

Efecto de fertilizantes ecológicos en el tiempo fisiológico y la producción de chile habanero

Effect of ecological fertilizers on the physiological time and production of habanero pepper

Jonás Alan Luna-Fletes¹ , Elia Cruz-Crespo^{2*} , Álvaro Can-Chulim² , Wilberth Chan-Cupul³ , Celia Chávez-Mendoza⁴ , Oscar Raúl Mancilla-Villa⁵ 

¹Universidad Autónoma de Nayarit (UAN), Programa de Doctorado en Ciencias Biológico Agropecuarias. Km. 9 Carretera Tepic-Compostela, CP. 63780. Xalisco, Nayarit, México.

²UAN, Unidad Académica de Agricultura. Km. 9 Carretera Tepic-Compostela, CP. 63780. Xalisco, Nayarit, México.

³Universidad de Colima, Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Km. 40 Autopista Colima-Manzanillo, La Estación, CP. 28930. Tecomán, Colima, México.

⁴Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo. Av. Cuarta Sur 3820, Fraccionamiento Vencedores del Desierto, CP. 33089. Delicias, Chihuahua, México.

⁵Universidad de Guadalajara, Departamento de Producción Agrícola. Av. Independencia Nacional 151, Centro, CP. 48900. Autlán de Navarro, Jalisco, México.

*Autor de correspondencia: ccruz2006@yahoo.com.mx

Artículo científico

Recibido: 23 de abril 2024

Aceptado: 17 de enero 2025

RESUMEN. La reducción del uso de los fertilizantes químicos mediante alternativas ecológicas puede ser favorable para el cultivo de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.), lo que puede alterar los grados días de desarrollo (GDD) acumulados en las diferentes etapas fenológicas. La investigación se realizó con el objetivo de evaluar la solución nutritiva de Steiner al 37.5% (SS37.5) en combinación con 3, 4.5 y 6 mL L⁻¹ de Pez Terra® (PT) más *Purpureocillium lilacinum* (PI) en la acumulación de GDD por etapa fenológica, crecimiento y producción de chile habanero. La experimentación se efectuó en invernadero con un diseño completamente aleatorizado, 15 repeticiones y un testigo (solución de Steiner al 75% sin PT y PI). Para la fase de fructificación el testigo acumuló 1511.73 GDD, valores iguales a los que se obtuvieron con la SS37.5 + 3 mL L⁻¹ PT + PI (1521.39) y la SS37.5 + 4.5 mL L⁻¹ PT + PI (1533.50). Con el tratamiento SS37.5 + 4.5 mL L⁻¹ PT + PI se incrementó el área foliar (18.47%), contenido de fósforo en hojas (24.87%), lecturas SPAD (10.23%) y producción de fruto (15.19%), con relación al testigo. Las plantas tratadas con PI presentaron colonización en la rizosfera con valores de 4 a 17%. Los resultados mostraron que se obtuvo la mayor acumulación de GDD en la etapa de fructificación y se redujo 50% la fertilización sintética en la producción de chile habanero con el uso combinado de PT y PI.

Palabras clave: *Capsicum chinense*, colonización en la rizosfera, contenido nutricional, crecimiento.

ABSTRACT. Reducing the use of chemical fertilizers through ecological alternatives can be favorable for the habanero pepper crop (*Capsicum chinense* Jacq.), which can alter the growth degree days (GDD) accumulated in the different phenological stages. The research was carried out with the objective of evaluating Steiner nutrient solution at 37.5% (SS37.5) in combination with 3, 4.5 and 6 mL L⁻¹ of Pez Terra® (PT) plus *Purpureocillium lilacinum* (PI) in the accumulation of GDD by phenological stage, growth and production of habanero pepper. The experimentation was carried out in a greenhouse with a completely randomized design, 15 repetitions and a control (75% Steiner solution without PT and PI). For the fruiting phase, the control accumulated 1511.73 GDD, values equal to those obtained with SS37.5 + 3 mL L⁻¹ PT + PI (1521.39) and SS37.5 + 4.5 mL L⁻¹ PT + PI (1533.50). With the SS37.5 + 4.5 mL L⁻¹ PT + PI treatment, leaf area (18.47%), phosphorus content in leaves (24.87%), SPAD readings (10.23%) and fruit production (15.19%) increased, in relation to the control. Plants treated with PI showed colonization in the rhizosphere with values of 4 to 17%. The results showed that the greatest accumulation of GDD was obtained in the fruiting stage and synthetic fertilization was reduced by 50% in the production of habanero pepper with the combined use of PT and PI.

Keywords: *Capsicum chinense*, colonization in the rhizosphere, nutritional content, growth.

Como citar: Luna-Fletes JA, Cruz-Crespo E, Can-Chulim A, Chan-Cupul W, Chávez-Mendoza C, Mancilla-Villa OR (2025) Efecto de fertilizantes ecológicos en el tiempo fisiológico y la producción de chile habanero. Ecosistemas y Recursos Agropecuarios 12(1): e4155. DOI: 10.19136/era.a12n1.4155.

INTRODUCCIÓN

La temperatura es uno de los factores climáticos que más influye en el potencial de producción de los cultivos, ya que interviene en la mayoría de los procesos fisiológicos, bioquímicos y metabólicos (Kaimuddin *et al.* 2020), por esto, la temperatura es clave para definir el momento de siembra, y la aparición y duración de las diferentes etapas fenológicas de las plantas (González-Osorio *et al.* 2020). A la estimación del desarrollo de una planta mediante el tiempo térmico se le conoce como grados días de desarrollo (GDD) (Aguilar-Rodríguez *et al.* 2020). La acumulación de GDD pueden generar registros que ayuden a precisar el manejo y producción de los cultivos, y a su vez estos pueden contribuir en el análisis del efecto del cambio climático sobre la fenología de las especies vegetales (León-Pacheco *et al.* 2019).

Por otra parte, la competitividad en la agricultura, y la demanda de alimentos en constante aumento, acrecentaron el uso de fertilizantes químicos y plaguicidas, lo que incrementó los costos de producción y la contaminación de los recursos naturales (Chiquito-Contreras *et al.* 2020). Por esto, es relevante impulsar el uso de productos que se enfoquen hacia una agricultura ecológica; una alternativa viable es el empleo de fertilizantes orgánicos y biológicos. Al respecto, San-Martins-Sanes *et al.* (2015) señalaron que los fertilizantes orgánicos de desechos de pescado mejoran el desarrollo y producción de los cultivos, porque estos aportan nitrógeno y aminoácidos en concentraciones altas, así como otros nutrientes como fósforo, potasio y calcio en forma equilibrada. Mientras que Ekinici *et al.* (2019) aplicaron como abono desechos de pescado en cultivo de espinaca (*Spinacia oleracea* L.), en comparación con nitrato de amonio, y observaron que el abono incrementó el diámetro de tallo, biomasa seca de hojas, concentración de P y K foliar, y rendimiento; destacando el potencial de los residuos de pescado como abono orgánico para el cultivo y reducción del uso de fertilizantes químicos. Actualmente, en el mercado se pueden encontrar productos a base de pescado de los que no se tienen estudios científicos sobre su uso. Por otra parte, la incorporación de los biofertilizantes en el cultivo de las plantas favorece su crecimiento y supervivencia, debido a que estos producen metabolitos secundarios, como las auxinas, citoquininas, giberelinas, compuestos antifúngicos y antibacterianos (Allegrucci *et al.* 2020, Morel *et al.* 2021). Hay investigaciones en las que se encontró que las plantas que se trataron con biofertilizantes incrementaron el rendimiento y la calidad (Grageda-Cabrera *et al.* 2018, Toscano-Verduzco *et al.* 2019). Dentro de los biofertilizantes se encuentra *P. lilacinum*, hongo con potencial como nematocida (Dahlin *et al.* 2019); además, es capaz de colonizar las raíces de las plantas, produce ácido indol-3-acético, solubiliza $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ (Baron *et al.* 2020), promueve el crecimiento, la calidad de fruto de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq) (Moreno-Salazar *et al.* 2019), e incrementa el rendimiento de avena (*Avena sativa*) (Hernández-Leal *et al.* 2017).

En relación con el uso combinado de fertilizantes inorgánicos, orgánicos y biológicos se tienen resultados favorables en el crecimiento y desarrollo de cultivos, tal como Velasco *et al.* (2016) en lechuga (*Lactuca sativa*) reportaron que al fertilizar las plantas con una mezcla de solución nutritiva stock, humus líquido y *Glomus fasciculatus* se incrementó la altura y el peso fresco de planta en 20 y 30%, respectivamente, en relación con el testigo donde se aplicó solo solución nutritiva. Mientras que, Guardiola-Márquez *et al.* (2019) encontraron que con el uso combinado de fertilización química (N-P-K) al 65%, lixiviado de vermicompost y un consorcio de microorganismos (*Bacillus*

subtilis y *Glomus* sp.) aumentó el número de hojas y altura de planta de chile morrón (*Capsicum annuum* L.) y tomate (*Solanum lycopersicum* L.) con respecto a la fertilización química al 100% sin lixiviado y microorganismos, con esto demostraron que el lixiviado de vermicompost y los microorganismos benéficos ayudan a reducir el uso de fertilizantes químicos.

En cuanto a la producción, para el 2022 la superficie sembrada en Nayarit con chile habanero fue de 72 ha, y se produjeron 1 011 t, con un crecimiento promedio del 28% anual (SIAP 2022), esto se debe a la utilidad alta que genera en comparación con otros cultivos hortícolas. Con base en lo anterior, el objetivo de la investigación fue evaluar la solución nutritiva de Steiner al 37.5% en combinación con dosis de Pez Terra® (3, 4.5 y 6 mL L⁻¹) y *P. lilacinum* en la acumulación de grados días de desarrollo por etapa fenológica, crecimiento y producción de chile habanero.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en la ciudad de Xalisco, Nayarit, México situado a 21° 26' 53" LN y 104° 54' 00" LW, en condiciones protegidas. Se utilizó un invernadero con ventanas con malla anti-insectos, techo de plástico y ventilación cenital, donde se registró una temperatura de 32.52 °C, humedad relativa de 49.04% y radiación fotosintéticamente activa (RAF) de 578.57 μmol m⁻² s⁻¹ en promedio. En la zona predomina un clima semicálido subhúmedo, con temperatura y precipitación anual promedio de 21 °C y 1600 mm, respectivamente (INEGI 2010).

Se utilizó un diseño experimental completamente aleatorizado con 15 repeticiones representativas de una población total de 50 plantas por tratamiento; la unidad experimental fue una maceta con una planta. Se evaluaron seis tratamientos (donde se denominó como fertilizante orgánico al producto comercial Pez Terra® y el biofertilizante fue *P. lilacinum*) los cuales se describen en la Tabla 1.

Tabla 1. Tratamientos evaluados en la producción de chile habanero.

Tratamiento	SS	Fertilizante orgánico	Biofertilizante	pH	CE (dS m ⁻¹)
SS75 (T)	75%	Sin PT	Sin PI	6.62	1.59
SS37.5	37.5%	Sin PT	Sin PI	6.59	0.93
SS37.5+PI	37.5%	Sin PT	Con PI	6.55	0.95
SS37.5+3PT+PI	37.5%	Con 3 mL L ⁻¹ de PT	Con PI	6.12	1.15
SS37.5+4.5PT+PI	37.5%	Con 4.5 mL L ⁻¹ de PT	Con PI	5.98	1.62
SS37.5+6PT+PI	37.5%	Con 6 mL L ⁻¹ de PT	Con PI	5.70	2.12

SS: concentración de solución nutritiva de Steiner. PT: Pez Terra®. PI: *P. lilacinum*.

CE: conductividad eléctrica. T: testigo.

Se usó semilla de chile habanero híbrido Chichen Itzá de Seminis®, la cual se sembró en charolas germinadoras de poliestireno de 200 cavidades rellenas con turba (sustrato Sunshine®, Mix 3) con 60% de humedad, éstas se introdujeron en bolsas de polietileno negro hasta la germinación de las semillas (96 h). Después de la germinación y emergencia de las plántulas se aplicaron 1.2 L charola⁻¹ diarios de la solución de Steiner con concentración al 25% (Steiner 1984). El trasplante se realizó a los 52 días después de la siembra (dds), se estableció una planta por maceta de polietileno negro con capacidad de 15 L, la cual se rellenó con el sustrato pumita + composta de bagazo de caña a

razón 1:1 v/v, de acuerdo a Luna-Fletes *et al.* (2023); esta mezcla presentó 63% de porosidad total, 13% de capacidad de aireación, 50% de retención de agua, 6.78 de pH y 1.94 dS m⁻¹ de conductividad eléctrica, y el contenido macronutricional de la composta en g kg⁻¹ fue de 7.0 N, 12.4 P, 2.5 K, 5.7 Ca, 1.2 Mg y 1.4 S. La densidad poblacional de plantas fue de 2.08 plantas m² (1.2 m entre líneas y 0.4 m entre plantas).

El mismo día del trasplante (52 dds), se inició la aplicación de la solución nutritiva de Steiner al 75% (SS75), según Luna-Fletes *et al.* (2023), o solución nutritiva de Steiner al 37.5% (SS37.5) o SS37.5 + Pez Terra®, según el tratamiento. El tratamiento SS37.5 se obtuvo considerando 50% de disminución del uso de los fertilizantes químicos. Para la formulación de la solución nutritiva de Steiner al 75% y al 37.5% se contemplaron los macronutrientes contenidos en el agua (en meq L⁻¹: 0.41 de NO₃⁻, 0.00 de H₂PO₄⁻, 0.01 de SO₄²⁻, 0.15 de K⁺, 0.73 de Ca²⁺ y 0.42 de Mg²⁺), y los fertilizantes que se utilizaron fueron: sulfato de magnesio heptahidrato, fosfato monopotásico, sulfato de potasio, nitrato de calcio tetrahidratado, nitrato de potasio y ácido sulfúrico. Para el aporte de micronutrientes se empleó el complejo Ultrasol micro Mix®, con suministro de 3 y 1.48 mg L⁻¹ de hierro y manganeso, respectivamente. El aporte nutrimental del fertilizante Pez Terra® (en mg L⁻¹) fue: 3410 de N, 420 de P, 1280 de K, 363 de Ca, 210 de Mg, 1050 de S, 160 de Fe, 4 de Mn, 0.99 de Cl, 30 de Zn y 270 de Na. Se usó riego por goteo con un gotero de 3 L h⁻¹ por maceta; el volumen de riego que se aplicó durante el experimento dependió de la etapa fenológica del cultivo, donde en la etapa de mayor demanda (producción) el requerimiento diario promedio fue de 1.4 L planta⁻¹.

La cepa *P. lilacinum* se obtuvo de la colección de hongos entomopatógenos del Laboratorio de Control Biológico de la Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias de la Universidad de Colima. La producción masiva del inóculo, se realizó mediante fermentación sólida (Negrete-González *et al.* 2018, Toscano-Verduzco *et al.* 2019). Para esto, se emplearon 200 g de arroz con 40% de humedad, el cual se depositó en bolsas de polipropileno y se esterilizó en autoclave durante 30 min, a 121 °C y 15 psi. Después, se inoculó cada bolsa con 1×10⁸ esporas mL⁻¹, inmediatamente se incubaron a una temperatura de 27 ± 3 °C durante 23 días, para posteriormente mediante centrifugado y secado obtener el ingrediente activo sólido de esporas de *P. lilacinum*.

Del ingrediente activo de esporas se empleó una concentración 1×10⁶ esporas mL⁻¹; para esto se preparó una dosis de 2 g L⁻¹ de agua y de esta suspensión de esporas se aplicaron a las plantas 200 mL mediante la técnica drench cada siete días a partir del trasplante (se realizaron 14 aplicaciones del inóculo en el ciclo del cultivo).

Durante todo el ciclo del cultivo en invernadero (del 02 de mayo al 30 de septiembre del 2020) se registraron las temperaturas mínimas y máximas cada hora durante el día de manera automática con un termo higrómetro (Extech®, RHT20, Massachusetts, USA), y para calcular los grados días de desarrollo (GDD) acumulados se usó el método estándar simple (López *et al.* 2011), según la fórmula:

$$GDD = \sum \frac{(T_{max} + T_{min})}{2} - T_i$$

Dónde: T_{max} = temperatura máxima (°C); T_{min} = temperatura mínima (°C); T_i = temperatura base (°C). La temperatura máxima y mínima promedio registradas por día se muestran en la Figura 1.

La temperatura base fue de 10 °C, recomendada para chile habanero por Kaimuddin *et al.* (2020). Las mediciones de GDD acumulados se realizaron en cada etapa fenológica: vegetativa (a partir del trasplante hasta la aparición de la primera flor), floración (duró desde la aparición de la primera flor hasta que las plantas formaron el primer fruto), fructificación (comprendió a partir de que se presentó el primer fruto hasta la primera cosecha) y producción (abarcó de la primera cosecha hasta los 12 cortes), esto de acuerdo con López-Gómez *et al.* (2020).

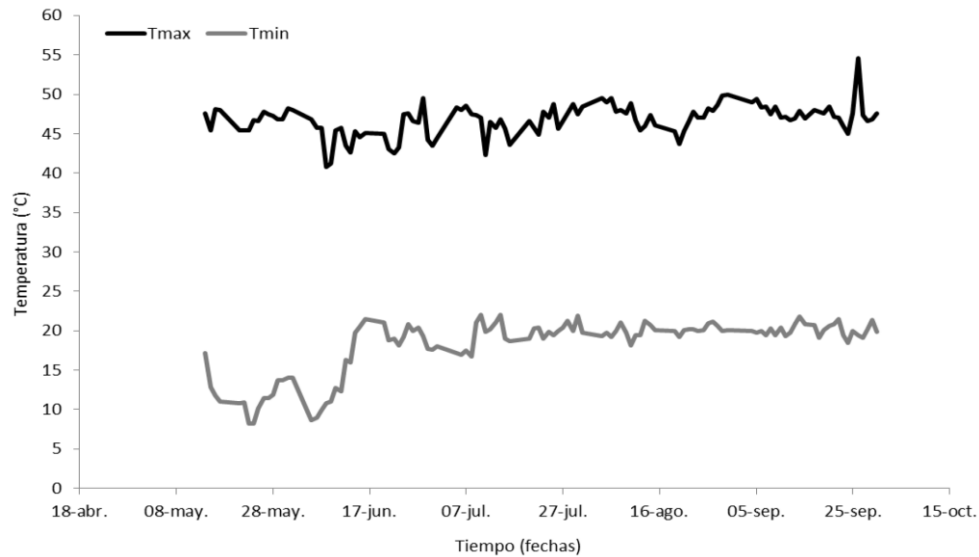


Figura 1. Temperatura máxima (Tmax) y temperatura mínima (Tmin) registradas durante el ciclo de producción de chile habanero en invernadero en el año 2020.

También, se determinó el diámetro de tallo con un calibrador vernier (Truper®, Caldi-6MP, Estado de México, México) a 5 cm (de altura) de la base del tallo; altura de planta, se midió con un flexómetro desde la base del tallo hasta el ápice; área foliar, se determinó en todas las hojas de la planta con un medidor portátil de área foliar (CID Bio-Science®, CI-203, Washington, USA); biomasa seca de parte aérea y biomasa seca de raíz, se realizó un muestreo destructivo de plantas, se separaron tallos, hojas y raíces, se secaron en un horno (Felisa®, FE-294, Jalisco, México) por 96 h, posteriormente las muestras se pesaron en una báscula (A&D®, GX-2000, California, USA); lecturas SPAD, se midieron en hojas maduras con un equipo medidor de clorofila (Minolta®, SPAD 502 plus, Tokio, Japón). La determinación de las variables anteriormente descritas se realizó en una muestra de 15 plantas por tratamiento a los 130 días después del trasplante (ddt). La producción de frutos, se obtuvo mediante el pesaje de frutos cosechados con coloración naranja en una báscula (A&D®, GX-2000, California, USA) durante 12 cortes (a partir de los 67 ddt hasta los 130 ddt). Para determinar la concentración de N, P y K foliar, se empleó la metodología de Alcántar-González y Sandoval-Villa (1999); para esto, se tomaron seis hojas maduras de cinco plantas por tratamiento en etapa de producción, las cuales se procesaron mediante digestión húmeda con ácido perclórico y ácido nítrico en proporción 1:2 v/v. Después, en la solución obtenida se determinó la concentración de K en un flamómetro (Cole-Parmer®, Flame Photometer 360, Illinois, USA), cuya técnica es recomendada y validada por Mendoza-Castillo *et al.* (2019), la concentración de N total

mediante la técnica de Kjeldahl y la de P mediante colorimetría con un espectrofotómetro (Labomed®, Spectro 23, California, USA).

A los 130 ddt se calculó el porcentaje de colonización de *P. lilacinum* en la rizosfera, por medio de una regla de tres al contar el número de colonias presentes en las partículas del sustrato con respecto al total de partículas sembradas. Para lo anterior, se recolectó una muestra compuesta (por tres macetas) de 300 g de sustrato por cada tratamiento y se procesó mediante filtración de partículas según la metodología propuesta por Bills *et al.* (2004). Para esto, se tomó un g de sustrato y se lavó con dos L de agua destilada estéril pasándose por tres tamices de diferentes tamaños de malla (500, 300 y 150 μm). Las partículas recolectadas del tamiz de malla 150 μm se secaron en cajas Petri estériles con papel filtro por 24 h. Después, se sembraron diez partículas por caja Petri con agar papa dextrosa (PDA) combinado con cloranfenicol al 0.5%; se utilizaron 10 cajas por tratamiento (100 partículas), las cuales se incubaron a temperatura ambiente (26 ± 3 °C) por siete días. Para confirmar que las colonias aisladas fueran de *P. lilacinum*, estas se caracterizaron de forma macroscópica (crecimiento, forma, color y textura) y microscópica (cultivos monospóricos y claves taxonómicas) (Humber 2012, Raja *et al.* 2017).

Los datos de las variables fueron analizados a través de un análisis de varianza (ANOVA) con el modelo lineal ($Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$) y comparación de rango múltiple por el método de Tukey ($P \leq 0.05$), con el programa SAS® (versión 9.0).

RESULTADOS

Grados días de desarrollo acumulados en diferentes etapas fenológicas

En general desde el trasplante hasta el último corte de chile habanero (130 días) se obtuvieron de 2800.77 a 2822.74 grados días de desarrollo (GDD) acumulados (Tabla 2). De acuerdo con el ANOVA, se rechaza la hipótesis nula, puesto que se encontraron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos para las etapas de floración ($P \leq 0.05$) y fructificación ($P \leq 0.01$). El tratamiento SS37.5+6PT+PL presentó valores mayores de GDD acumulados en etapa de floración (541.74) y fructificación (1511.73) en comparación con el testigo (571.71 y 1607.11); los valores obtenidos con los demás tratamientos oscilaron entre 547.80 y 1521.39 para floración y de 1511.73 a 1525.92 para fructificación, estos fueron estadísticamente iguales a los del testigo (Tabla 2).

Crecimiento de planta, concentración macronutricional y producción de fruto

Los tratamientos causaron diferencias estadísticas significativas ($P \leq 0.01$) para las variables de crecimiento, concentración macronutricional y producción de fruto (Tabla 3 y Tabla 4). Para todas las variables de crecimiento y la producción de fruto los valores más bajos se obtuvieron con el tratamiento SS37.5 con respecto al resto de los tratamientos. Los tratamientos SS37.5+3PT+Pl, SS37.5+4.5PT+Pl y SS37.5+6PT+Pl incrementaron los valores de diámetro de tallo entre 45.75 y 47.19% en comparación con el tratamiento SS37.5, pero estos fueron estadísticamente iguales a los obtenidos con el testigo. En altura de planta, el tratamiento S37.5+3PT+Pl y el testigo fueron estadísticamente iguales, y estos presentaron valores hasta 45.32% mayores en comparación con los cuatro tratamientos restantes; en cambio el área foliar incrementó 19.15% con el tratamiento

SS37.5+4.5PT+PI, y la biomasa seca de parte aérea 24.42% y la biomasa seca de raíz 16.40% con el tratamiento SS37.5+3PT+PI en relación con el testigo. Los tratamientos SS37.5+4.5PT+PI y SS37.5+6PT+PI acrecentaron las lecturas SPAD en 10.23 y 8.90% respectivamente, en comparación con el testigo (Tabla 3). Las plantas con los tratamientos SS37.5+4.5PT+PI y SS37.5+6PT+PI igualaron la concentración de N, el tratamiento SS37.5+4.5PT+PI incrementó 24.59% la concentración de P y todos los tratamientos con excepción del tratamiento SS37.5+3PT+PI igualaron la concentración de K en relación con el testigo. Por último, la producción de fruto más alta la obtuvieron los tratamientos SS37.5+4.5PT+PI y SS37.5+6PT+PI, superioridad del 45.47 y 42.34%, y 15.19 y 10.31% en comparación con el tratamiento SS37.5 y el testigo, respectivamente (Tabla 4).

Tabla 2. Grados días de desarrollo acumulados, en función de la concentración de la solución nutritiva, dosis de Pez Terra® e inoculación de *P. lilacinum*.

Tratamiento	Etapas fenológicas			
	Vegetativa	Floración	Fructificación	Producción
SS75 (T)	279.21	541.74 ^b	1511.73 ^b	2800.77
SS37.5	295.71	550.56 ^{ab}	1522.25 ^b	2840.16
SS37.5 + PI	297.37	551.76 ^{ab}	1525.92 ^b	2813.01
SS37.5 + 3PT + PI	288.04	547.80 ^{ab}	1521.39 ^b	2808.14
SS37.5 + 4.5PT + PI	292.77	553.78 ^{ab}	1533.50 ^{ab}	2808.14
SS37.5 + 6PT + PI	306.07	571.71 ^a	1607.11 ^a	2822.74
DMS	34.35	26.11	77.50	61.37
Significancia	ns	*	**	ns
CV (%)	8.86	3.57	3.81	2.81

Medias con diferente literal en cada columna son estadísticamente diferentes (prueba de Tukey, $P \leq 0.05$). ns: no significativo. *: significancia estadística ($P \leq 0.05$). **: significancia estadística ($P \leq 0.01$).

Tabla 3. Crecimiento de planta de chile habanero, en función de la concentración de la solución nutritiva, dosis de Pez Terra® e inoculación de *P. lilacinum*.

Tratamiento	DTA (mm)	APA (cm)	AFO (cm ²)	BSPA (g)	BSRA (g)	LSPAD
SS75 (T)	13.25 ^a	226.40 ^a	68.36 ^b	66.17 ^{bc}	12.48 ^b	61.40 ^b
SS37.5	7.16 ^c	126.20 ^e	42.40 ^d	35.29 ^d	6.99 ^c	49.12 ^c
SS37.5 + PI	9.91 ^b	176.40 ^d	59.26 ^c	64.36 ^c	8.94 ^c	62.83 ^b
SS37.5 + 3PT + PI	13.56 ^a	230.80 ^a	76.46 ^{ab}	87.56 ^a	14.93 ^a	62.63 ^b
SS37.5 + 4.5PT + PI	13.26 ^a	216.80 ^b	84.56 ^a	84.06 ^{ab}	12.91 ^{ab}	68.40 ^a
SS37.5 + 6PT + PI	13.20 ^a	202.60 ^c	76.73 ^{ab}	73.75 ^{abc}	13.16 ^{ab}	67.40 ^a
DMS	0.44	7.42	8.81	18.79	2.27	3.40
Significancia	**	**	**	**	**	**
CV (%)	3.95	2.84	4.73	10.01	7.15	2.00

Medias con diferente literal en cada columna son estadísticamente diferentes (prueba de Tukey, $P \leq 0.05$). **: significancia estadística ($P \leq 0.01$). DTA: diámetro de tallo. APA: altura de planta. AFO: área foliar. BSPA: biomasa seca de parte aérea. BSRA: biomasa seca de raíz. LSPAD: Lecturas SPAD. DMS: diferencia mínima significativa. CV: coeficiente de variación.

Tabla 4. Concentración macronutricional foliar y producción de chile habanero, en función de la concentración de la solución nutritiva, dosis de Pez Terra® e inoculación de *P. lilacinum*.

Tratamiento	N	P	K	Producción de fruto (g planta ⁻¹)
	g kg ⁻¹			
SS75 (T)	21.23 ^a	3.05 ^{bc}	28.66 ^a	1222.59 ^c
SS37.5	17.62 ^b	2.15 ^d	26.38 ^{ab}	785.99 ^e
SS37.5 + PI	17.56 ^b	2.30 ^{cd}	26.06 ^{ab}	978.95 ^d
SS37.5 + 3PT + PI	14.35 ^b	3.17 ^{bc}	23.77 ^b	1281.38 ^{bc}
SS37.5 + 4.5PT + PI	24.44 ^a	4.06 ^a	26.06 ^{ab}	1441.59 ^a
SS37.5 + 6PT+PI	17.50 a	3.72 ^{ab}	26.38 ^{ab}	1363.23 ^{ab}
DMS	3.52	0.88	2.96	9.78
Significancia	**	**	**	**
CV (%)	6.84	10.42	4.11	6.55

Medias con diferente literal en cada columna son estadísticamente diferentes (prueba de Tukey, $P \leq 0.05$). **: significancia estadística ($P \leq 0.01$). DMS: diferencia mínima significativa. CV: coeficiente de variación.

Colonización de *P. lilacinum* en la rizosfera

No se encontraron colonias de *P. lilacinum* en la rizosfera de plantas no inoculadas, en cambio con los tratamientos SS37.5+PI, SS37.5+3PT+PI, SS37.5+4.5PT+PI y SS37.5+6PT+PI se presentó colonización del hongo con valores de 4, 7, 11 y 17%, respectivamente. También, se observó un incremento exponencial de la colonización de *P. lilacinum* en función del aumento de la dosis del fertilizante Pez Terra® (Figura 2).

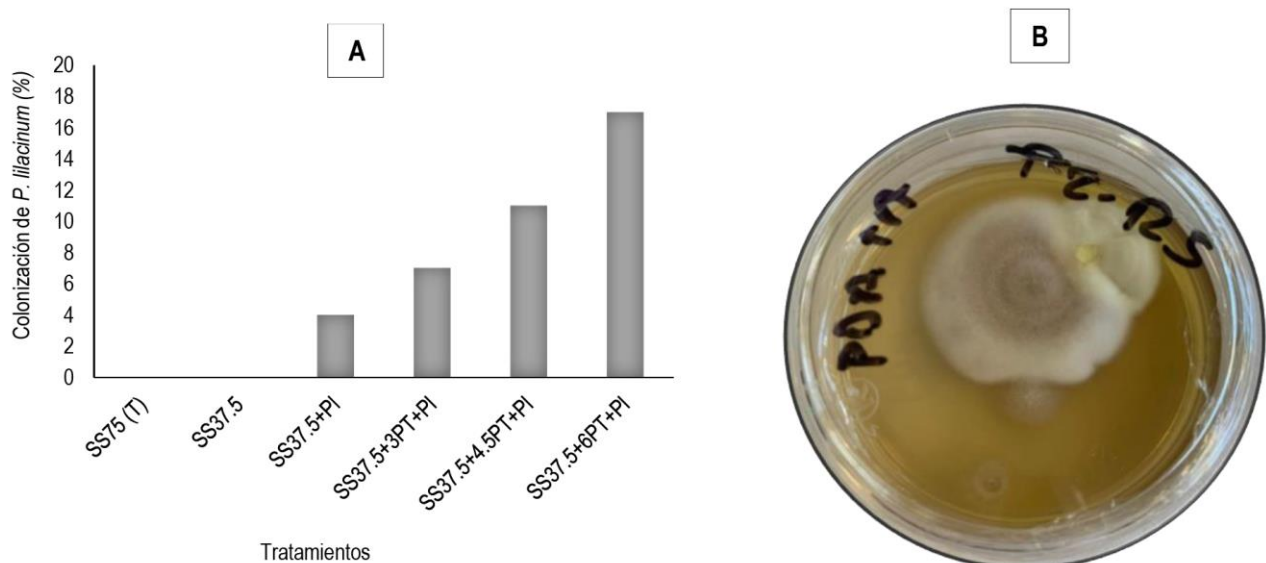


Figura 2. Colonización (A) y crecimiento (B) de *P. lilacinum* a partir de partículas de sustrato de la rizosfera de chile habanero, en función de la concentración de la solución nutritiva, dosis de Pez Terra® e inoculación de *P. lilacinum*.

DISCUSIÓN

Grados días de desarrollo acumulados en diferentes etapas fenológicas

En las etapas fenológicas de floración y fructificación los tratamientos SS37.5, SS37.5+PI, SS37.5+3PT+PI y SS37.5+4.5PT+PI, y el testigo obtuvieron los menores GDD acumulados, y fueron iguales entre sí, e iguales con las plantas tratadas con solución nutritiva de Steiner al 75%, esto significa que en estos tratamientos las plantas alcanzaron en menor tiempo térmico el desarrollo y maduración de frutos, y con solo la solución de Steiner al 37.5% fue suficiente para adelantar el inicio de estas etapas fisiológicas de las plantas de chile habanero, sin embargo, con este tratamiento se alcanzó la menor producción de fruto. Por esto, se recomienda emplear la solución de Steiner al 37.5% en combinación con 4.5 mL de Pez Terra® y *P. lilacinum*, ya que esta mezcla adelantó el inicio de la floración y fructificación, incrementó la producción de fruto y redujo la fertilización química. El menor uso de fertilizantes químicos contribuye directamente en la disminución de los costos de producción de los cultivos, lo que puede beneficiar a los productores, así como en la reducción de los efectos negativos en la salud humana y en los recursos suelo, agua y medio ambiente, causados por la aplicación excesiva de la fertilización química (Martínez-Reyes *et al.* 2018). Además, cabe destacar la información generada sobre los requerimientos de GDD que las plantas de chile habanero necesitan acumular para desarrollar las diferentes etapas fenológicas (Tabla 2), dada la falta de reportes al respecto. Esto aporta conocimiento importante que tiene como base las necesidades térmicas de la planta, lo que logrará eficientar el manejo agronómico del cultivo.

La mayor acumulación de GDD con el tratamiento SS37.5+6PT+PI se debe a la conductividad eléctrica (CE) más alta (2.12 dS m^{-1}) con respecto a los demás tratamientos (Tabla 1). De acuerdo con Hutmacher *et al.* (1996) y López-Sánchez *et al.* (2018) al aumentar la salinidad en el medio se reduce el potencial hídrico, esto incrementa el tiempo térmico que necesitan acumular las plantas para su desarrollo debido a su influencia en procesos fisiológicos y bioquímicos, tales como la absorción de agua e iones, la síntesis de ácidos nucleicos, el ajuste osmótico, la fotosíntesis y la actividad enzimática. Esta respuesta fue similar a la que reportaron Rahimi *et al.* (2011) en plantas de fresa (*Fragaria ananassa*) quienes encontraron que los GDD acumulados incrementaron de 1050 a 1400 al aumentar la concentración salina de 30 a 60 mmol de NaCl.

Mientras que Hoyos-García *et al.* (2012) y Morales-Fernández *et al.* (2021) señalan que los GDD, el inicio y duración de las fases fenológicas de los cultivos dependen principalmente de la temperatura, la cual tienen efecto directo sobre las respuestas bioquímicas de las plantas. Sin embargo, también influye el ciclo de producción, la especie y manejo del cultivo. El chile habanero requirió de 1511.73 a 1607.11 GDD acumulados para llegar a cosecha en las condiciones de la investigación. Morales-Fernández *et al.* (2021) encontraron que las plantas de chile habanero, jalapeño, de árbol y serrano (*Capsicum* sp.) en Puebla, México en condiciones de invernadero requirieron de 3712, 2942, 3445 y 3112 GDD acumulados, respectivamente, para completar su etapa de fructificación, resultados que difieren con los que se encontraron en esta investigación, lo que indica y corrobora que cada genotipo exhibe diferente comportamiento fenológico en función de las condiciones ambientales (León-Pacheco *et al.* 2019).

Actualmente, se utilizan los GDD para conocer los requerimientos térmicos de las plantas en función de sus etapas fenológicas y con esto predecir el momento óptimo de siembra o trasplante

para la producción de los cultivos hortícolas en determinadas zonas o condiciones climáticas, de los cuales existen algunos estudios al respecto; por ejemplo, en pepino (*Cucumis sativus* L.) (Hoyos-García *et al.* 2012), tomate (*Solanum lycopersicum* L.) (Aguilar-Rodríguez *et al.* 2020) y berenjena (*Solanum melongena* L.) (León-Pacheco *et al.* 2019).

Crecimiento de planta, concentración macronutricional y producción de fruto

En general las plantas aumentaron o igualaron las seis variables del crecimiento e incrementaron la producción de fruto al aplicar la solución de Steiner al 37.5% en combinación con las dosis 4.5 o 6 mL L⁻¹ de Pez Terra® y *P. lilacinum*, en comparación con la solución al 75% (Tabla 3). Con esto se reafirma la recomendación de emplear la solución de Steiner al 37.5% + 4.5 mL L⁻¹ de Pez Terra® + *P. lilacinum*, ya que con esta mezcla se logró incrementar la producción de frutos con menor uso de fertilizante orgánico y químico, y de acuerdo con los GDD acumulados se adelantó la cosecha de chile habanero, esto último contribuye en el aumento de los precios de los frutos al tener menor oferta del producto en el mercado, lo que favorece la economía del productor (Díaz-Alvarado *et al.* 2020).

De acuerdo con la Tabla 4, con los tratamientos donde se aplicó Pez Terra® y *P. lilacinum* la concentración de K se redujo o igualó estadísticamente con respecto a la solución nutritiva al 37.5 o 75%, lo que indica que este nutriente no fue favorecido por el fertilizante orgánico y el biofertilizante, en cambio con el suministro de la solución de Steiner al 37.5% en mezcla con 4.5 de Pez Terra® y *P. lilacinum* aumentó la concentración de P; mientras que, con la aplicación de solución de Steiner al 37.5% con 4.5 o 6 mL L⁻¹ de Pez Terra® y *P. lilacinum* se igualó estadísticamente el nivel de N con respecto a la solución al 75% (Tabla 4). Esto demuestra que las dosis más altas de fertilizante orgánico y el hongo *P. lilacinum* complementaron el suministro de N y P para la nutrición del cultivo de chile habanero lo que redujo la fertilización química en un 50%. Lo anterior, probablemente se debió a que el abono orgánico Pez Terra® aportó altas cantidades de N y P (de acuerdo a su análisis químico) para la plantas, estos elementos generan mayor crecimiento, translocación nutricional y rendimiento de los cultivos, ya que el N forma parte de aminoácidos, proteínas y moléculas de clorofila, y el P es parte de la estructura básica de la energía química (ATP) y es constituyente de enzimas, fosfolípidos y proteínas (Raven *et al.* 2005). También, influyó la capacidad que tiene *P. lilacinum* para colonizar y modificar la arquitectura de las raíces de las plantas, producir auxinas y solubilizar Ca₃(PO₄)₂ y FePO₄, lo que promovió el crecimiento de las plantas e incrementó la absorción macronutricional y la producción de frutos, tal como señalaron Baron *et al.* (2020) y Moreno-Salazar *et al.* (2019).

En estudios relacionados, reportaron resultados similares; por ejemplo, Chiquito-Contreras *et al.* (2020) demostraron que el rendimiento, diámetro de tallo y altura de planta de tomate incrementaron con la aplicación de solución nutritiva al 75% en combinación con cepas de *Pseudomonas putida* en comparación con la solución nutritiva al 100% sin inoculantes, con una reducción del 25% en la fertilización química. Mora-Quilismal *et al.* (2019) en plantas de papa (*Solanum tuberosum*) encontraron que los valores de peso seco de raíz, concentración de P foliar y rendimiento fueron estadísticamente iguales al aplicar 50% de fertilizante químico fosfatado en combinación con el biofertilizante Fosfotic® (a base de *Bacillus* sp., extracto de algas y ácidos húmicos y fúlvicos) y las plantas que se trataron con P químico al 100% sin biofertilizante, lo que

atribuyeron a la capacidad de *Bacillus* sp. para solubilizar P y mejorar el crecimiento de las plantas. Solís-Oba *et al.* (2021) en espinaca (*Spinacia oleracea* L.) reportaron valores de altura de planta, área foliar y peso de parte aérea y raíz significativamente iguales con el uso de biol de estiércol de cabra y con la fertilización química (100% NPK), atribuyeron estos resultados en parte al contenido de N alto en el fertilizante orgánico, nutrimento importante en el crecimiento y desarrollo de los cultivos.

Colonización de *P. lilacinum* en la rizosfera

El incremento de la colonización de *P. lilacinum* en función del aumento de la dosis del Pez Terra® se puede deber al incremento de la concentración nutrimental en el medio con las dosis más altas del fertilizante orgánico, lo que aumentó la fuente de nutrientes inorgánicos para *P. lilacinum*, causando mayor proliferación y colonización del microorganismo en la rizosfera, tal como señaló Mora-Quilismal *et al.* (2019). Los reportes sobre hongos solubilizadores de P u hongos biocontroladores de plagas o enfermedades como colonizadores de partículas de sustrato o suelo de la rizosfera de las plantas son escasos, ya que los estudios se han enfocado principalmente en la colonización endofítica de plantas por este tipo de biofertilizantes; por ejemplo, Morel *et al.* (2021) reportaron que cepas de *Trichoderma* sp. colonizaron endofíticamente entre 12.5 y 80% de las raíces de tomate. Allegrucci *et al.* (2020) demostraron la capacidad de *Beauveria bassiana* para colonizar el interior del 10% de las hojas en chile morrón (*Capsicum annuum* L.). Barajas-Méndez *et al.* (2022) en plantas de papaya (*Carica papaya* L.) reportaron que *Beauveria brongniartii* y *Purpureocillium lilacinum* colonizaron endofíticamente el tallo y raíz. Estos hallazgos fueron similares a los encontrados en esta investigación, al considerarlos como referencia debido a la falta de información sobre hongos microscópicos colonizadores de la rizosfera de las plantas. El aumento de la colonización de *P. lilacinum* en la rizosfera de las plantas por la aplicación directa del microorganismo, resultó relevante para mejorar la nutrición de las plantas e incrementar el crecimiento y rendimiento de chile habanero, pero también, para mejorar la sanidad de las raíces (Barajas-Méndez *et al.* 2022).

CONCLUSIONES

Las plantas de chile habanero tratadas con la solución nutritiva al 37.5% de concentración en combinación con 6 mL L⁻¹ del producto Pez Terra® más *Purpureocillium lilacinum* en condiciones de invernadero necesitaron de mayor tiempo térmico (grados días de desarrollo) para la floración y fructificación, lo que retrasó el inicio de estas etapas fenológicas. Los tratamientos solución nutritiva al 37.5% en mezcla con 4.5 y 6 mL L⁻¹ de Pez Terra® más *P. lilacinum* incrementaron el área foliar, lecturas SPAD, contenido de P foliar y producción de fruto, con respecto al testigo (solución nutritiva al 75% de concentración), por lo que estas combinaciones son factibles para la producción de chile habanero híbrido Chichen Itzá en las condiciones presentadas implicando la reducción en 50% de la fertilización química. Las colonias de *P. lilacinum* se presentaron sólo en partículas del sustrato pumita más composta inoculadas con este, y la cantidad aumentó con el incremento de la dosis del fertilizante orgánico Pez Terra®.

CONFLICTO DE INTERÉS

Los autores declaran que no tienen intereses en competencia.

LITERATURA CITADA

- Aguilar-Rodríguez CE, Flores-Velázquez J, Rojano-Aguilar F, Ojeda-Bustamante W, Iñiguez-Covarrubias M (2020) Estimación del ciclo de cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en invernadero, con base en grados días calor (GDC) simulados con CFD. *Tecnología y Ciencias del Agua* 11(4): 27-57. <https://doi.org/10.24850/j-tyca-2020-04-02>.
- Alcántar-González G, Sandoval-Villa M (1999) Manual de análisis químico de tejido vegetal: Guía de muestreo, preparación, análisis e interpretación. 1ra Edición. Editorial Chapingo, Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, Publicación especial no. 10. Estado de México, México. 156p.
- Allegrucci N, Velazquez MS, Russo ML, Vianna MF, Abarca C, Scorsetti AC (2020) Establishment of the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* as an endophyte in *Capsicum annuum* and its effects on the aphid pest *Myzus persicae* (Homoptera: Aphididae). *Revista de Biología Tropical* 68(4): 1084-1094. <http://dx.doi.org/10.15517/rbt.v68i4.41218>.
- Barajas-Méndez KN, Toscano-Verduzco FA, Delgado-Salas CI, Chan-Cupul W, Sánchez-Rangel JC, Buenrostro-Nava MT, Manzo-Sánchez, G (2022) Emergencia, crecimiento y calidad de planta de dos genotipos de papaya (*Carica papaya* L.) inoculadas con hongos entomopatógenos. *Scientia Agropecuaria* 13(4): 411-421. <http://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2022.037>.
- Baron NC, De Souza PA, Rigobelo EC (2020) *Purpureocillium lilacinum* and *Metarhizium marquandii* as plant growth-promoting fungi. *PeerJ* 8: e9005. <https://doi.org/10.7717/peerj.9005>.
- Bills GF, Christensen M, Powell M, Thorm G (2004) Saprobic soil fungi. In: Mueller G, Bills GF, Foster MS (eds) *Biodiversity of fungi, inventory and monitoring methods*. Elsevier, Academic Press. California, USA. pp. 271-302.
- Chiquito-Contreras RG, Reyes-Pérez JJ, Chiquito-Contreras CJ, Vidal-Hernández L, Hernández-Montiel LG (2020) Efecto de rizobacterias y dosis reducidas de fertilizantes sintéticos sobre la expresión morfo-productiva de tomate en invernadero. *ITEA-Información Técnica Económica Agraria* 116(1): 19-29.
- Dahlin P, Eder R, Consoli E, Krauss J, Kiewnick S (2019) Integrated control of *Meloidogyne incognita* in tomatoes using fluopyram and *Purpureocillium lilacinum* strain 251. *Crop Protection* 124(1): 1-7. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2019.104874>.
- Díaz-Alvarado JM, Monge-Pérez JE, Loría-Coto M (2021) Melón (*Cucumis melo* L.) Honey Dew cultivado bajo invernadero: correlación entre densidad de siembra y variables de rendimiento. *Revista Tecnología en Marcha* 34(3): 34-50. <http://dx.doi.org/10.18845/tm.v34i3.5033>.
- Ekinci M, Atamanalp M, Turan M, Alak G, Kul R, Kitir N, Yildirim E (2019) Integrated use of nitrogen fertilizer and fish manure: Effects on the growth and chemical composition of spinach. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 50(13): 1580-1590. <https://doi.org/10.1080/00103624.2019.1631324>.
- González-Osorio BB, Barragán-Monroy R, Simba-Ochoa L, Rivero-Herrada M (2020) Influencia de las variables climáticas en el rendimiento de cultivos transitorios en la provincia Los Ríos, Ecuador. *Centro Agrícola* 47(4): 54-64.
- Grageda-Cabrera OA, González-Figueroa SS, Vera-Nuñez JA, Aguirre-Medina JF, Peña-Cabriaes JJ (2018) Efecto de los biofertilizantes sobre la asimilación de nitrógeno por el cultivo de trigo. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 9(2): 281-289. <https://doi.org/10.29312/remexca.v9i2.1071>.

- Guardiola-Márquez CE, Moscoa AP, Senés-Guerrero C (2019) Evaluación de biofertilizantes a base de microorganismos y lixiviado de vermicomposta en cultivos de interés económico en México. *Agro Productividad* 12(3): 53-62. <https://doi.org/10.32854/agrop.v0i0.1348>.
- Hernández-Leal T, López-Lima D, Carrión G (2017) Efecto de la aplicación del hongo nematófago *Purpureocillium lilacinum* sobre la disponibilidad de nutrientes en un suelo agrícola y el rendimiento de *Avena sativa*. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias* 48(2): 1-12.
- Hoyos-García D, Morales-Osorio JG, Chavarría-Ardila H, Montoya-Ríos AP, Correa-Londoño G, Jaramillo-Villegas, SC (2012) Acumulación de Grados-Día en un Cultivo de Pepino (*Cucumis sativus* L.) en un Modelo de Producción Aeropónico. *Revista Facultad Nacional de Agronomía-Medellín* 65(1): 6389-6398.
- Humber RA (2012) Identification of entomopathogenic fungi. In: Lacey LA (ed) *Manual of techniques in insect pathology*. Academic Press. California, USA. pp. 151-187.
- Hutmacher RB, Ayars JE, Vail SS, Bravo AD, Dettinger D, Schoneman RA (1996) Uptake of shallow groundwater by cotton: growth stage, groundwater salinity effects in column lysimeters. *Agricultural Water Management* 31(3): 205-223. [https://doi.org/10.1016/0378-3774\(96\)01246-2](https://doi.org/10.1016/0378-3774(96)01246-2)
- INEGI (2010) Compendio de información geográfica municipal 2010, Xalisco, Nayarit. https://www.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/18/18008.pdf. Fecha de consulta: 20 de junio de 2024.
- Kaimuddin, Syam'un E, Ruslan N, Iswoyo H, Ridwan I, Yassi A, Ramba T (2020) Evaluation of CropSyst model in simulating the growth and production of Katokkon chili (*Capsicum chinense* Jacq). *OP Conference Series: Earth and Environmental Science* 575: 012115. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/575/1/012115>.
- León-Pacheco RI, Correa-Álvarez EM, Romero-Ferrer JL., Arias-Bonilla H, Gómez-Correa JC (2019) Accumulation of degree-days and their effect on the potential yield of 15 eggplant (*Solanum melongena* L.) accessions in the Colombian Caribbean. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín* 72(3): 8917-8926. <https://doi.org/10.15446/rfnam.v72n3.77112>.
- López-Gómez JD, Sotelo-Nava H, Villegas-Torres OG, Andrade-Rodríguez M (2020) Rendimiento y calidad del chile habanero en respuesta a la poda de conducción y régimen nutricional. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 11(2): 315-325. <https://doi.org/10.29312/remexca.v11i2.1777>.
- López M, Chaves C, Florez R (2011) Modelos de cultivos y modelos fenológicos. In: Víctor J, Flórez R (eds) *Sustratos, manejo del clima, automatización y control en sistemas de cultivo sin suelo*. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia. pp. 153-177.
- López-Sánchez RC, Gómez-Padilla E, Campos-Posada, R, Eichler-Löbermann B, Rodríguez-Larramendi LA, Guevara-Hernández F, Gongora-Mora G (2018) Afectaciones en el rendimiento de líneas de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) provocado por salinidad. *Cultivos Tropicales* 39(1): 74-80.
- Luna-Fletes JA, Cruz-Crespo E, Can-Chulim Á, Chan-Cupul W, Luna-Esquivel G, García-Paredes JD, Aguilar-Benítez G, Palemón-Alberto P, Mancilla-Villa OR (2023) Biofertilizantes y sustratos orgánico-minerales en el cultivo de chile habanero. *Revista Fitotecnia Mexicana* 46(2): 137-137. <https://doi.org/10.35196/rfm.2023.2.137>.
- Martínez-Reyes L, Aguilar-Jiménez CE, Carcaño-Montiel MG, Galdámez-Galdámez J, Gutiérrez Martínez A, Morales-Cabrera JA, Martínez-Aguilar FB, Llaven-Martínez J, Gómez-Padilla E (2018) Biofertilización y fertilización química en maíz (*Zea mays* L.) en Villaflores, Chiapas, México. *Siembra* 5(1): 26-37. <https://doi.org/10.29166/siembra.v5i1.1425>.
- Mendoza-Castillo VM, Pineda-Pineda J, Vargas-Canales JM, Hernández-Arguello E (2019) Nutrition of fig (*Ficus carica* L.) under hydroponics and greenhouse conditions. *Journal of Plant Nutrition* 42(11-12): 1350-1365. <https://doi.org/10.1080/01904167.2019.1609510>.

- Mora-Quilismal S.R, Águila-Alcantara E, Revelo-Ruales V, Benavides-Rosales H, Balarezo-Urresta L (2019) Combinación de dos biofertilizantes y fertilización química en la producción de *Solanum tuberosum* cv. Superchola en Andisoles ecuatoriano. *Centro Agrícola* 46(4): 44-52.
- Morales-Fernández SD, Moreno-Velázquez D, Trinidad-De Jesús T, Vázquez-Cruz F, Ibáñez-Martínez A, Tobar-Reyes JR (2020) Fenología y contenido de capsaicinoides en chile producidos en condiciones de invernadero. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 11(3): 663-675. <https://doi.org/10.29312/remexca.v11i3.2159>.
- Morel M, Castillo Y, García S, Conce M, Moya J, Reynoso T, Núñez P, Alonzo K (2021) Evaluación de la capacidad endófito de cepas nativas de *Trichoderma* spp. en plantas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en casa malla. *Revista Agropecuaria y Forestal* 10(1): 25-40.
- Moreno-Salazar R, Sánchez-García I, Chan-Cupul W, Ruiz-Sánchez E, Hernández-Ortega HA, Pineda-Lucatero J, Figueroa-Chávez D (2019) Plant growth, foliar nutritional content and fruit yield of *Capsicum chinense* biofertilized with *Purpureocillium lilacinum* under greenhouse conditions. *Scientia Horticulturae* 261: 108950. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.108950>.
- Negrete-González D, Ávalos-Chávez D, Lezama-Gutiérrez R, Chan-Cupul W, Molina-Ochoa J, Galindo-Velasco E (2018) Suitability of *Cordyceps bassiana* and *Metarhizium anisopliae* for biological control of *Cosmopolites sordidus* (Germar) (Coleoptera: curculionidae) in an organic Mexican banana plantation: laboratory and field trials. *Journal of Plant Diseases and Protection* 125: 73-81. <https://doi.org/10.1007/s41348-017-0126-4>.
- Rahimi A, Biglarifard A, Mirdehghan H, Borghei SF (2011) Influence of NaCl salinity on growth analysis of strawberry cv. Camarosa. *Journal of Stress Physiology & Biochemistry* 7(4): 145-156.
- Raja M, Praveena G, William SJ (2017) Isolation and identification of fungi from soil in Loyola college campus, Chennai, India. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences* 6(2): 1789-1795. <http://dx.doi.org/10.20546/ijcmas.2017.602.200>.
- Raven PH, Vuelque RF, Eichhorn SE (2005) *Biology of Plants*. 7ma Edición. Editorial Freeman WH, Portland, USA. 668p.
- San-Martins-Sanes F, Strassburger AS, Batista-Araújo F, Barbosa-Medeiros CA (2015) Compostagem e fermentação de resíduos de pescado para produção de fertilizantes orgânico. *Semina: Ciências Agrárias* 36(3): 1241-1251. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2015v36n3p1241>.
- SIAP (2022) Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. Sistema de Información Agropecuaria y Pesquera. <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>. Fecha de consulta: 25 octubre de 2023.
- Solís-Oba MM, Rivera RC, Villegas-Luna A, Cruz-Murillo A, Solís-Oba A, Castro-Ramos JJ, Romero-Rodríguez A, Juárez-Rangel AP, Pacheco-Ortiz JA, Benítez GA (2021) Evaluación de biol, bocashi, composta y vermicomposta en las variables morfológicas del cultivo de espinaca (*Spinacia oleracea* L.). *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research* 4(3): 3649-3662. <https://doi.org/10.34188/bjaerv4n3-070>.
- Steiner AA (1984) The universal nutrient solution. In: *Proceeding Sixth International Congress on Soilless Culture* (eds). Wageningen, The Netherlands. pp. 633-650.
- Toscano-Verduzco FA, Cedeño-Valdivia PA, Chan-Cupul W, Hernández-Ortega HA, Ruiz-Sánchez E, Galindo-Velasco E, Cruz-Crespo E (2019) Phosphates solubilization, indol-3-acetic acid and siderophores production by *Beauveria brongniartii* and its effect on growth and fruit quality of *Capsicum chinense*. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology* 95(2): 235-246. <https://doi.org/10.1080/14620316.2019.1662737>.
- Velasco J, Gino A, Ortuño N (2016) Humus líquido y microorganismos para favorecer la producción de lechuga (*Lactuca sativa* var. Crespa) en cultivo de hidroponía. *Journal of the Selva Andina Biosphere* 4(2): 71-83.