

## DESARROLLO DE PLÁNTULAS DE CHILE AMASHITO (*Capsicum annuum* var. *glabriusculum*) INOCULADAS CON MICORRIZAS EN DOS TIPOS DE SUELO

### DEVELOPMENT OF AMASHITO CHILE (*Capsicum annuum* var. *glabriusculum*) PLANTULES INOCULATED WITH MYCORRHIZES IN TWO SOIL TYPES

Pablo Pérez Maricela<sup>1</sup>, Valenzuela Alamilla Leticia<sup>1</sup>, De la Cruz Ricardez Darío<sup>1</sup>, Santos Valencia Jorge<sup>2</sup>, López Castañeda Antonio\*<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Tecnológico Nacional de México, campus Huimanguillo. Carretera del Golfo Malpaso–El Bellote, Km. 98.1, R/a. Libertad, CP. 86400, Huimanguillo, Tabasco. México.

<sup>2</sup>Tecnológico Nacional de México, TecNM.

<sup>3</sup>Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco. Periférico Carlos A. Molina S/N Km. 3. Ranchería Río Seco y Montaña, 86500 H. Cárdenas, Tabasco. Autor de correspondencia: tonolc@colpos.mx

MC. Maricela Pablo Pérez, [maricela.pp@huimanguillo.tecnm.mx](mailto:maricela.pp@huimanguillo.tecnm.mx), Tel. 937 593 2940, CP-86400

MC. Leticia Valenzuela Alamilla, [leti.va@huimanguillo.tecnm.mx](mailto:leti.va@huimanguillo.tecnm.mx), Tel. CP-86300

MC. Darío De la Cruz Ricardez, [dario.cr@huimanguillo.tecnm.mx](mailto:dario.cr@huimanguillo.tecnm.mx), Tel. 917 105 0828 CP-84500

MC. Jorge Santos Valencia, [jorge.santos@tecnm.mx](mailto:jorge.santos@tecnm.mx),

Dr. Antonio López Castañeda, [tonolc@colpos.mx](mailto:tonolc@colpos.mx), Tel. 9371225216, CP-86500

**Resumen** -- Las asociaciones de plantas con hongos micorrízicos, proporcionan beneficios como el incremento de absorción de nutrientes del suelo, relaciones hídricas, así como la protección contra patógenos. *Capsicum annuum* var. *glabriusculum* está considerado en riesgo de extensión. El objetivo del trabajo fue evaluar el efecto de la aplicación de hongos micorrízicos arbusculares en plántulas de chile amashito en dos condiciones ambientales, dos tipos de suelos y un sustrato. El trabajo realizó en el invernadero del Tecnológico Nacional de México-campus Huimanguillo. A los 15 días del trasplante tubo una altura uniforme en los tratamientos. A los 29 días de trasplante se observó mayor altura en el suelo Fluvisol, comparadas con el Vertisol y Peat-moss. Con respecto al diámetro del tallo se encontró diferencias significativas por efecto del suelo. El peso fresco de raíz presentó diferencia significativa por efecto del suelo, el Fluvisol presentó mayor peso, seguido del sustrato Peat-moss. El contenido de clorofila a, b y total no presentaron diferencias significativas por efecto de la inoculación de hongos micorrízicos arbusculares y el ambiente. Las plántulas a los 36 días después de la siembra presentaron la mayor altura en el suelo Fluvisol, así como el mayor número de hojas, mayor longitud de raíz y mayor diámetro de tallo.

**Palabras Clave:** Ambiente controlado, chile silvestre, hongos benéficos, inoculante; simbiosis.

**Abstract** -- The associations plants with mycorrhizal fungi obtained benefits as increased absorption of nutrients from the soil, water relations, as well as protection against pathogens. *Capsicum annuum* var. *glabriusculum* is at risk of spread. The objective of the work was to evaluate the effect of the application of arbuscular mycorrhizal fungi on amashito seedlings

under two environmental conditions, two types of soils and substrate. It was carried out in the greenhouse of the Tecnológico Nacional de Mexico Huimanguillo campus. Fifteen days after the transplant, he had a uniform height in the treatments. At 29 days after transplanting, greater height was lost in the Fluvisol soil, compared to Vertisol and Peat-moss. Regarding the diameter of the stem, significant differences were found due to the effect of the soil. The fresh root weight presented a significant difference due to the effect of the soil, the Fluvisol presented the highest weight followed by the Peat-moss substrate. The content of chlorophyll a, b and total did not appear significant differences due to the effect of the inoculation of arbuscular mycorrhizal fungi and the environment. The seedlings at 36 days after sowing appeared in the Fluvisol soil the greatest height, greatest number of leaves, greatest root length and greatest stem diameter.

**Key words** – Controlled environment, wild chili, beneficial mushrooms; inoculant, symbiosis.

#### INTRODUCCIÓN

Los chiles pertenecen a la familia de las solanáceas, específicamente al género *Capsicum*, en el cual se describen alrededor de 30 especies. *Capsicum annuum* L. es la de mayor importancia económica, ya que se cultiva en todo el mundo y se considera que fue domesticada en México [1]. Además de las cinco especies cultivadas, en estado semidomesticado o silvestre en México se pueden encontrar las especies *C. annuum* var. *glabriusculum* (Dunal) Heiser & Pickersgill, *C. frutescens* L., *C. ciliatum ciliatum* (Kunth) Kuntze y *C. lanceolatum* (Greenm.) [2]. A los frutos de estas especies de *Capsicum* se les identifica con el nombre de “chiles” y existe gran

variabilidad de forma, tamaño, color, sabor y picor de estos frutos.

En gran parte del territorio mexicano es posible encontrar poblaciones silvestres de *C. annuum* var. *glabriusculum*, que presentan variabilidad morfológica y genética y se distribuyen desde el nivel del mar hasta los 2500 msnm [3]. [4] reportan colectas de estos chiles en el noroeste de México, en la región de la Huasteca Tamaulipeca, en la Sierra Gorda y semidesierto de Querétaro y Guanajuato; en Tabasco y Norte de Chiapas [5] [6]. Por las condiciones prevalecientes se adapta muy bien al trópico húmedo; sin embargo, también se le encuentra en zonas semiáridas. Tales poblaciones de chiles silvestres han sido estudiadas ya que representan un recurso en riesgo de extinción, debido a factores adversos como huracanes, sequías y deforestación.

Es común encontrarlos en ecosistemas de selva baja conocidos como acahuales o montañas, también en diferentes agroecosistemas como plantaciones de cacao, de coco, de plátano, etc., donde la luz solar no alcanza directamente a las plantas de chiles. Asimismo, estos chiles crecen en potreros, orilla de camino y en huertos familiares, donde tienen más contacto directo con la luz solar. Estos sitios son lugares estratégicos para la conservación de este valioso recurso genético [6].

Las plantas de chile amashito crecen en suelos muy variados de tipo Vertisol y Rendzina, en texturas migajón- arcillosa, suelos profundos y bien drenados, contenidos altos a medios de materia orgánica, en vegas de escurrimientos naturales. Se han colectado ejemplares de chile amashito en sitios cuya altura va desde el nivel del mar hasta altitudes de hasta 1,800 m [7].

En cuanto a los requerimientos del clima las plantas se establecen en sitios con temperaturas medias anuales entre 21 y 29 °C, con baja probabilidad de ocurrencia de heladas, y las precipitaciones anuales mayores a 500 mm. Por ser silvestre, *C. annuum* var. *glabriusculum* está ligado a cambios estacionales, y por ende sus etapas vegetativas y reproductivas dependen del temporal de lluvias [8].

Por otro lado, en el suelo proliferan hongos llamados micorrizas que son capaces de realizar simbiosis con las raíces de las plantas, de ahí su origen etimológico: hongo (mycos) y raíz (rhizos) [9]. Estos hongos micorrizicos se clasifican de acuerdo a su mecanismo de entrada a la raíz en ectomicorriza, endomicorriza y ectoendomicorriza la más común es la endomicorriza, que forman arbusculos, por la que se denominan “Hongos micorrizicos arbusculares” (HMA) que realizan simbiosis de tipo mutualista [10]. En la interacción de las raíces con los HMA, las plantas obtienen un efecto beneficioso en crecimiento, rendimiento, tolerancia a algún tipo de estrés e incluso sobre el ataque de algunos microorganismos patógenos, ya que mejora la nutrición de la planta [11], [12].

Múltiples investigaciones señalan que las especies del género *Capsicum* responden positivamente a la relación

con HMA, los cuales rápidamente son inoculados en las raíces del vegetal, explorando los sustratos y adquiriendo macro y micro nutrientes del suelo [13].

En este sentido se ha observado, que los efectos de los HMA en plantas de *Capsicum* tienen una mejor nutrición durante todas las etapas fenológicas, crecimiento más vigoroso, mayor altura y diámetro de tallo, mayor número de hojas desde plántulas, y aumentó en el parámetro de rendimiento, obtiene resistencia al ataque de hongos patógenos y otros organismos [11], [12], [14], [15]. Por lo tanto, el objetivo del presente estudio fue evaluar la calidad de plántulas de *Capsicum annuum* var. *glabriusculum* inoculadas con HMA en suelos Fluvisol y Vertisol bajo condiciones protegidas y a campo abierto.

## DESARROLLO

### Localización

El estudio se realizó en el invernadero del Tecnológico Nacional de México-Campus Huimanguillo, ubicado en la Carretera del Golfo Malpaso-El Bellote km. 98.5, Col. Ranchería Libertad, Huimanguillo, Tabasco, México, con una altitud de 29 msnm. La temperatura promedio de 26.2 °C, velocidad del viento media anual de 11.5 km h<sup>-1</sup>, humedad relativa media del 93 %, alcanzando el 100 % en los meses de junio a septiembre, la precipitación anual de 2500 milímetros.

### Obtención de los suelos.

Se utilizó un Fluvisol obtenido del ejido Rafael Martínez de Escobar del municipio de Huimanguillo, Tabasco, México (17°43'18.2" N, 93°23'10.7" O) y Vertisol, colectado del sector agrícola del Tecnológico Nacional de México campus Huimanguillo (17°50'30.31" LN, 93°24'13.56" LW) [16], además el sustrato comercial Peat moss.

### Material vegetal y micorrizas.

Para la germinación de semillas de chile amashito se realizó por la técnica indicada por [17]. Cuando las plántulas tuvieron 15 días, fueron trasplantadas en bolsas de polipropileno de 6 x 8 pulgadas, sin fuelle, llenadas con los suelos y fueron inoculados con un complejo de micorrizas, fabricado por Innovak Global S.A de C.V.

### Tratamientos.

Se preparó una suspensión con esporas de  $1.23 \times 10^6$  de la cual se tomaron 5 mL para la inoculación de cada maseta con los diferentes tipos de suelos previamente esterilizado. Los tratamientos evaluados se encuentran en la Tabla 1.

### Manejo en vivero.

El crecimiento y desarrollo de las plántulas fue monitoreado adecuadamente con la finalidad de mantenerlas libres de plagas y enfermedades comunes en chiles. El riego se realizó cada 3 días, según los requerimientos de las plántulas.

### *Variables evaluadas.*

Las variables de respuesta medidas fueron: altura de plántulas en milímetros (mm), número de hojas verdaderas, longitud de la raíz (mm), diámetro del tallo (mm), a los 0, 7, 14, 21, 28 y 35 días después de la inoculación (DDI). Las medidas directas se hicieron por conteo y usando una regla graduada de 30 cm, el diámetro del tallo se midió con un vernier, a una altura de 2 cm de la base del tallo. A los 35 DDI se determinó clorofila a, b, total y carotenoides de hojas, siguiendo un método modificado de [18]. Se colectó 50 mg de hojas verdaderas (parte media de la planta) se colocaron en tubos de ensayo con 5 mL de dimetilsulfóxido y se incubaron en oscuridad hasta que el tejido se volvió incoloro (48 h). La absorbancia del extracto se midió a longitudes de onda de 480, 649 y 665 nm con un espectrofotómetro frente a un blanco del mismo extractante. El contenido de pigmentos se calculó mediante las ecuaciones [19]:

$$\text{Clorofila a (mg g}^{-1} \text{ ps)} = [12.47 (A665) - 3.62 (A649)], \text{ Ec. (1).}$$

$$\text{Clorofila b (mg g}^{-1} \text{ ps)} = [25.06 (A649) - 6.5 (A665)], \text{ Ec. (2).}$$

$$\text{Clorofila Total (mg g}^{-1} \text{ ps)} = \text{Clorofila a} + \text{Clorofila b}, \text{ Ec. (3).}$$

$$\text{Carotenoides (mg g}^{-1} \text{ ps)} = [(100 \times A480) - (1.29 \times \text{Clorofila a} - 53.78 \times \text{Clorofila b})] / 220, \text{ Ec. (4).}$$

$$\text{Pigmentos totales (mg g}^{-1} \text{ ps)} = \text{Clorofila Total} + \text{Carotenoides}, \text{ Ec. (5).}$$

donde, ps representa el peso seco.

También se tomó el peso fresco y seco de raíz, hoja y tallo en una balanza analítica. El peso seco se determinó después de deshidratar las muestras a una temperatura de 50°C, durante 72 h.

### *Diseño experimental.*

Se utilizó un diseño completamente al azar con arreglo Factorial de 3\*2\*2, donde los factores fueron los sustratos (Fluvisol, Vertisol y Peat moss), inoculación, (con HMA y sin HMA) y ambiente (dentro y fuera de invernadero); fueron 12 tratamientos en total con cinco repeticiones. Con los datos obtenidos se realizó un análisis de varianza, se realizó una transformación raíz cuadrada de  $x + 1$ , con el fin de verificar los supuestos, en términos de homogeneidad y distribución normal. La prueba de separación de medias de Tukey se utilizó al nivel 5 %, para el análisis de los datos se utilizó el software estadístico InfoStat 2020 [20].

## **DISCUSIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS**

La altura al momento de la inoculación con HMA (15 DDS) fue uniforme en todas las plántulas. A los 29 DDS se observó un efecto visual en la altura de las plántulas. En la figura 1 se observa mayor altura en las plántulas establecidas en suelo Fluvisol comparada con las plántulas establecidas en suelo Vertisol y Peat-moss a los 36 DDS que corresponden a los 21 DDI; la tendencia en la altura de las plántulas fue la misma tanto en condiciones protegidas (Figura 1A), como en campo abierto (Figura 1B) hasta los 50 DDS (35 DDI).

La Figura 2 muestra la altura (cm) de plántulas de chile amashito a los 35 días después de la inoculación con HMA, en dos tipos de suelo y sustrato Peat-moss en ambiente protegido y en campo abierto. Se observan diferencias significativas principalmente por tipo de suelo. Las plántulas que se desarrollaron en el suelo Fluvisol mostraron mayor altura que el suelo Vertisol y el sustrato comercial.

En la variable diámetro del tallo, no se observaron diferencias significativas por efecto de la inoculación con lo HMA (Figura 3); en cambio el efecto del suelo, si fue significativo. Las plántulas que establecieron en el suelo Fluvisol, presentaron mayor diámetro del tallo a los 35 días DDI (Figura 5A).

Las plántulas con mayor número de hojas a los 35 DDI con HMA fueron las que se establecieron en el suelo Fluvisol, con diferencias significativas con el suelo Vertisol y el sustrato comercial Peat-moss. No se observaron diferencias en el número de hojas por efecto de las condiciones de crecimiento (Figura 4).

El efecto de las variables de estudio sobre el peso fresco y seco de biomasa, se muestra en la Tabla 2. En el peso fresco de raíz, se observa diferencia significativa por efecto del tipo de suelo, las plántulas provenientes del suelo Fluvisol, presentan mayor peso de raíz, seguidas de plántulas del sustrato Peat-moss, mientras que las plántulas en suelo Vertisol presentaron menor peso de raíz. Un comportamiento similar se repitió en el peso seco de raíz. Esto debido a que las plántulas presentaron la mayor cantidad de raíz y mayor longitud en el suelo Fluvisol y en el sustrato Peat-moss, con respecto al suelo Vertisol.

En cuanto a la biomasa aérea, las diferencias fueron significativas por efecto del tipo de suelo. Se observó mayor peso fresco y seco en plántulas provenientes del suelo Fluvisol, que en plántulas del suelo Vertisol y sustrato.

En la Tabla 3 se muestra el contenido de los pigmentos fotosintéticos (mg g<sup>-1</sup>); en las clorofilas a, b y total, no se observaron diferencias significativas por efecto de la inoculación con HMA, de igual forma, no se encontró diferencias por efecto de las condiciones del ambiente. Sin embargo, fue notable una diferencia significativa entre el sustrato y el suelo Fluvisol. También en el contenido de carotenoides se observó diferencias por efecto de tipo de suelo.

El chile amashito es una planta perenne, se le ha encontrado de manera silvestre en diferentes tipos de climas y suelos y esto ha provocado una gran variación genética de la especie [4]. Estos chiles son diseminados principalmente por las aves. En Tabasco crecen en ecosistemas de selva baja conocidos como acahuals o montañas, también en diferentes agrosistemas como plantaciones de cacao, de coco, de plátano, etc., donde la luz solar no alcanza directamente a las plantas de chiles. Asimismo, estos chiles crecen en potreros, orilla de camino y huertos familiares, donde tienen más contacto directo con la luz solar; estos sitios son lugares estratégicos para la conservación de este valioso recurso

genético [6]. En este estudio se evaluaron dos condiciones de crecimiento en campo abierto y en condiciones protegidas dentro de invernadero, sin embargo, no se encontraron diferencias significativas por efecto de las condiciones en ninguna de las variables estudiadas, esto posiblemente porque el experimento se mantuvo sólo hasta la fase de plántulas. [21] mencionan que el invernadero es muy útil para mantener a las plantas libre de plagas y asegurar la emergencia de las plántulas.

En cuanto al tipo de suelo, las plantas de chile amashito crecen en suelos muy variados; Fluvisol, Leptosol, Feozem y Rendzina, en texturas migajón-arcillosa; demandan suelos profundos y bien drenados, contenidos altos o medios de materia orgánica [22] [23]. En este estudio se evaluaron dos tipos de suelo, Vertisol y Fluvisol y el sustrato comercial Peat-moss. Cabe mencionar que se encontraron diferencias significativas por tipo de suelo en la mayoría de las variables evaluadas. El suelo Fluvisol fue en el que hubo un mayor desarrollo de las plántulas de chile amashito en biomasa aérea y radical con respecto al suelo Vertisol. En el contenido de clorofilas a, b, total y carotenoides fue mayor en plántulas del suelo Fluvisol que en Vertisol y estadísticamente diferente con el sustrato comercial Peat moss.

Con respecto a la inoculación con HMA el efecto fue considerable en la variable altura de la plántula en el suelo Vertisol y sustrato, al presentar estas una mayor altura. En las variables diámetro de tallo y número de hojas, hubo un incremento en los dos tipos de suelo y sustrato. Mientras que en la cuantificación de clorofilas y carotenoides no se observó un efecto por la inoculación de HMA. Los beneficios de la inoculación con HMA en el crecimiento, rendimiento y nutrición de las plantas están bien documentados [13] [15]. Asimismo, el beneficio en la sanidad vegetal, ya que estos hongos son capaces de competir con fitopatógenos por espacio y nutrientes dentro de la raíz y la micorrizósfera [11]. Sin embargo, el uso de micorrizas en chiles silvestres es poco explotado en comparación con otros cultivos de importancia económica. En este trabajo no se encontró un efecto significativo por efecto de inoculación con HMA, posiblemente por el poco tiempo de duración del experimento, no se logró el desarrollo de la interacción entre hongos y las plántulas de chile. Por lo que se debería evaluar el efecto en el crecimiento, desarrollo y producción es importante evaluar su efecto en la fenología y rendimiento de plantas de chile amashito.

## CONCLUSIONES

Las plántulas de chile amashito a partir de los 36 días después de la siembra presentaron en el suelo Fluvisol la mayor altura, mayor número de hojas, mayor longitud de raíz y mayor diámetro de tallo.

En general, la calidad de las plántulas depende del desarrollo radicular y entre otros factores del tipo de suelo.

Líneas de investigación futuras: 1- Caracterización morfológica de micorrizas basculares  
2- Zonificación agrológica del Chile amashito (*Capsicum annuum* var. *glabriusculum*), en el estado de Tabasco.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el apoyo financiero brindado por el Tecnológico Nacional de México, a través de la convocatoria 2021-2 por impulsar la investigación científica el desarrollo tecnológico y la innovación. Agradecemos las valiosas correcciones de los revisores.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] Kraft KH, Brown CH, Nabhan GP, Luedeling E, Luna R JJ, Eeckenbrugge GC, Hijmans RJ, Gepts P (2014) Multiple lines of evidence for the origin of domesticated chili pepper, *Capsicum annuum*, in Mexico. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 17: 6165-6170.
- [2] Castañón-Nájera G, Latournerie-Moreno L, Mendoza-Elos M, Vargas-López A, Cárdenas-Morales H. (2008). Colección y caracterización de chile (*Capsicum* spp.) en Tabasco. *International Journal of Experimental Botany* 77: 189-202.
- [3] Hernández-Verdugo S, Dávila AP, Oyama K (1999) Síntesis del conocimiento taxonómico, origen y domesticación del género *Capsicum*. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 64: 65- 84.
- [4] Hernández-Verdugo S, Porras F, Pacheco-Olvera A, López-España RG, Villarreal-Romero M, Parra-Terraza S, Osuna ET (2012). Caracterización y variación ecogeográfica de poblaciones de chile (*Capsicum annuum* var. *glabriusculum*) silvestre del noroeste de México. *Polibotánica* 33: 175-191.
- [5] Ramírez-Novoa UI, Cervantes-Ortiz F, Montes-Hernández S, Raya-Pérez JC, Cibrián-Jaramillo A, Andrio-Enriquez E (2018) Diversidad morfológica del chile piquín (*Capsicum annuum* L. var. *glabriusculum*) de Querétaro y Guanajuato, México. *Revista Mexicana De Ciencias Agrícolas* 9: 1159–1172.
- [6] Gutiérrez-Burón R, Latournerie-Moreno L, Garruña-Hernández R, Ruiz-Sánchez E, Lara-Martín AR, Castañón-Nájera G (2020) Diversidad fenotípica de chile Amashito de Tabasco y Chiapas, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 11: 649-662.
- [7] Medina-Martínez T, Villalón-Mendoza H, Pérez-Hernández JM, Sánchez-Ramos G, Salinas-Hernández S (2010) Avances y perspectivas de investigación del chile piquín en Tamaulipas, México. *Ciencia UAT* 4: 16-21.
- [8] Alonso BRA, Zambrano CB, Ponce DP, Quiroga MR, Rosales E MA (2010) Análisis de las características morfométricas y del sitio con relación a la variabilidad del timpinchile (*Capsicum annuum* L. var *glabriusculum* sin aviculare). *Quehacer Científico en Chiapas* 1: 37-50.
- [9] Smith, S. E., & Smith, F. A. (2011). Roles of arbuscular mycorrhizas in plant nutrition and growth:

- new paradigms from cellular to ecosystem scales. Annual review of plant biology, 62, 227–250.
- [10] Rui, W., Mao, Z., & Li, Z. (2022). The Roles of Phosphorus and Nitrogen Nutrient Transporters in the Arbuscular Mycorrhizal Symbiosis. International journal of molecular sciences, 23(19), 11027.
- [11] Reyes-Tena A, Quiñones-Aguilar EE, Rincón-Enríquez G, López-Pérez L (2016) Micorrización en *Capsicum annuum* L. para promoción de crecimiento y bioprotección contra *Phytophthora capsici* L. Revista mexicana de ciencias agrícolas 7: 857-870.
- [12] Wang, L., Chen, X. & Tang, Z. (2023). Arbuscular mycorrhizal symbioses improved biomass allocation and reproductive investment of cherry tomato after root-knot nematodes infection. Plant Soil 482, 513–527 (2023). <https://doi.org/10.1007/s11104-022-05708-7>
- [13] Getachew Y (2019) The Role of Mycorrhizal Fungi in Pepper (*Capsicum annuum*) Production. International Journal of Advanced Research in Biological Sciences 6: 59-65.
- [14] Ombódi, A., Csorbainé Gógán, A., Birkás, Z., Kappel, N., Morikawa, C. K., Koczka, N., & Posta, K. (2019). Effects of mycorrhiza inoculation and grafting for sweet pepper (*Capsicum annuum* L.) crop under low-tech greenhouse conditions. Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca, 47(4), 1238–1245. <https://doi.org/10.15835/nbha47411641>
- [15] Almaraz-Suárez JJ, González-Mancilla A, Ferrera-Cerrato R, Rodríguez-Guzmán MP, Taboada-Gaytán OR, Hernández-Cuevas LV, Alarcón A, Trinidad-Santos A (2021) Arbuscular mycorrhizal fungi in the rhizosphere of native plants and their effect on poblano pepper growth. Revista Fitotecnia Mexicana 44: 571-579.
- [16] Palma-López, D.J., Cisneros, D.J., Moreno, C.E., Rincón-Ramírez, J.A., 2007, Suelos de Tabasco: su uso y manejo sustentable: Colegio de Postgraduados-ISPOTAB. Villahermosa, Tabasco, México, 195 p.
- [17] Prado-Urbina, G., Lagunes-Espinoza, L. D. C., García-López, E., Bautista-Muñoz, C. D. C., Camacho-Chiu, W., Mirafuentes G, F., & Aguilar-Rincón, V. H. (2015). Germinación de semillas de chiles silvestres en respuesta a tratamientos pregerminativos. Ecosistemas y Recursos Agropecuarios, 2(5),139-149.
- [18] Wellburn AR (1994) The spectral determination of chlorophylls a and b, as well as total carotenoids, using various solvents with spectrophotometers of different resolution. Journal of Plant Physiology 144: 307–313.
- [19] Salami M, Heidari BT (2023) Comparative profiling of polyphenols and antioxidants and analysis of antiglycation activities in rapeseed (*Brassica napus* L.) under different moisture regimes. Food Chemistry 399: 133946.
- [20] Di Rienzo JA, Casanoves F, Balzarini MG, Gonzalez L, Tablada M, Robledo CW (2020). Centro de Transferencia InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>
- [21] Araiza L N, Araiza L E, Martínez M JG (2011) Evaluación de la germinación y crecimiento de Plántula de Chiltepín (*Capsicum annuum* L variedad *glabriusculum*.) en invernadero. Revista Colombiana de Biotecnología 13: 170–175.
- [22] Rodríguez-del Bosque LA, Sánchez-De la Cruz R, Silva-Serna MM (2005) Effect of sunlight regimes on growth and yield of piquin pepper (*Capsicum annuum* L. var. *aviculare*). Revista Chapingo Serie Horticultura 11: 357-359.
- [23] Bojórquez-Pacheco E, Madueño-Molina A, Bojórquez-Serrano JI, Herrera-Romero JA, García-Paredes JD, Can-Chulim A (2017) Descripción de suelos representativos de áreas naturales con presencia de poblaciones de Chile Chiltepín (*Capsicum annuum* var. *Glabriusculum*). Biociencias :12: 31–35.

### Roles de contribución

Rol	Autor (es)
Conceptualización	Maricela Pablo Pérez
Curación de datos	Leticia Valenzuela Alamilla, Maricela Pablo Pérez, Antonio López Castañeda
Metodología	Antonio López Castañeda, Maricela Pablo Pérez
Administración del proyecto	Darío de la Cruz Ricardez, Antonio López Castañeda
Recursos	Jorge Santos Valencia, Maricela Pablo Pérez
Software	Maricela Pablo Pérez, Antonio López Castañeda
Supervisión	Maricela Pablo Pérez
Validación	Leticia Valenzuela Alamilla, Maricela Pablo Pérez, Antonio López Castañeda
Visualización	Antonio López Castañeda, Maricela Pablo Pérez
Redacción	Darío de la Cruz Ricardez, Antonio López Castañeda
Redacción	Jorge Santos Valencia, Maricela Pablo Pérez



Esta obra está bajo una licencia internacional Creative Commons Atribución 4.0.

**Anexos**

**Tabla 1.** *Tratamientos evaluados en plántulas de chile amashito en dos tipos de suelo y un sustrato en dos condiciones de crecimiento*

No.1	Suelo	Inoculación	Ambiente	Clave
T1	Fluvisol	SIN HMA	Campo abierto	F+CA
T2	Fluvisol	SIN HMA	Ambiente protegido	F+AP
T3	Fluvisol	CON HMA	Campo abierto	F+HMA+CA
T4	Fluvisol	CON HMA	Ambiente protegido	F+HMA+AP
T5	Sustrato	SIN HMA	Campo abierto	S+CA
T6	Sustrato	SIN HMA	Ambiente protegido	S+AP
T7	Sustrato	CON HMA	Campo abierto	S+HMA+CA
T8	Sustrato	CON HMA	Ambiente protegido	S+HMA+AP
T9	Vertisol	SIN HMA	Campo abierto	V+CA
T10	Vertisol	SIN HMA	Ambiente protegido	V+AP
T11	Vertisol	CON HMA	Campo abierto	V+HMA+CA
T12	Vertisol	CON HMA	Ambiente protegido	V+HMA+AP

**Tabla 2.** *Peso fresco y seco de raíz, hoja y tallo (mg) y longitud de raíz de plántulas (cm) de chile amashito a los 35 días después de la inoculación con HMA, en dos tipos de suelo y sustrato Peat-moss en dos condiciones de ambiente.*

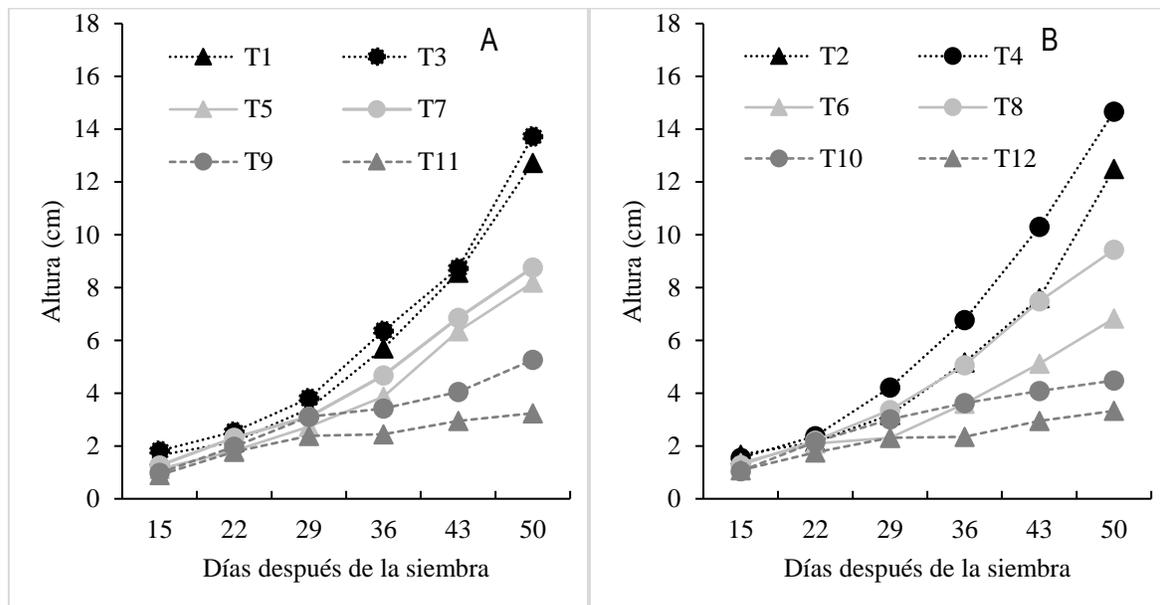
Tratamiento	PF Raíz (mg)	PF Hoja (mg)	PF Tallo (mg)	PS Raíz (mg)	PS Hoja (mg)	PS Tallo (mg)	Longitud de raíz (cm)
T1 (F+CA)	434.6 <sup>bc*</sup>	810.1 <sup>abc</sup>	810.1 <sup>a</sup>	108.35 <sup>abc</sup>	135.2 <sup>abc</sup>	514.4 <sup>a</sup>	19.08 <sup>ab</sup>
T2 (F+AP)	477.3 <sup>ab</sup>	3585.85 <sup>ab</sup>	1041.85 <sup>a</sup>	139.6 <sup>ab</sup>	185.55 <sup>ab</sup>	643.25 <sup>a</sup>	17.00 <sup>ab</sup>
T3 (F+HMA+CA)	1022.4 <sup>a</sup>	4070.45 <sup>a</sup>	1250.2 <sup>a</sup>	273.65 <sup>a</sup>	297.95 <sup>a</sup>	668.9 <sup>a</sup>	21.50 <sup>a</sup>
T4 (F+HMA+AP)	479.7 <sup>ab</sup>	4604.5 <sup>a</sup>	1421.6 <sup>a</sup>	183.7 <sup>ab</sup>	288 <sup>a</sup>	789.7 <sup>a</sup>	13.92 <sup>abc</sup>
T5 (S+CA)	231.6 <sup>bc</sup>	657.575 <sup>bc</sup>	244.85 <sup>b</sup>	73.85 <sup>abc</sup>	52.4 <sup>bcd</sup>	139.35 <sup>b</sup>	16.83 <sup>ab</sup>
T6 (S+AP)	122.4 <sup>bc</sup>	361.25 <sup>bc</sup>	144.5 <sup>b</sup>	29.05 <sup>bc</sup>	27.95 <sup>cd</sup>	67.9 <sup>b</sup>	9.25 <sup>abc</sup>
T7 (S+HMA+CA)	407.9 <sup>ab</sup>	914.6 <sup>abc</sup>	349.65 <sup>b</sup>	87.4 <sup>abc</sup>	72.6 <sup>bcd</sup>	153.4 <sup>b</sup>	11.67 <sup>abc</sup>
T8 (S+HMA+AP)	302.5 <sup>bc</sup>	627.4 <sup>bc</sup>	221.5 <sup>b</sup>	55.75 <sup>abc</sup>	41.25 <sup>bcd</sup>	97 <sup>b</sup>	13.75 <sup>abc</sup>
T9 (V+CA)	4.9 <sup>c</sup>	57.1 <sup>c</sup>	23.85 <sup>b</sup>	0.95 <sup>c</sup>	11.45 <sup>cd</sup>	9.55 <sup>c</sup>	5.33 <sup>bc</sup>
T10 (V+AP)	25.8 <sup>bc</sup>	102.45 <sup>c</sup>	35.25 <sup>b</sup>	7.4 <sup>c</sup>	5.9 <sup>d</sup>	23.2 <sup>b</sup>	0.50 <sup>c</sup>
T11 (V+HMA+CA)	6.5 <sup>c</sup>	69.15 <sup>c</sup>	40.4 <sup>b</sup>	2.2 <sup>c</sup>	5.00 <sup>d</sup>	15.2 <sup>bc</sup>	5.30 <sup>bc</sup>
T12 (V+HMA+AP)	14.2 <sup>bc</sup>	50.9 <sup>c</sup>	26.55 <sup>b</sup>	5.8 <sup>c</sup>	5.75 <sup>d</sup>	15.85 <sup>b</sup>	0.17 <sup>c</sup>

\*Medias con letras diferentes en los superíndices dentro de cada columna representan diferencias significativas (Tukey,  $p \leq 0.05$ ).

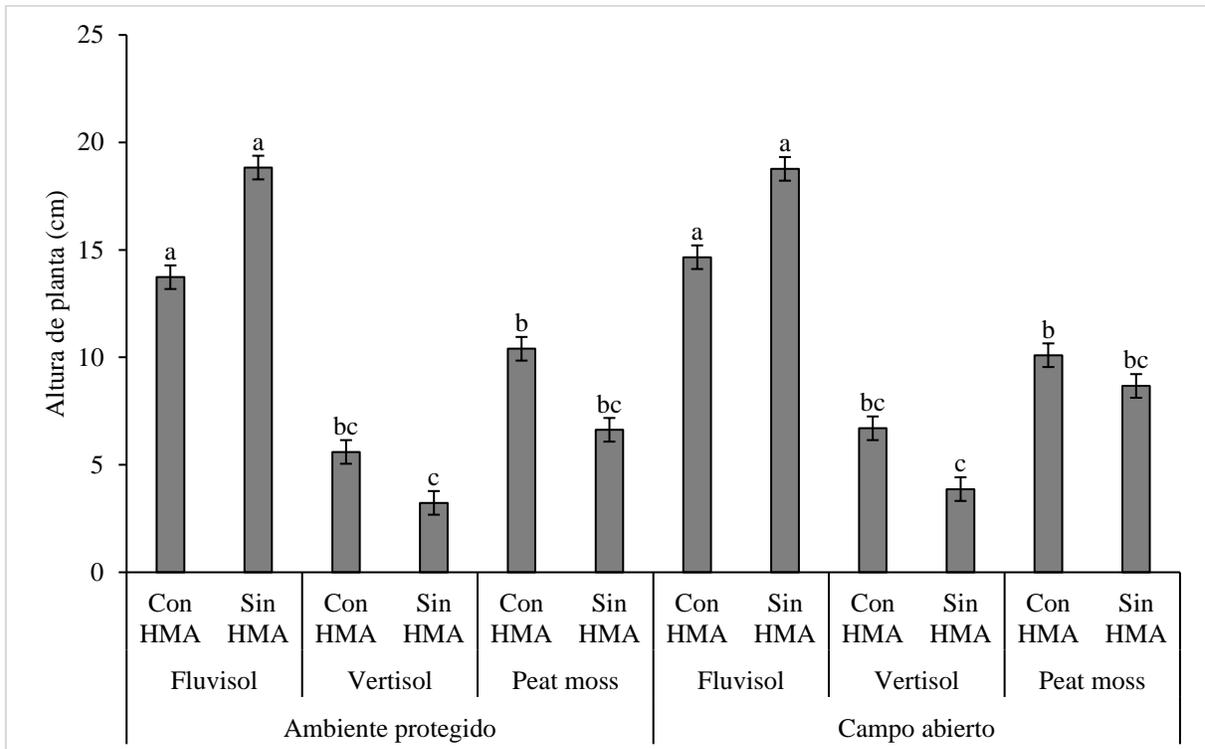
**Tabla 3.** Contenido de clorofilas a, b, total, carotenoides y pigmentos totales ( $\text{mg g}^{-1}$ ) de hojas de chile amashito a los 35 días después de la inoculación con HMA, en dos tipos de suelo y sustrato Peat-moss en dos condiciones de ambiente.

Tratamiento	Clorofila a ( $\text{mg g}^{-1}$ ps)	Clorofila b ( $\text{mg g}^{-1}$ ps)	Clorofila Total ( $\text{mg g}^{-1}$ ps)	Carotenoides ( $\text{mg g}^{-1}$ ps)	Pigmentos totales ( $\text{mg g}^{-1}$ ps)
T1 (F+CA)	6.77 <sup>a*</sup>	2.81 <sup>ab</sup>	9.58 <sup>a</sup>	0.85 <sup>ab</sup>	10.43 <sup>a</sup>
T2 (F+AP)	6.33 <sup>a</sup>	2.46 <sup>ab</sup>	8.83 <sup>a</sup>	0.75 <sup>abcd</sup>	9.53 <sup>a</sup>
T3 (F+HMA+CA)	6.20 <sup>a</sup>	2.76 <sup>ab</sup>	9.03 <sup>a</sup>	0.82 <sup>abc</sup>	9.81 <sup>a</sup>
T4 (F+HMA+AP)	6.65 <sup>a</sup>	2.98 <sup>a</sup>	9.68 <sup>a</sup>	0.87 <sup>a</sup>	10.54 <sup>a</sup>
T5 (S+CA)	3.90 <sup>b</sup>	1.76 <sup>ab</sup>	5.63 <sup>b</sup>	0.53 <sup>cd</sup>	6.15 <sup>bc</sup>
T6 (S+AP)	3.75 <sup>b</sup>	1.71 <sup>b</sup>	5.43 <sup>b</sup>	0.50 <sup>d</sup>	5.95 <sup>c</sup>
T7 (S+HMA+CA)	3.78 <sup>b</sup>	1.93 <sup>ab</sup>	5.73 <sup>b</sup>	0.55 <sup>bcd</sup>	6.27 <sup>bc</sup>
T8 (S+HMA+AP)	3.62 <sup>b</sup>	2.01 <sup>ab</sup>	5.63 <sup>b</sup>	0.57 <sup>abcd</sup>	6.23 <sup>bc</sup>
T9 (V+CA)	5.32 <sup>ab</sup>	2.13 <sup>ab</sup>	7.43 <sup>ab</sup>	0.65 <sup>abcd</sup>	8.08 <sup>abc</sup>
T10 (V+AP)	5.93 <sup>a</sup>	2.33 <sup>ab</sup>	8.23 <sup>a</sup>	0.70 <sup>abcd</sup>	8.93 <sup>ab</sup>
T11 (V+HMA+CA)	5.80 <sup>a</sup>	2.63 <sup>ab</sup>	8.43 <sup>a</sup>	0.77 <sup>abcd</sup>	9.21 <sup>a</sup>
T12 (V+HMA+AP)	5.20 <sup>ab</sup>	2.30 <sup>ab</sup>	7.53 <sup>ab</sup>	0.67 <sup>abcd</sup>	8.19 <sup>abc</sup>

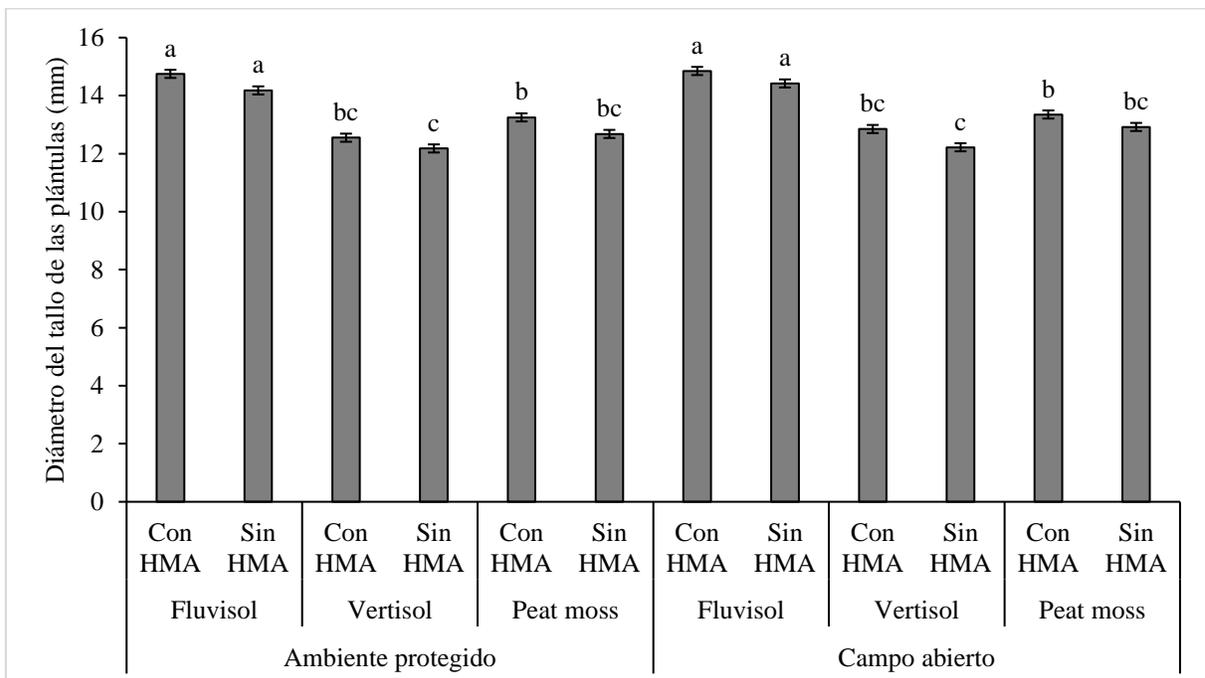
\*Medias con letras diferentes en los superíndices dentro de cada columna representan diferencias significativas (Tukey,  $p \leq 0.05$ ).



**Figura 1.** Altura de plántulas de chile amashito a los 15, 22, 29, 36, 43, y 50 días después de la siembra, en dos tipos de suelo y sustrato peat-moss en dos condiciones de ambiente. A, plantas en campo abierto; B, plantas en condiciones protegidas.



**Figura 2.** Altura de plántulas de chile amashito a los 35 días después de la inoculación con HMA, en dos tipos de suelo y sustrato Peat-moss en dos condiciones de ambiente. Barras con letras diferentes representan diferencias significativas (Tukey,  $p \leq 0.05$ ).



**Figura 3.** Diámetro de plántulas de chile amashito a los 35 días después de la inoculación con HMA, en dos tipos de suelo y sustrato Peat-moss en dos condiciones de ambiente. Barras con letras diferentes representan diferencias significativas (Tukey,  $p \leq 0.05$ ).

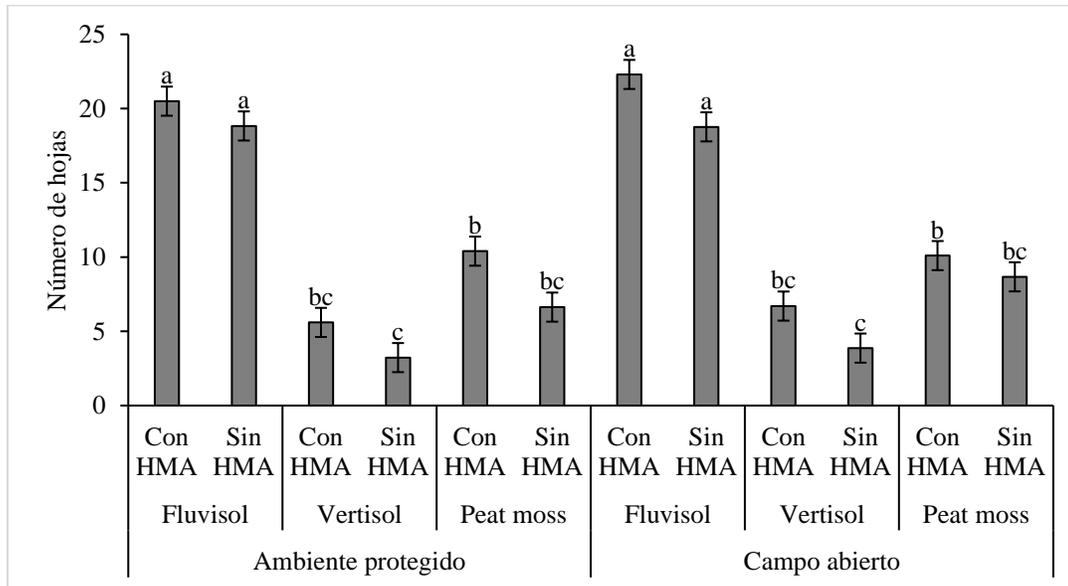


Figura 4. Número de hojas de chile amashito a los 35 días después de la inoculación con HMA, en dos tipos de suelo y sustrato Peat-moss en dos condiciones de ambiente. Barras con letras diferentes representan diferencias significativas (Tukey,  $p \leq 0.05$ ).

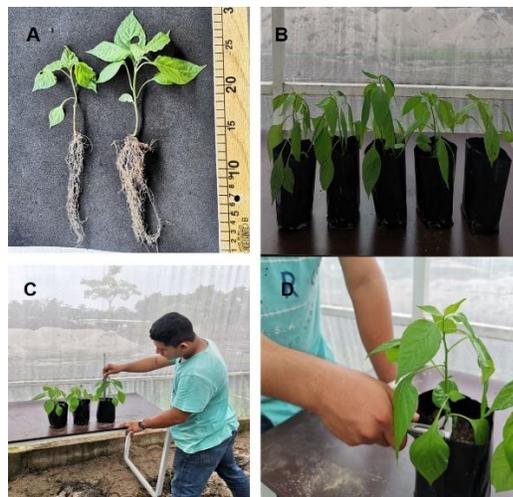


Figura 5. Plántulas de chile amashito. A, ejemplares en suelo Fluvisol. B, ejemplares en condiciones controladas. C, medición de las variables. D, medición del tallo de la plántula