas

El bioestimulante Genifix® tuvo un efecto significativo en el incremento de peso seco de plántula y peso seco de raíz de chile jalapeño, con un incremento promedio del 39.9% (0.92 g a 1.53 g) de peso seco de la plántula y del 40.8 % (de 0.90 g a 1.52 g) de raíz (Tabla 3). Obteniéndose plántulas y raíces de plántulas más vigorosas cuando las semillas fueron tratadas con Genifix® (Figura 1). Los productos Trichoderma y Bio-Terra® no mostraron efectos significativos en el incremento de peso seco de plántula y raíz de chile jalapeño, a pesar de que con el bioestimulante Trichoderma hubo un incremento numérico en los pesos (Tabla 3).

La mayoría de las evaluaciones sobre bioestimulantes microbianos en chile verde se han realizado en el cultivar habanero (Candelero *et al.*, 2015; Larios *et al.*, 2019; Sosa-Pech *et al.*, 2019; Cristóbal-Alejo *et al.*, 2021; Murillo-Cuevas *et al.*, 2021; Mejía-Bautista *et al.*, 2022), habiendo poca información para otras variedades como serrano (Espinoza-Ahumada *et al.*, 2019; Cabanzo-Atilano *et al.*, 2020), morrón (Adame-García *et al.*, 2023) y jalapeño (Peña-Yam *et al.*, 2016; Angulo-Castro, *et al.*, 2018; Camacho-Rodríguez, *et al.*, 2022). De tal forma que los resultados obtenidos contribuyen con información nueva sobre los efectos de los bioestimulantes evaluados en el cultivar jalapeño.

En chile jalapeño se han evaluado principalmente bioestimulantes a base de bacterias, cuyos resultados han sido variados. Se ha demostrado que las aplicaciones de *Serratia plymuthica*, *S. marcescens* y *Pseudomonas tolaasii* incrementan la altura y el número de hojas en plántulas de chile jalapeño (Angulo-Castro, *et al.*, 2018; Camacho-Rodríguez, *et al.*, 2022). Sin embargo, por otro lado, también se ha informado que plantas de chile jalapeño con aplicaciones de *Enterobacter ludwigii*, *S. quinivorans*, *Lysinibacillus sphaericus*, *Aeromonas media* y *P. poae*, no mostraron diferencias significativas en altura y diámetro de tallo en relación a las plantas testigo (Guevara-Avendaño *et al.*, 2014).

Nuestros resultados indican que el producto Genifix® formulado con cepas de bacterias del género *Bacillus* estimula el desarrollo de plántulas de chile jalapeño, a diferencia de los productos formulados con hongos *T. harzianum*, que no lograron estimular el desarrollo de las plántulas. Resultados similares fueron obtenidos en chile habanero, donde la inoculación con Genifix® incrementó en promedio un 1.5% el peso de plántulas a diferencia de bioestimulantes a base de *Trichoderma* que no registraron diferencias significativas con el testigo (Murillo-Cuevas *et al.*, 2021).

Tabla 3. Efecto de bioestimulantes microbianos en el peso seco de plántula y raíz de chile jalapeño.

Tratamientos	Peso seco (g)	
	Plántula	Raíz
Genifix®	1.53 ± 0.04 ^a	1.52 ± 0.05 ^a
Trichoderma	0.96 ± 0.06 ^b	0.98 ± 0.04 ^b
Bio-Terra®	0.80 ± 0.04 ^c	0.82 ± 0.04 ^c
Testigo	0.92 ± 0.03 ^{bc}	0.90 ± 0.04 ^{bc}
C.V. (%)	24.80	24.36

Literales diferentes indican diferencias estadísticas ($p < 0.05$) entre tratamientos. Los datos se presentan en $\bar{X} \pm E.E.$, C.V. = Coeficiente de Variación.

Es posible que el efecto del bioestimulante Genifix® en el incremento de peso seco de plántulas y raíces de plántulas de chile jalapeño se deba a las propiedades relacionadas con la promoción del crecimiento vegetal que tienen las bacterias del género *Bacillus* presentes en su composición, ya que estas pueden tener la capacidad de producir ácido indolacético (Sosa-Pech *et al.*, 2019; Mejía-Bautista *et al.*, 2022), hormona que regula el crecimiento celular, la diferenciación de tejidos e interviene en el fototropismo y gravitropismo, además de intervenir y estimular la formación raíz y xilema (Vega-Celedón, 2016).

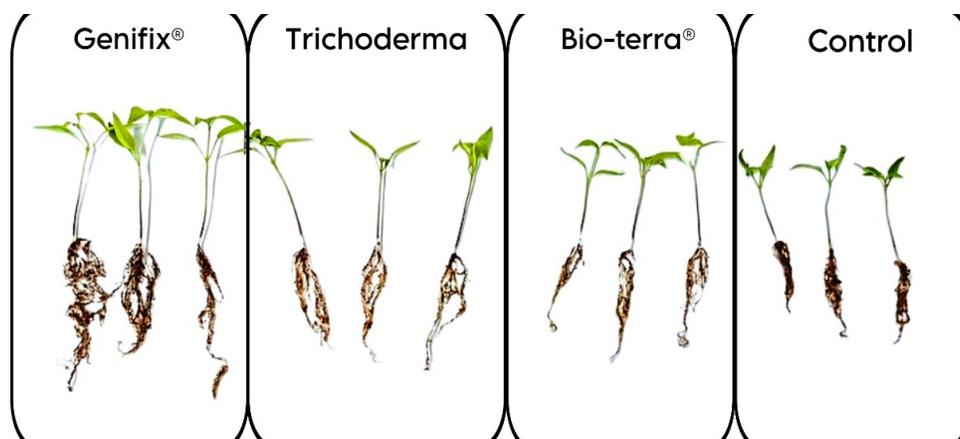


Figura 1. Plántulas de chile jalapeño tratadas con los bioestimulantes microbianos.

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados.

Algunos autores reportaron cepas de *Bacillus* spp. como promotoras del crecimiento en *C. annuum*, incrementando la biomasa de plántulas hasta en un 32 % (Ogugua et al., 2018). Además, se ha informado que la cepa de *B. subtilis* CBMT51 promueve el crecimiento de plántulas de chile habanero, incrementando la biomasa en 34.6 % (Mejía-Bautista et al., 2022). Asimismo, se ha observado que la cepa de *Bacillus* CBCC57 incrementa en un 33 % el peso seco de las plántulas de chile habanero (Sosa-Pech et al., 2019). En relación al producto Genifix®, dos de sus cepas de *Bacillus*, la JAG3 y FDMC4 incrementan en promedio hasta un 30 % el peso seco de las plántulas en chile habanero (Adame-García et al., 2021), lo cual se refleja en los resultados del producto en la variedad jalapeño, obteniéndose incrementos por arriba de lo reportado para bacterias *Bacillus* en chile habanero.

Los efectos de los bioestimulantes a base del género *Trichoderma* pueden variar, ya que pueden estar formulados con cepas o especies que poseen diferentes atributos para la estimulación del crecimiento vegetal, además de diferencias bioquímicas que permiten que una cepa sea mejor que otra para promover el crecimiento vegetal (Ortuño et al., 2013). Por ejemplo, se han reportado diferencias significativas entre dos cepas de *Trichoderma*, la SP6 y Clombta, siendo esta última la que estimuló un mayor incremento en la biomasa aérea (fresca= 0.8 g planta⁻¹ y seca= 0.13 g planta⁻¹) y volumen radicular (fresca= 0.13 g planta⁻¹ y seca= 0.04 g planta⁻¹) de plantas de chile var. Chichen Itza (Larios et al., 2019).

Por otro lado, en la evaluación de 14 cepas de *Trichoderma* sobre plántulas de chile habanero se pudo observar un efecto variado de las cepas, sobresaliendo unas más que otras, la cepa Th07-04 aumentó un 29.4% la longitud de la raíz, la Th02-01 un 84.6 % el volumen radical y la Th07-05 un 62.5 % la biomasa de la raíz (Candelero et al., 2015). Además, en plantas de chile xcat'ik, bioestimulantes microbianos a base de *B. subtilis* y *T. harzianum* no mostraron diferencias significativas con el testigo en relación a la biomasa seca de raíz, pero si en volumen de raíz (Gamboa-Angulo et al., 2020). Para el caso de bacterias del género *Rhizobium*, se han reportado efecto positivo de *R. nepotum* al incrementar el peso de la parte aérea de plántulas de chile poblano en más de 20 % (González et al., 2017), lo cual no fue el caso para el producto Bio-Terra® con *Rhizobium* sp. en esta evaluación.

El poco o nulo efecto de los productos *Trichoderma* y Bio-Terra® sobre el desarrollo de plántulas y raíces de plántulas de chile jalapeño, puede deberse a que las cepas de los hongos y bacterias de estos productos son menos compatibles fisiológica y bioquímicamente con el cultivo de chile jalapeño en la interacción microorganismo-planta y en el reconocimiento genético entre ellos (Cano, 2011; Vázquez et al., 2000).

Evaluación en frutos

En el primer corte de frutos de chile jalapeño, las plantas tratadas con Genifix® tuvieron frutos significativamente más pesados que las plantas testigo, aumentando en promedio 7.61 g (13.3 %) en relación con los frutos de las plantas testigo (Tabla 4). En relación con las dimensiones de los frutos, todos los bioestimulantes incrementaron el diámetro polar, con un incremento promedio máximo de 7.9 % por parte del bioestimulante Bio-Terra®. Para el diámetro ecuatorial,

sólo los productos Genifix® y Trichoderma tuvieron un incremento significativo del 11.4 y 7.6 % respectivamente (Tabla 4).

Las aplicaciones de los bioestimulantes Genifix® y Trichoderma en el segundo corte de frutos de chile jalapeño, tuvieron efectos significativos en el incremento del peso y diámetro ecuatorial (Tabla 4). Genifix® incrementó el peso de los frutos en promedio 3.57 g (5.9 %) y Trichoderma 4.95 g (8.0 %) con relación a los frutos de las plantas testigo (Tabla 4).

Para el tercer corte, los bioestimulantes Genifix® y Bio-Terra® tuvieron efectos significativos con relación a los frutos de las plantas testigo, incrementando el peso en promedio 7.12 g (10.6 %) y 3.96 g (6.2 %) respectivamente (Tabla 4), obteniéndose frutos más grandes y pesados (Figura 2). Todos los bioestimulantes incrementaron el diámetro polar de los frutos de chile jalapeño, con un incremento máximo del 7.7 % por parte del producto Genifix® (Figura 2). Sólo Genifix® y Trichoderma tuvieron un efecto en el incremento del diámetro ecuatorial del fruto (Tabla 4).

Al analizar los tres cortes de frutos juntos, sólo los bioestimulantes Genifix® y Trichoderma tuvieron un efecto en el peso y diámetro ecuatorial de los frutos (Tabla 4). Genifix® incrementó en promedio 5.75 g (9.1%) el peso y 0.2 cm (5.2%) el diámetro ecuatorial de los frutos y Trichoderma 4.20 g (6.8%) el peso y 0.15 cm (3.9%) el diámetro ecuatorial, con relación a los frutos de las plantas testigo. Para el diámetro polar de los frutos, todos los bioestimulantes tuvieron un efecto significativo en su incremento con un máximo del 5.5% por parte del producto Genifix® (Tabla 4).

La producción en cada uno de los tres cortes de frutos de chile jalapeño en condiciones protegidas de macrotúnel con aplicaciones de los bioestimulantes microbianos fue variada, con una mayor producción en el segundo corte (Tabla 5). La mayor producción de chile jalapeño se registró en plantas con aplicaciones de los bioestimulantes. Plantas con aplicaciones de Genifix® tuvieron mayor producción de chile jalapeño (47.110 Kg), seguido de las plantas con aplicaciones de Trichoderma (44.199 Kg) y Bio-Terra® (40.191 Kg) (Tabla 5). La producción promedio, utilizando los tres cortes de frutos, fue significativamente mayor en plantas con aplicaciones de Genifix® 15.70 Kg, con un incremento del 28.1% y Trichoderma 14.73 Kg con un incremento del 23.4% en relación con las plantas testigo (Tabla 5).

Tabla 4. Efecto de bioestimulantes microbianos en peso y diámetro de fruto de chile jalapeño en tres cortes de frutos en condiciones protegidas de macrotúnel.

Tratamientos	Peso (g)	Diámetro polar (cm)	Diámetro ecuatorial (cm)
Corte 1			
Genifix®	57.43 ± 1.6 ^a	9.90 ± 0.14 ^a	3.68 ± 0.06 ^a
Trichoderma	55.93 ± 1.6 ^{ab}	9.84 ± 0.14 ^a	3.53 ± 0.06 ^{ab}
Bio-Terra®	53.03 ± 1.5 ^{ab}	10.0 ± 0.15 ^a	3.40 ± 0.08 ^{bc}
Testigo	49.82 ± 2.1 ^b	9.21 ± 0.18 ^b	3.26 ± 0.08 ^c
C.V. (%)	16.24	7.58	9.09
Corte 2			
Genifix®	60.54 ± 1.1 ^a	10.05 ± 0.09 ^a	3.85 ± 0.03 ^a
Trichoderma	61.92 ± 1.2 ^a	9.98 ± 0.08 ^{ab}	3.86 ± 0.03 ^a
Bio-Terra®	58.44 ± 1.2 ^{ab}	9.67 ± 0.09 ^b	3.75 ± 0.04 ^{ab}
Testigo	56.97 ± 1.2 ^b	9.73 ± 0.09 ^{ab}	3.67 ± 0.04 ^b
C.V. (%)	16.94	7.46	7.84
Corte 3			
Genifix®	67.47 ± 0.98 ^a	10.03 ± 0.07 ^a	3.95 ± 0.03 ^a
Trichoderma	63.18 ± 0.97 ^{bc}	9.54 ± 0.05 ^b	3.86 ± 0.04 ^{ab}
Bio-Terra®	64.31 ± 1.02 ^{ab}	9.71 ± 0.07 ^b	3.76 ± 0.04 ^{bc}
Testigo	60.35 ± 1.02 ^c	9.26 ± 0.07 ^c	3.74 ± 0.03 ^c
C.V. (%)	13.46	6.45	7.35
Total de tres cortes			
Genifix®	63.06 ± 0.74 ^a	10.02 ± 0.05 ^a	3.86 ± 0.02 ^a
Trichoderma	61.51 ± 0.73 ^{ab}	9.77 ± 0.06 ^b	3.81 ± 0.02 ^a
Bio-Terra®	59.99 ± 0.76 ^{bc}	9.75 ± 0.05 ^b	3.70 ± 0.04 ^b
Testigo	57.31 ± 0.78 ^c	9.47 ± 0.05 ^c	3.66 ± 0.03 ^b
C.V. (%)	16.30	7.24	8.42

Literales diferentes indican diferencias estadísticas ($p < 0.05$) entre tratamientos. Los datos se presentan en $\bar{X} \pm E.E.$, C.V. = Coeficiente de Variación.

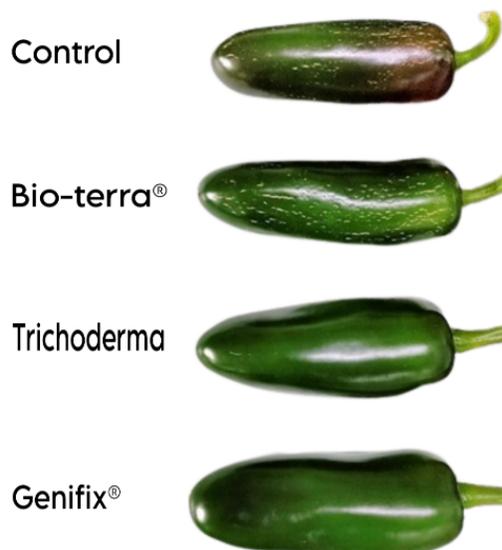


Figura 2. Frutos de chile jalapeño obtenidos de plantas con aplicaciones de los bioestimulantes microbianos en el tercer corte de frutos en condiciones protegidas de macrotúnel.

Fuente: Elaboración propia a partir los resultados.

Tabla 5. Producción de chile jalapeño en tres cortes de frutos en condiciones protegidas de macrotúnel en relación a los bioestimulantes microbianos aplicados.

Tratamientos	Peso (Kg) por cortes de frutos			Total	$\bar{X} \pm E.E.$
	1°	2°	3°		
Genifix®	15.215	16.820	15.075	47.110	15.70 ± 0.55 ^a
Trichoderma	14.524	14.942	14.733	44.199	14.73 ± 0.34 ^a
Bio-Terra®	12.195	14.599	13.397	40.191	13.40 ± 0.69 ^{ab}
Testigo	9.958	13.604	10.312	33.874	11.29 ± 0.73 ^b
C.V. (%)					9.23

Literales diferentes indican diferencias estadísticas ($p < 0.05$) entre tratamientos. Los datos se presentan en $\bar{X} \pm E.E.$, C.V. = Coeficiente de Variación.

Nuestros resultados corroboran los efectos bioestimulantes de las bacterias del género *Bacillus* y hongos del género *Trichoderma* en el desarrollo de frutos de hortalizas y contribuyen con información nueva sobre los beneficios de estos microorganismos en el incremento del peso y tamaño de los frutos en chile jalapeño, ya que las evaluaciones de este tipo se han hecho principalmente en el cultivar habanero, donde se han reportado porcentajes de incrementos en peso de fruto mayores a los obtenidos en este trabajo en el cultivar jalapeño.

Por ejemplo, la cepa CBMT51 de *B. subtilis* incrementó hasta 37% el peso del fruto en relación al testigo (Mejía-Bautista et al., 2022) y la interacción de la cepa Th05-02 de *Trichoderma virens* y Th41-11 de *T. koningiopsis* incrementó un 25.8% el peso de frutos respecto al testigo con 50% de fertilización química (Cristóbal-Alejo et al., 2021). Sin embargo, cuando se han evaluado de manera simultánea bioestimulantes a base de los géneros *Bacillus* y *Trichoderma* se reportan resultados variados entre los productos, por ejemplo, Baktilis® (*B. subtilis*) supera a Tricho-Bio® (*T. harzianum*) en el incremento de la producción de chile xcat'ik, pero ninguno de los dos productos tuvo un efecto en el peso de los frutos (Gamboa-Angulo, et al., 2020).

Por otro lado, Genifix® (*Bacillus* spp.), T22® (*T. harzianum*) y MIX® (*Trichoderma* spp.) incrementaron significativamente el peso y dimensiones del fruto de chile habanero sin registrar diferencias estadísticas entre los productos, incrementando el peso hasta 18.8% y el diámetro polar y ecuatorial en 14.5 y 10.5% respectivamente con los productos a base del género *Trichoderma* (Murillo-Cuevas et al., 2021). Sin embargo, en chile morrón, el producto Genifix® fue superior a los productos T22® y MIX®, incrementando el peso de fruto en 17.1% y las dimensiones del ancho en 9.2% y largo 12.1% en comparación a los bioestimulantes a base de *Trichoderma* spp. que incrementaron en promedio hasta 10.5% el peso, 7.5% el ancho y 15.1% el largo de los frutos, aunque todos los bioestimulantes fueron significativamente superiores al testigo (Adame-García et al., 2023).

Es posible que las diferencias en el incremento de peso de frutos entre la variedad habanero y jalapeño se deba a que el cultivar habanero sea más compatible con los microorganismos, así como las diferencias entre los productos se deba a los diferentes grados de compatibilidad de las cepas microbianas con la planta hospedera, ya que el efecto de la inoculación de los bioestimulantes microbianos en las plantas hospederas depende en gran medida de la compatibilidad fisiológica y bioquímica de la interacción microorganismo-planta y del reconocimiento genético entre ellos (Cano, 2011; Vázquez et al., 2000). Además de otros factores como la presencia de otros microorganismos en la rizósfera y las condiciones ambientales, como temperatura y humedad (Cano, 2011). No obstante, los resultados obtenidos con los bioestimulantes, demuestran que el uso de estos productos beneficia significativamente el desarrollo de los frutos en chile jalapeño, de tal forma que estos bioestimulantes microbianos son una opción eficiente para incrementar la productividad y calidad de los frutos del cultivar jalapeño, con un menor impacto ambiental al utilizar productos biológicos en vez de incrementar la fertilización química.

Todos los bioestimulantes lograron incrementar en por lo menos uno de los cortes el peso y dimensiones de los frutos; sin embargo, Genifix® tuvo un mayor efecto, el cual podría atribuirse a la capacidad de las bacterias del género *Bacillus* para producir hormonas tales como auxinas,

citocininas y giberelinas, las cuales promueven el crecimiento y desarrollo de los frutos (Ruiz-Cisneros *et al.*, 2019). Además de posibles mecanismos genéticos, bioquímicos y fisiológicos que afectan directamente al fruto (Mena-Violante *et al.*, 2009).

Conclusiones

Las plántulas inoculadas con el producto Genifix® fueron las únicas que incrementaron su biomasa. Genifix® tuvo el mayor efecto bioestimulante en el peso y dimensiones de los frutos de chile jalapeño, seguido de los bioestimulantes Trichoderma y Bio-Terra®. La producción de chile jalapeño fue mayor en plantas con aplicaciones de los bioestimulantes Genifix® y Trichoderma.

Se recomienda el uso de los bioestimulantes microbianos para mejorar la calidad y producción del chile jalapeño, así como para garantizar un buen desarrollo de plántulas, lo cual asegura el éxito en el trasplante, desarrollo de planta y buenos rendimientos en el cultivo.

Contribución de los autores

JAG y FDMC diseñaron y realizaron la investigación; JAG y FDMC desarrollaron la metodología; RCC realizó las pruebas en campo y toma de variables; FDMC y HCM realizaron el análisis de resultados; JAG, FDMC y JAFV realizaron la escritura, preparación, redacción, revisión y edición del manuscrito. Todos los autores de este manuscrito han leído y aceptado la versión publicada del mismo.

Financiamiento

Esta investigación fue financiada por El Tecnológico Nacional de México (TecNM) con el proyecto con clave 16815.23-P.

Agradecimientos

Se agradece a los estudiantes de Ingeniería en Agronomía del Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván por el apoyo en el manejo agronómico del cultivo.

Conflicto de interés

Los autores declaran no tener conflicto de interés.

Referencias

- Adame-García, J., Murillo-Cuevas, F. D., Cabrera-Mireles, H., Villegas-Narváez, J., Rivera-Meza, A. E., & Vásquez-Hernández, A. (2023). Efecto de bioestimulantes microbianos en frutos de chile morrón y jitomate producidos en macrotúnel. *Biotechnia*, 25(1), 81-87. <https://doi.org/10.18633/biotechnia.v25i1.1772>
- Adame-García, J., Murillo-Cuevas, F. D., Velázquez-Mendoza, V., López-Vázquez, M., Antonio-Vázquez, E., Cabrera Mireles, H., & Villegas Narváez, J. (2021). Identificación molecular y evaluación de bacterias en el desarrollo vegetativo y producción de chile habanero. *Biotechnia*, 23(3), 151-157. <https://doi.org/10.18633/biotechnia.v23i3.1480>
- Abdelaziz, M. E., Ahmed, A. H., Bekhid, R. S., & Pokluda, R. (2008). Response of growth patterns in sweet pepper to different NPK levels. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*, 56(1), 241-244. <https://doi.org/10.11118/actaun200856010241>
- Anguiano, C. J. C., Flores, O. A., Olalde, P. V., Arredondo, V. R., & Laredo, A. E. I. (2019). Evaluation of *Bacillus subtilis* as promoters of plant growth. *Revista Bio Ciencias*, 6, 1-13. <https://doi.org/10.15741/revbio.06.e418>
- Angulo-Castro, A., Ferrera-Cerrato, R., Alarcón, A., Almaraz-Suárez, J. J., Delgadillo-Martínez, J., Jiménez-Fernández, M., & García-Barradas, O. (2018). Crecimiento y eficiencia fotoquímica del fotosistema II en plántulas de 2 variedades de *Capsicum annuum* L. inoculadas con rizobacterias u hongos micorrízicos arbusculares. *Revista Argentina de Microbiología*, 50(2), 178-188. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ram.2017.03.011>
- Ahmad, F., Ahmad, I., & Khan, M.S. (2008). Screening of free-living rhizospheric bacteria for their multiple plant growth promoting activities. *Microbiological Research*, 163(2008), 173-81. <https://doi.org/10.1016/j.micres.2006.04.001>
- Badía, M. M. R., Hernández, B. T., Murrel, J. A. L., Mahillon, J., & Perez, M. H. (2011). Isolation and characterization of strain of the *Bacillus* associated to rice (*Oryza sativa* L.) crop. *Revista Brasileira de Agroecologia*, 6, 90-99. <https://revistas.aba-agroecologia.org.br/rbagroecologia/article/view/9924>
- Behie, S. W., & Bidochka, M. J. (2014). Nutrient transfer in plant–fungal symbioses. *Trends in Plant Science*, 19(11), 734-740. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2014.06.007>
- Cabanzo-Atilano, I., Rodríguez, M. N., García-Cué, J. L., Almaraz-Suárez, J. J., & Gutiérrez-Castorena, M. D. C. (2020). La biofertilización y nutrición en el desarrollo de plántulas de chile serrano. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 11(4), 699-712. <https://doi.org/10.29312/remexca.v11i4.2121>
- Camacho-Rodríguez, M., Almaraz-Suárez, J. J., Vázquez-Vázquez, C., Angulo-Castro, A., Ríos-Vega, M. E., & González-Mancilla, A. (2022). Efecto de rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal en el desarrollo y rendimiento del chile jalapeño. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 13(28), 185-196. <https://doi.org/10.29312/remexca.v13i28.3273>
- Candelero, D. J., Cristóbal, A. J., Reyes, R. A., Tun, S. J. M., Gamboa, A. M. M., & Ruíz, S. E. (2015). *Trichoderma* spp. promotoras del crecimiento en plántulas de *Capsicum chinense* Jacq. y antagonicas contra *Meloidogyne incognita*. *PHYTON*, 84(1), 113-119. http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1851-56572015000100016&lng=es &tlng=es
- Cano, M. A. (2011). Interacción de microorganismos benéficos en plantas: micorrizas,

- Trichoderma* spp. y *Pseudomonas* spp. Una revisión. *Revista UDCA Actualidad & Divulgación Científica*, 14(2), 15-31. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-42262011000200003&lng=en&tlng=es
- Cristóbal-Alejo, J., Moo-Koh, F. A., Tun-Suárez, J. M., Reyes-Ramírez A., & Gamboa-Angulo, M. (2021). Efecto de la interacción dual de especies de *Trichoderma* en el crecimiento de *Capsicum chinense* Jacq. *Agrociencia*, 55(8), 681-693. <https://doi.org/10.47163/agrociencia.v55i8.2661>
- Corrales, R. L. C., Caycedo, L. L., Gómez, M. M. A., Ramos, R. S. J., & Rodríguez, T. J. N. (2017). *Bacillus* spp: una alternativa para la promoción vegetal por dos caminos enzimáticos. *NOVA*, 15(27), 45-65. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1794-24702017000100046&lng=en&tlng=es
- Colla, G., Roupael, Y., DiMattia, E. El-Nakhel, C., & Cardarelli, M. (2015). Co-inoculation of *Glomus intraradices* and *Trichoderma atroviride* acts as a biostimulant to promote growth, yield and nutrient uptake of vegetable crops. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 95(8), 1706-1715. <https://doi.org/10.1002/jsfa.6875>
- da Silva, J. M., Fontes, P. C. R., Milagres, C. D. C., & de Abreu, J. A. A. (2020). Yield and nitrogen use efficiency of bell pepper grown in SLAB fertigated with different nitrogen rates. *Journal of Plant Nutrition*, 43(18), 2833-2843. <https://doi.org/10.1080/01904167.2020.1783297>
- Daverede, I. C., Kravchenko, A. N., Hoefft, R. G., Nafziger, E. D., Bullock, D. G., Warren, J. J., & Gonzini, L. C. (2004). Phosphorus runoff from incorporated and surface-applied liquid swine manure and phosphorus fertilizer. *Journal of Environmental Quality*, 33(4), 1535-1544. <https://doi.org/10.2134/jeq2004.1535>
- du Jardin, P. (2015). Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation. *Scientia Horticulturae*, 196, 3-14. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.021>
- Espinoza-Ahumada, C. A., Gallegos-Morales, G., Ochoa-Fuentes, Y. M. Hernández-Castillo, F. D., Méndez-Aguilar, R., & Rodríguez-Guerra, R. (2019). Antagonistas microbianos para biocontrol de la marchitez y su efecto promotor en el rendimiento de Chile serrano. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 23(2019), 187-197. <https://doi.org/10.29312/remexca.v0i23.2020>
- Fiorentino, N., Ventorino, V., Woo, S. L., Pepe, O., De Rosa, A., Gioia, L., Romano, I., Lombardi, N., Napolitano, M., Colla, G., & Roupael, Y. (2018). *Trichoderma*-based biostimulants modulate rhizosphere microbial populations and improve N uptake efficiency, yield, and nutritional quality of leafy vegetables. *Frontiers in plant science*, 9, 743, 1-15. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.00743>
- Gallegos, M. G., Espinoza, A. C. A., Figueroa, R. J., Méndez, A. R., Rodríguez, G. R., Salas, G. A. L., & Peña, R. F. M. (2022). Compatibilidad de especies de *Trichoderma* en la producción y biocontrol de marchitez del Chile. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 9(2), 1-7. <https://doi.org/10.19136/era.a9n2.3066>
- Gamboa-Angulo, J., Ruíz-Sánchez, E., Alvarado-López, C., Gutiérrez-Miceli, F., Ruíz-Valdiviezo, V. M., & Medina-Dzul, K. (2020). Efecto de biofertilizantes microbianos en las características agronómicas de la planta y calidad del fruto del Chile xcat'ik (*Capsicum annuum* L.). *Terra Latinoamericana*, 38, 817-826. <https://doi.org/10.28940/terra.v38i4.716>
- García, E. (1981). Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (1918, 1936) para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana. Instituto de Geografía, UNAM.

- Offset Larios: México. 21-29 pp.
- González, M. A., Almaraz, S. J. J., Ferrera, C. R., Rodríguez G. M. D. P., Taboada G. O. R., Trinidad S. A., Alarcón, A., & Arteaga, G. R. I. (2017). Caracterización y selección de rizobacterias promotoras de crecimiento en plántulas de chile poblano (*Capsicum annuum* L.). *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 33(3), 463-474. <https://doi.org/10.20937/rica.2017.33.03.09>
- Guevara-Avendaño, E., Luna-Rodríguez, M., Octavio-Aguilar, P., Iglesias-Andreu, L. G., Trigos, Á., & Martínez-Hernández, M. D. J. (2014). Effect of rhizobacteria indole producing on the development of *Capsicum annuum* var. jalapeño M. *International Research Journal of Biological Sciences*, 3(10), 22-27. <http://www.isca.in/IJBS/Archive/v3/i10/4.ISCA-IRJBS-2014-103.pdf>
- Instituto Nacional de Administración Pública [INAP]. (2013). Diagnósticos Municipales PACMA, entidad: Veracruz de Ignacio de la Llave, Municipio: Úrsulo Galván. Instituto Nacional de Administración Pública. México 49p.
- Larios, L. E. J., Valdovinos, N. J. de J. W., Chan, C. W., García, L. F. A., Manzo, S. G., & Buenrostro, N. M. T. (2019). Biocontrol de Damping off y promoción del crecimiento vegetativo en plantas de *Capsicum chinense* (Jacq) con *Trichoderma* spp. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 10(3), 471-483. <https://doi.org/10.29312/remexca.v10i3.332>
- Lee, K. D., Gray, E. J., Mabood, F., Jung, W-J, Charles, T., Clarck, S. R. D., Ly, A., Souleimanov, A., Zhou, X., & Smith, D. L. (2009). The class Ild bacteriocins thurincin-17 increases plant growth. *Planta*, 229, 747-755. <https://doi:10.1007/s00425-008-0870-6>
- Mejía-Bautista, M. Á., Cristóbal-Alejo, J., Pacheco-Aguilar, J. R., & Reyes-Ramírez, A. (2022). *Bacillus* spp. on the growth and yield of *Capsicum chinense* Jacq. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 13(1), 115-126. <https://doi.org/10.29312/remexca.v13i1.2664>
- Mena-Violante, H. G., Cruz-Hernández, A., Paredes-López, O., Gómez-Lim, M. Á., & Olalde-Portugal, V. (2009). Cambios relacionados con textura de frutos y mejoramiento de la vida de anaquel por la inoculación de raíces de tomate con *Bacillus subtilis* BEB-13BS. *Agrociencia*, 43(6), 559-567.
- Murillo-Cuevas, F. D., Cabrera-Mireles, H., Adame-García, J., Vásquez-Hernández, A., Martínez-García, A. de J., & 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>
- Peña-Yam, L. P., Ruíz-Sánchez, E., Barboza-Corona, J. E., & Reyes-Ramírez, A. (2016). Isolation of Mexican *Bacillus* Species and Their Effects in Promoting Growth of Chili Pepper (*Capsicum annuum* L. cv Jalapeño). *Indian Journal of Microbiology*, 56, 375-378. <https://doi10.1007/s12088-016-0582-8>
- Ogugua, U. V., Ntushelo, K., Makungu, M. C., & Kanu, S. A. (2018). Effect of *Bacillus subtilis* BD2333 on seedlings growth of sweet pepper (*Capsicum annuum*), Swiss chard (*Beta vulgaris*) and lettuce (*Lactuca sativa*). *Acta Horticulturae*, 1204(26), 201-210. <https://doi10.17660/ActaHortic.2018.1204.26>
- Ortuño, N., Miranda, C., & Claros, M. (2013). Selección de cepas de *Trichoderma* spp. generadoras de metabolitos secundario de interés para su uso como promotor de crecimiento en plantas cultivadas. *Journal of the Selva Andina Biosphere*, 1:16-32. http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2308-38592013000100003&lng=es &tlng=es.

- Parađiković, N., Teklić, T., Zeljković, S., Lisjak, M., & Špoljarević, M. (2018). Biostimulants research in some horticultural plant species—A review. *Food and Energy Security*, 8(2), 1-17. <https://doi.org/10.1002/fes3.162>
- Ruiz-Cisneros, M. F., Ornelas-Paz, J. J., Olivás-Orozco, G. I., Acosta-Muñiz, C. H., Sepúlveda-Ahumada, D. R., Zamudio-Flores, P. B., Berlanga-Reyes, D. I., Salas-Marina, M. A., Cambero-Campos, O. J., & Rios-Velasco, C. (2019). Efecto de cepas de *Bacillus* solas y en interacción con hongos fitopatógenos sobre el crecimiento vegetal y calidad del fruto de jitomate. *Revista Bio Ciencias*, 6, 1-17. <https://doi.org/10.15741/revbio.06.e541>
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural [SADER]. (2020). Reconoce Gobierno de México la importancia del Chile en identidad cultural y gastronómica del país. Comunicado. <https://www.gob.mx/agricultura/prensa/reconoce-gobierno-de-mexico-la-importancia-del-chile-en-identidad-cultural-y-gastronomica-del-pais?>
- Sánchez-Sánchez, A., Hernández, V., Hellín, P., Jiménez-Pérez, M., Rodríguez-Burruezo, A., Fenoll, J., & Flores, P. (2022). Impact of low-input management and microbial biostimulants on yields of traditional pepper varieties. *Scientific Journal*, 11(1), 196-203. https://agrolifejournal.usamv.ro/pdf/vol.XI_1/Art23.pdf
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera [SIAP]. (2021). Cierre de la producción agrícola (1980-2021)., Anuario Estadístico de la Producción Agrícola, por cultivo y variedad. <https://www.gob.mx/siap/acciones-y-programas/produccion-agricola-33119>
- Shoresh, M., Harman, G. E., & Mastouri, F. (2010). Induced systemic resistance and plant responses to fungal biocontrol agents. *Annual Review of Phytopathology*, 48, 21-43. <https://doi.org/10.1146/annurev-phyto-073009-114450>
- Sosa-Pech, M., Ruiz-Sánchez, E., Tun-Suárez, J. M., Pinzón-López, L. L., & Reyes-Ramírez, A. (2019). Germinación, crecimiento y producción de glucanasas en *Capsicum chinense* Jacq. inoculadas con *Bacillus* spp. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 6(16), 137-143. <https://doi.org/10.19136/era.a6n16.1801>
- Vázquez, M. M., César, S., Azcón, R., & Barea, J. M. (2000). Interactions between arbuscular mycorrhizal fungi and other microbial inoculants (*Azospirillum*, *Pseudomonas*, *Trichoderma*) and their effects on microbial population and enzyme activities in the rhizosphere of maize plants. *Applied Soil Ecology*, 15(3), 261-272. [https://doi.org/10.1016/S0929-1393\(00\)00075-5](https://doi.org/10.1016/S0929-1393(00)00075-5)
- Vega-Celedón, P., Canchignia, M. H., González, M., & Seeger, M. (2016). Biosíntesis de ácido indol-3-acético y promoción del crecimiento de plantas por bacteria. *Cultivos Tropicales*, 37 (Supl. 1), 33-39. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362016000500005&lng=es&tlng=es
- Wozniak, E., Blaszczyk A., Wiatrak, P., & Canady, M. (2020). Biostimulant Mode of Action: Impact of Biostimulant on Whole-Plant Level. In Geelen, D., & Xu, L. *The Chemical Biology of Plant Biostimulants*. (pp. 205-227). Ed. Wiley. <https://doi.org/10.1002/9781119357254.ch8>