



Temas Agrarios

ISSN: 0122-7610

ISSN: 2389-9182

revistatemasagrarios@correo.unicordoba.edu.co

Universidad de Córdoba

Colombia

Herrera-Parra, Elizabeth; Cristóbal-Alejo, Jairo; Zavala-León, Manuel J.; Basto-Pool, Carolina I.

**Hongos micorrícicos arbusculares y *Trichoderma* en *Capsicum annuum* disminuyen el daño inducido por *Meloidogyne incognita***

Temas Agrarios, vol. 28, núm. 1, 2023, Enero-Junio, pp. 37-45

Universidad de Córdoba

Colombia





DOI: <https://doi.org/10.21897/rta.v28i1.3158>

- ▶ Número completo
- ▶ Más información del artículo
- ▶ Página de la revista en [redalyc.org](http://redalyc.org)



# Hongos micorrícicos arbusculares y *Trichoderma* en *Capsicum annuum* disminuyen el daño inducido por *Meloidogyne incognita*

## Arbuscular mycorrhizal fungi and *Trichoderma* in *Capsicum annuum* decrease the damage induced by *Meloidogyne incognita*

Elizabeth Herrera-Parra<sup>1</sup>; Jairo Cristóbal-Alejo<sup>2</sup>  
Manuel J. Zavala-León<sup>1</sup>; Carolina I. Basto-Pool<sup>1\*</sup>

Recibido para publicación: 03 de febrero de 2023 - Aceptado para publicación: 14 de marzo de 2023

### RESUMEN

Se evaluaron en invernadero consorcios de especies nativas de hongos micorrícicos arbusculares (HMA) y cepas de *Trichoderma* (TRI) en el control del nematodo endoparásito sedentario, *Meloidogyne incognita* (Mi) en *Capsicum annuum*. Plantas inoculadas con consorcios de HMA y TRI se inocularon con Mi, se evaluaron ocho tratamientos: i) HMA, ii) TRI, iii) HMA+ TRI, iv) HMA + Mi, v) TRI + Mi, vi) HMA + TRI + Mi, vii) Nematicida Oxamil + Mi y viii) Testigo, con 15 repeticiones dispuestas en un diseño experimental completamente al azar. Después de 166 días, el tratamiento HMA + Mi, causó el menor índice de agallamiento (53 %). El menor número de huevos se obtuvo con TRI + Mi y HMA +TRI + Mi con reducciones de 68 y 55 % con relación al control, y de 54 y 37 %, en comparación con el Oxamil + Mi. La reducción de hembras se logró con los tratamientos HMA + Mi en un 11 %, TRI + Mi en un 42 % y HMA + TRI en un 61 % con relación al testigo. Los tratamientos que no incluyeron la inoculación de Mi, presentaron raíces sanas y mayor promedio de las variables agronómicas. Los tratamientos HMA + Mi, HMA + TRI + Mi, que incluyeron la inoculación del nematodo, promovieron el mayor crecimiento de las plantas, con efectos iguales al obtenido con el Oxamil + Mi. Los consorcios promovieron el crecimiento de las plantas y ejercieron efectos de control antagónico en contra de *M. incognita* superiores al del nematicida.

**Palabras clave:** Antagonismo, control, endoparásito sedentario, nudo de la raíz.

### ABSTRACT

Consortia of native species of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) and *Trichoderma* (TRI) strains were evaluated in a greenhouse to control the sedentary endoparasitic nematode, *Meloidogyne incognita* (Mi) on *Capsicum annuum*. Plants inoculated with AMF and TRI consortia were inoculated with Mi, and eight treatments were evaluated: i) AMF, ii) TRI, iii) AMF+ TRI, iv) AMF + Mi, v) TRI + Mi, vi) AMF + TRI + Mi, vii) Oxamil nematocide + Mi and viii) Control, with 15 replicates arranged in a completely randomized experimental design. After 166 days, the AMF + Mi treatment resulted in the lowest galling index (53%). The lowest number of eggs was obtained with TRI + Mi and AMF +TRI + Mi with reductions of 68 and 55% with respect to control, and 54 and 37% to Oxamil + Mi. Reduction of females was achieved with treatments AMF + Mi in 11%, TRI + Mi in 42% and AMF + TRI in 61% with respect to control. Treatments without Mi inoculation presented healthy roots and a higher average of agronomic variables. The AMF + Mi, AMF + TRI + Mi treatments, which included nematode inoculation, promoted greater plant growth, with effects equal to those obtained with Oxamil + Mi. The consortia promoted plant growth and exerted antagonistic control effects against *M. incognita* greater than the nematicide.

**Keywords:** Antagonism, control, endoparasite sedentary, root knot.

### Cómo citar

Herrera-Parra, E., Cristóbal-Alejo, J., Zavala-León, M.J., Basto-Pool, C.I. 2023. Hongos micorrícicos arbusculares y *Trichoderma* en *Capsicum annuum* disminuyen el daño inducido por *Meloidogyne incognita*. *Temas Agrarios* 28(1): 37-45. <https://doi.org/10.21897/rta.v28i1.3158>

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Yucatán, México.

<sup>2</sup> Instituto Tecnológico de Conkal, Yucatán, México.

\*Autor para correspondencia: Carolina I. Basto-Pool

Email: [carolinabasto93@gmail.com](mailto:carolinabasto93@gmail.com)



## INTRODUCCIÓN

En la Península de Yucatán, México, el chile dulce (*Capsicum annuum* L.) es uno de los principales cultivos que se establecen en sistemas de producción a campo abierto y en condiciones protegidas (SIAP, 2022). Su demanda es durante todo el año y se consume en platillos regionales y forma parte de la identidad de los pueblos indígenas mayas (Basto y Hernández, 2020). Sin embargo, su producción es afectada por la presencia del nematodo endoparásito sedentario, *Meloidogyne incognita*, el cual induce pérdidas de al menos el 50 % (Herrera et al., 2011). El parasitismo de estos fitopatógenos causa mal funcionamiento de los reguladores de crecimiento en las raíces y el tallo. El establecimiento de los sitios de alimentación induce alteraciones en la continuidad del tejido vascular. Lo que limita el crecimiento y desarrollo de las plantas (Medina et al., 2018). Para su control, se aplican nematicidas no fumigantes (organofosforados y carbamatos), sin embargo, éstos afectan al ambiente y la salud de quienes se dedican a la producción y consumo de esta hortaliza y otras especies (Polanco et al., 2019). Por lo cual, es necesaria la búsqueda de alternativas de bajo impacto ambiental para el manejo de nematodos fitopatógenos.

Al respecto, los hongos micorrícicos arbusculares (HMA) se asocian con las plantas y constituyen una relación mutualista. La cual se aprovecha en la producción hortícola, donde se implementan como una estrategia para mejorar la nutrición de los cultivos, reducir el estrés abiótico y como agentes de control de patógenos de raíz (Diagne et al., 2020; Weng et al., 2022). Algunos reportes señalan que la inoculación de los HMA (*Funneliformis geosporum*, *Claroideoglossum claroideum* y *Glomus ambisporum*) en chile dulce

mejoraron significativamente el crecimiento de las plántulas con mayor altura (20,50 %), biomasa aérea seca (30,43 %) y peso fresco de raíz (24,7 %) en relación con las plántulas que recibieron fertilización de síntesis química y redujeron la severidad del daño de *M. incognita* en un 79,65 %, respecto a las plantas sin inoculación con HMA (Herrera et al., 2021a). En otros cultivos tropicales como el de guanábana el consorcio integrado por: *G. pustulatum*, *C. claroideum*, *F. geosporum* y *A. gerdemanii*, disminuyó el periodo de crecimiento de plántulas para su injertación (Cristóbal-Alejo et al., 2022). En estevia (*Stevia rebaudiana*) los consorcios de HMA identificados como: RC y CY con la adición de un 25 % de fertilización de P, aumentaron el crecimiento, mejoraron la arquitectura aérea de las plantas y la producción de biomasa, también produjeron mayor contenido de clorofila y tasa fotosintética con respecto a las plantas no inoculadas (Cauich-Cauich et al., 2023).

Por otra parte, *Trichoderma* es un hongo considerado saprófito que produce metabolitos secundarios con propiedades fungicidas, nematicidas, promotoras de crecimiento y se emplea en la agricultura para incrementar la producción y el manejo de patógenos de raíz (Poveda et al., 2020; Moo et al., 2022). Algunas cepas han mostrado actividad nematicida, por ejemplo; en plantas de chile habanero infectadas con *M. incognita* e inoculadas con cepas de *T. harzianum*-C1, *T. atroviride*, *T. virens* y *T. harzianum*-C2 disminuyeron con relación al control un 68,18 % el número de agallas por raíz, un 82,91 % el índice de agallamiento, un 82,69 % el número de huevos y hasta un 50 % el número de hembras por gramo de raíz inducidas por *M. incognita* (Herrera-Parra et al., 2018). En jitomate *T. virens*-52 y *T. virens*-59 disminuyeron hasta un 22 % la formación de agallas y un 87 y 52,39 % la formación de hembras por gramo de raíz (Cetz et al., 2018).

Sin embargo, tanto los HMA y *Trichoderma* spp. cuando se inoculan pueden presentar un efecto diferencial en los cultivos que se expresa en beneficios mutuos, o nulos (Rizvi *et al.*, 2018; Herrera *et al.*, 2021b). Por lo que aislar y evaluar organismos nativos en las zonas de donde fueron extraídos resulta benéfico para su establecimiento, ya que están adaptados a las condiciones edafoclimáticas y presentan una asociación natural con los cultivos que se establecen en la región (Avio *et al.*, 2017; Cristóbal *et al.*, 2021). Asimismo, se desconoce si el efecto nematocida y de promoción de crecimiento de estos microorganismos se mantiene o potencializa cuando son aplicados en consorcios. Por lo que en este estudio se evaluó el efecto de consorcios de especies nativas de HMA y cepas de *Trichoderma* en el control del nematodo endoparásito sedentario, *Meloidogyne incognita* en *C. annuum*.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Origen de los consorcios de HMA y *Trichoderma* spp.

Los consorcios de HMA fueron aislados de suelo proveniente de la selva baja tropical caducifolia y las especies de *Trichoderma* de suelo de sitios sin actividad agrícola en los últimos 30 años, ambos en el estado de Yucatán, México.

### Inoculación en semillero de *Capsicum annuum*

Se evaluaron dos consorcios de microorganismos nativos, el primero consorcio fue de HMA, integrado por *Funneliformis geosporum*, *Claroideoglopus claroideum* y *Glomus ambisporum*. Las esporas se extrajeron de macetas de propagación (Gerdemann y Nicolson, 1963). Posteriormente se esterilizó sustrato

mediante arrastre de vapor durante tres días por una hora a 100 °C. Con el que se llenaron charolas de germinación de 72 cavidades, donde se depositaron 54 esporas por cavidad que integró el consorcio de HMA (18 esporas por cada especie). Enseguida se sembró una semilla de *C. annuum* cv. chile dulce criollo, previamente desinfectada con hipoclorito de sodio al 1 % durante dos minutos, seguidos de dos lavados con agua destilada estéril (Herrera *et al.*, 2021b). El segundo consorcio con *Trichoderma* estuvo integrados por *T. harzianum*-C1, *T. atroviride*, *T. virens* y *T. harzianum*-C2. Se reactivaron en medio de cultivo agar dextrosa y papa. Posteriormente se prepararon concentraciones de  $1 \times 10^6$  esporas mL<sup>-1</sup> (Cubillos *et al.*, 2009), las que se inocularon en semillas de chile dulce al momento de la siembra en charolas que contenía sustrato estéril comercial Sunshine®. Adicionalmente se realizaron tres inoculaciones a los 10, 20 y 30 días después de la germinación.

Para obtener plántulas inoculadas con los dos consorcios, primero se inoculó el consorcio de HMA a las semillas y se dejaron transcurrir 30 días para realizar tres inoculaciones con el consorcio de *Trichoderma* spp., a los 31, 36 y 41 días después de la inoculación de los HMA. Las charolas se mantuvieron en un invernadero a  $28 \pm 2$  °C, con humedad relativa al 64 %. Las plántulas obtenidas se regaron de acuerdo a las necesidades hídricas del cultivo.

### Obtención del inóculo J2 de *M. incognita*

Se muestrearon plantaciones comerciales de *C. annuum*, con agallas por *M. incognita*. De raíces agalladas se extrajeron masas de huevos y se desinfectaron con hipoclorito de sodio al 1 %. Los huevos se incubaron a  $28 \pm 1$  °C hasta la eclosión del estadio J2.

## Evaluación de los consorcios de HMA y *Trichoderma* spp. como antagonistas de *M. incognita*.

Se esterilizó suelo por arrastre de vapor con el que se llenaron bolsas de 5 kg de capacidad. Previo al trasplante, se realizó en el suelo una cavidad de tres cm de diámetro y cinco cm de profundidad y se inoculó 1 mL de agua que contenía 1.000 huevos larvados y 300 J2 de *M. incognita*, enseguida se trasplantó una planta de *C. annuum* de 47 días de edad inoculadas con los consorcios. El manejo nutrimental de las plantas consistió en una fertilización con equilibrio químico de NPK 2:1:1, aplicada dos veces por semana durante el experimento. Se evaluaron ocho tratamientos: i) HMA, ii) TRI, iii) HMA + TRI, (sin la inoculación de *M. incognita*), iv) HMA + Mi, v) TRI + Mi, vi) HMA + TRI + Mi, vii) Nematicida oxamil 24 % + Mi (en dosis de 1 mL L<sup>-1</sup> de agua aplicado al suelo al momento del trasplante) y viii) un testigo (incluyó solo la inoculación de *M. incognita*). Cada tratamiento estuvo constituido por 15 plantas que constituyeron las repeticiones y las unidades experimentales, distribuidas en un diseño experimental completamente al azar en condiciones de invernadero a 28 ± 2 °C, con humedad relativa de 64 % e intensidad lumínica de 450 luxes en promedio.

**Variables estimadas.** Los tratamientos se evaluaron después de 166 días después de la siembra (DDS), como variables de control se consideró el índice de agallamiento como severidad del nematodo (Taylor y Sasser, 1983), número de huevos y hembras por g de raíz, como índice de reproducción del nematodo. También, se determinó: altura de planta (AP), biomasa aérea seca (BAS), peso fresco de la raíz (PFR) y volumen de raíz (VR), como variables de crecimiento. Además, se estimó el porcentaje de

colonización total de HMA en cinco plantas (Phillips y Hayman, 1970) y se realizaron preparaciones permanentes para observarlas en el microscopio.

**Análisis estadístico.** Con los datos se realizaron análisis de varianza (ANDEVA) y para el caso de los datos relacionados con el índice de agallamiento y colonización por los HMA, se transformaron mediante la función de arco seno [ $y = \arcsin(\sqrt{x/100})$ ]. Se aplicó como comparador de medias el método de Tukey ( $P \leq 0,05$ ), mediante el paquete estadístico Statistical Analysis System, versión 9.3 c.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los análisis de varianza registraron diferencias altamente significativas ( $P \leq 0,01$ ) para las variables de estudio; intensidad de enfermedad, reproducción del nematodo (Tabla 1) y parámetros agronómicos (Tabla 2). El mayor índice de agallamiento se registró en los tratamientos que incluyeron el nematicida Oxamil + Mi, testigo 88 %, seguido de TRI + Mi, HMA + TRI + Mi, 78 %, éstos fueron estadísticamente iguales. El tratamiento HMA + Mi, integrado por el consorcio de hongos micorrízicos arbusculares causó el menor índice de agallamiento 53 %, y redujo un 42 % el daño por el nematodo, con relación al resto de los tratamientos, incluyendo al nematicida Oxamil. En el caso de los tratamientos que no incluyeron la inoculación del nematodo, HMA, TRI, HMA + TRI, presentaron raíces sanas libres de daños (Tabla 1). Otros reportes señalan que *Trichoderma* redujo el índice de agallamiento en jitomate en un 22 %, en chile habanero de un 68 a 65 % y en chile dulce (*C. annuum*) hasta un 59 % (Cetz et al., 2018; Herrera et al., 2017, 2018) con la inoculación de HMA se reportaron reducciones en jitomate de un 35 % y en chile dulce (*C. annuum*) en un 79 % (Cristóbal et al., 2010; Herrera et al., 2021a).



En este estudio con el consorcio de HMA se redujo la severidad del daño en las raíces inducida por el nematodo con efectos de control superiores al Oxamil, lo cual demuestra la efectividad de este tipo de inoculantes microbianos en esta etapa de crecimiento de chile dulce (*C. annuum*).

En las plantas testigo se registró el mayor número de huevos (5.493) y hembras (106) por g de raíz. Los tratamientos que incluyeron la inoculación de los microorganismos más el nematodo redujeron significativamente la reproducción del parásito. El menor número de huevos se registró con los tratamientos TRI + Mi y HMA + TRI + Mi con reducciones de 68 y 55 % con relación al testigo, y en 54 y 37 %, en comparación con el Oxamil + Mi, respectivamente. Los tratamientos que redujeron significativamente la producción de hembras en relación al testigo, fueron HMA + Mi en un 11 %, TRI + Mi en un 42 %

y HMA + TRI + Mi en un 61 % (Tabla 1). Fue evidente que los microorganismos utilizados en consorcio disminuyeron la reproducción del nematodo. Inclusive con resultados superiores al nematicida oxamil (53 %) para el caso de HMA + TRI + Mi. Los HMA compiten con los nematodos por espacios en la raíz, modifica la composición química de los exudados radicales que inhibe la penetración de J2 y activa mecanismos de defensa en las plantas (Diagne *et al.*, 2020). Mientras que los mecanismos involucrados con *Trichoderma* spp., están asociados al parasitismo de estadios iniciales de crecimiento de nematodos como huevos y juveniles de segundo estadio, lo que disminuyó su población y ocasionó menor daños en la raíz, efectos asociados con la producción de metabolitos secundarios; trichodermina, viridina entre otros, que desorientan a los J2, e inhiben la eclosión de huevos (Poveda *et al.*, 2020; Moo *et al.*, 2022).

**Tabla 1.** Variables de intensidad de enfermedad y de reproducción de *M. incognita* estimadas a los 166 días después de la siembra de *C. annuum*, en los diferentes tratamientos.

*Tratamientos	Índice de agallamiento (%)	Número de huevos por g <sup>-1</sup> de raíz	Número de hembras por g <sup>-1</sup> de raíz
HMA+Mi	53,00 b	4.447 b	94,00 b
TRI + Mi	78,00 a	1.776 e	62,00 c
HMA + TRI + Mi	78,00 a	2.465 d	41,00 e
HMA	0,00 c	0,00 f	0,00
TRI	0,00 c	0,00 f	0,00
HMA + TRI	0,00 c	0,00 f	0,00
Oxamil + Mi	88,00a	3.911 c	50,00 d
Testigo	88,00a	5.493 a	106,00 a
DMS	11,03	509,2	9,06
CV	16,42	16,34	14,73

La tabla muestra promedios. n=15. \*HMA= Consorcio de Hongos micorrizicos arbuscular nativos; Mi= *Meloidogyne incognita*; TRI= Consorcio de aislados nativos de *Trichoderma* spp; Oxamil= nematicida comercial; Testigo= plantas inoculadas sin protección DMS= diferencia mínima significativa. CV= coeficiente de variación. Letras iguales dentro de misma columna son estadísticamente iguales (Tukey, P≤0,05).

Los HMA colonizaron las raíces de *C. annuum*, el porcentaje más alto de colonización total se obtuvo con el tratamiento HMA + TRI (89,38 %). Los tratamientos HMA, HMA + Mi y HMA + TRI + Mi, presentaron

porcentaje de colonización total que resultaron estadísticamente iguales ( $P \leq 0,01$ ) y oscilaron de 68,84 a 70,36 %. Los consorcios sin la inoculación del nematodo favorecieron los promedios más altos de

las variables de crecimiento de *C. annuum*, particularmente la inoculación del consorcio de HMA + TRI mostraron los promedios más altos de AP (38,55 cm), BAS (20,70 g), PFR (35,20) y VR (35 cm<sup>3</sup>). Los tratamientos HMA + Mi, HMA + TRI + Mi, aun con la carga parasitaria que implicó la presencia del nematodo, también favorecieron el mayor crecimiento de AP (35,70 y 32,10 cm) y BAS (14,71 y 17,22 g) y su efecto fue igual al obtenido con el Oxamil + Mi (40,40 y 19,96 g) y superior al obtenido con las plantas testigo (24,70 y 5,72 g). El mayor VR se obtuvo con el tratamiento HMA + TRI (35 cm<sup>3</sup>), sin la inoculación del nematodo. Con el

Oxamil + Mi y HMA+ TRI + Mi también se logró un efecto significativo en VR (Tabla 2). Los beneficios que implican el uso de consorcios de microorganismos se han reportado en otras solanáceas como chile habanero, jitomate, berenjena (Cetz et al., 2018; Herrera et al., 2021b; Sharma et al., 2021) en donde el crecimiento es asociado a la producción de sideróforos, traslocación de nutrimentos, producción de proteínas y hormonas vegetales que en conjunto favorecen el crecimiento de las especies donde se inoculan HMA y *Trichoderma* spp. (Vergara et al., 2019; Chen et al., 2021).

**Tabla 2.** Variables de agrónomicas estimadas a los 166 días después de la siembra en *C. annuum* inoculadas con *M. incognita*.

*Tratamientos	AP (cm)	BAS (g)	PFR (g)	VR (cm <sup>3</sup> )
HMA+Mi	35,70 a	14,71 ab	17,78 cd	15,50 bc
TRI + Mi	25,00 b	2,64 d	7,50 d	5,40 d
HMA + TRI + Mi	32,10 ab	17,22 ab	20,95 bcd	21,40 b
HMA	31,80 ab	12,14 bc	17,90 cd	17,00 bc
TRI	37,60 a	12,26 bc	32,10 ab	21,00 b
HMA + TRI	38,55 a	20,70 a	35,20 a	35,00 a
Oxamil + Mi	40,40 a	19,96 a	24,59 abc	22,00 b
Testigo	24,70 b	5,72 cd	1,29 cd	10,00 cd
DMS	10,44	6,55	13,84	8,75
CV	22,50	35,64	46,54	34,06

AP= Altura de planta; BAS= Biomasa aérea seca; PFR= Peso fresco de raíz; VR= Volumen de raíz. La tabla muestra promedios. n=15. \*HMA= Consorcio de Hongos micorrizicos arbuscular nativos; Mi= *Meloidogyne incognita*; TRI= Consorcio de aislados nativos de *Trichoderma* spp; Oxamil= nematicida comercial; Testigo= plantas inoculadas sin protección DMS= diferencia mínima significativa. CV= coeficiente de variación. Letras iguales dentro de misma columna son estadísticamente iguales (Tukey, P≤0,05).

## CONCLUSIONES

Los hongos micorrizicos arbusculares y las cepas de *Trichoderma* inoculados en consorcios lograron reducir el daño inducido por el nematodo, en chile dulce (*C. annuum*), con efectos de control superiores al nematicida químico oxamil. Mejoraron el crecimiento y el vigor agronómico de las plantas.

## Conflictos de intereses

La preparación y revisión del presente manuscrito contó con la participación de todos los autores, quienes declaramos que no existe ningún conflicto de intereses que ponga en riesgo la validez de los resultados presentados.

## REFERENCIAS

- Avio, L., Sbrana, C., Giovannetti, M. y Frassinetti, S. 2017.** Arbuscular mycorrhizal fungi affect total phenolics content and antioxidant activity in leaves of oak leaf lettuce varieties. *Scientia Horticulturae* 224: 265-271. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.06.022>
- Basto, P. C. I. y Hernández, P. C. D. 2020.** El chile dulce, más allá de su diversidad y sus formas. Desde el Herbario CICY 12: 164-168. [https://www.cicy.mx/sitios/desde\\_herbario/2020](https://www.cicy.mx/sitios/desde_herbario/2020)
- Cauch, C. R., Tun, S. J. M., Cristobal, A. J., Herrera, P. E., Andueza, N. R. y Lozano, C. M. G. 2023.** Evaluación de consorcios micorrízicos arbusculares nativos en interacción con niveles de fósforo en la promoción del crecimiento y fotosíntesis de *Stevia rebaudiana* Bertoni. *Biotecnia* 25(1): 67-80. <https://doi.org/10.18633/biotecnia.v25i1.1765>
- Cetz, C. J., Cristóbal, A. J., Tun, S. J., Peraza, L. A. y Candelero de la Cruz, J. 2018.** Especies nativas de *Trichoderma* spp. y su actividad antagónica contra *Meloidogyne incognita* en *Solanum lycopersicum* L. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes* 26(73): 5-12. <https://doi.org/10.33064/iycuaa201873136>
- Chen, D., Hou, Q., Jia, L. y Sun, K. 2021.** Combined Use of Two *Trichoderma* Strains to Promote Growth of Pakchoi (*Brassica chinensis* L.). *Agronomy* 11(4):726. <https://doi.org/10.3390/agronomy11040726>
- Cristóbal, A. J., Herrera, P. E., Reyes, O. V., Ruiz, S. E., Tun, S. J. M. y Celis, R. T. 2010.** Glomus intraradices para el control de *Meloidogyne incognita* (Kofoid & White) Chitwood en condiciones protegidas. *Fitosanidad* 14(1): 25-29. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1562-30092010000100004](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1562-30092010000100004)
- Cristóbal, A. J., Moo, K. F.A., Tun, S. J., Reyes, R. J. y Gamboa, A. M. 2021.** Efecto de la interacción dual de especies de *Trichoderma* en el crecimiento de *Capsicum chinense* Jacq. 2021. *Agrociencias* 55: 681-693. <https://doi.org/10.47163/agrociencia.v55i8.2661>
- Cristóbal, A. J., Lima, B. A., Pinzón, L. L., Tun, S. J. M. y Herrera, P. E. 2022.** Hongos micorrízicos arbusculares aceleran el tiempo de crecimiento de portainjertos de guanábana (*Annona muricata* L.). *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios* 9(1): e3326. [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-90282022000100219&script=sci\\_arttext&tlng=es](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-90282022000100219&script=sci_arttext&tlng=es)
- Cubillos, H. J., Valero, N. y Mejía, L. 2009.** *Trichoderma harzianum* como promotor del crecimiento vegetal del maracuyá (*Passiflora edulis* var. *Flavicarpa* Degener). *Agronomía Colombiana* 27: 81-86. <https://www.redalyc.org/pdf/1803/180314730011.pdf>
- Diagne, N., Ngom, M., Brahim D. P., Fall, D., Hoche, V. y Svistoonoff, S. 2020.** Roles of arbuscular mycorrhizal fungi on plant growth and performance: Importance in biotic and abiotic stressed regulation. *Diversity* 2(10): 370. <https://doi.org/10.3390/d12100370>



- Gerdemann, J. y Nicolson, T. 1963.** Spores of mycorrhizal endogene species extracted from soil by wet sieving and decanting. Transactions of the British Mycological Society 46: 235-244. [http://dx.doi.org/10.1016/S0007-1536\(63\)80079-0](http://dx.doi.org/10.1016/S0007-1536(63)80079-0)
- Herrera, P. E., Cristóbal, Alejo, J. Tun, S. J. M. Góngora, J. J. A. y Lomas, B. T. C. 2011.** Nematofauna nociva (*Meloidogyne* spp.) en cultivos hortícolas tropicales: distribución y perspectivas de manejo en Yucatán. En: (Ed) Gamboa, A. M y Rojas, H. R. Recursos genéticos microbianos de la zona golfo sur-sureste de México. SUBNARGEN. Edit. Morevalladolid S de R. L. de C. V. p125-136. ISBN: 978-607-424-274-4
- Herrera, P. E., Cristóbal, A. J. y Ramos, Z. J. 2017.** *Trichoderma* strains as growth promoters in *Capsicum annuum* and as biocotrol agents in *Meloidogyne incognita*. Chilean Journal of Agricultural Research 77(4): 318-324. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-58392017000400318>
- Herrera, P. E., Ramos, Z. J., Cristóbal, A. J., Tun, S. J. y Reyes, R. A. 2018.** Species of *Trichoderma* antagonistic to the root knot nematode (*Meloidogyne incognita*) in habanero pepper. Phytion 87: 7-13. <https://doi.org/10.32604/phyton.2018.87.007>
- Herrera, P. E., Ramos, Z. J., Basto, P. C. y Cristóbal, A. J. 2021a.** Sweet pepper (*Capsicum annuum*) response to the inoculation of native arbuscular mycorrhizal fungi and the parasitism of root-knot *Meloidogyne incognita*. Revista Bio Ciencias (8): e982. <https://doi.org/10.15741/revbio.08.e982>
- Herrera, P. E., Hernández, C. L., Cristóbal, A. J., Parra, T. V. y Ramos, Z. J. A. 2021b.** Native mycorrhizal fungi induce positive and differential effects on initial growth in *Capsicum* spp. Acta Agrícola y Pecuaria 7: E0071021. <http://aap.uaem.mx/index.php/aap/article/view/306>
- Medina, M. C. O., Medina, C. M. G., Torres, C. R., Carvajal, S. A. y Tovar, S. A. 2018.** Alteraciones histológicas causadas por el nematodo agallador *Meloidogyne incognita* en raíces de betabel (*Beta vulgaris* L.). Polibotánica (46): 193-202. [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-27682018000200193](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-27682018000200193)
- Moo, K. F.A., Cristóbal-Alejo, J., Andrés, M.F., Martín, J., Reyes, F., Tun-Suárez, J.M. y Gamboa-Angulo, M. 2022.** In vitro assessment of organic and residual fractions of nematocidal culture filtrates from thirteen tropical *Trichoderma* strains and metabolic profiles of most active. Journal of Fungi 8(1): 82. <https://doi.org/10.3390/jof8010082>
- Phillips, G. M. y Hayman, D. S. 1970.** Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. Transactions British Mycological Society 55: 158-161. [http://dx.doi.org/10.1016/S0007-1536\(70\)80110-3](http://dx.doi.org/10.1016/S0007-1536(70)80110-3)
- Polanco, R. A. G., Magaña, C. T. V., Cetz, I. J. y Quintal, L. R. 2019.** Uso de agroquímicos cancerígenos en la región agrícola de Yucatán, México. Centro Agrícola 46(2): 72-83. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S025357852019000200072&lng=en&nr=iso&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S025357852019000200072&lng=en&nr=iso&tlng=es)

- Poveda, J., Abris, U. P. y Escobar, C. 2020.** Biological control of plant-parasitic nematodes by filamentous fungi inducers of resistance: *Trichoderma*, mycorrhizal and endophytic fungi. *Frontiers in Microbiology* 11(992): 1-14. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2020.00992>
- Rizvi, R., Mahmood, I. y Ansari, S. 2018.** Interacción between plant symbiots, bio-organuc wasted and antagonistic fungi in the management of *Meloidogyne incognita* infecting chickpea. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences* 17: 424-434. <https://doi.org/10.1016/j.jsas.2016.10.002>
- Sharma, M., Saini, I., Kaushik, P., Mohamed, M., Al Balawi, T. y Alam, P. 2021.** Mycorrhizal fungi and *Pseudomonas fluorescens* application reduces root-knot nematode (*Meloidogyne javanica*) infestation in eggplant. *Saudi Journal of Biological Sciences* 28(7): 3685-3691. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2021.05.054>
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2022.** Por estado. Yucatán <https://nube.siap.gob.mx/cierrea-gricola/>
- Taylor, A. y Sasser, J. 1983.** Identificación y control de los nematodos de nódulo de la raíz (especies de *Meloidogyne*). Proyecto Internacional de Meloidogyne (MIP). Departamento de Fitopatología. Universidad del Estado de Carolina del Norte-EEUU 89-95. [https://pdf.usaid.gov/pdf\\_docs/pnaaq245.pdf](https://pdf.usaid.gov/pdf_docs/pnaaq245.pdf)
- Vergara, C., Campos, A. K. E., de Souza, R., Schultz N., Junior L. V. M. y Zilli, E. J. 2019.** Plant-mycorrhizal fungi interaction and response to inoculation with different growth-promoting fungi. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira* Brasilia. 54: e25140. <https://doi.org/10.1590/S1678-3921.pab2019.v54.25140>
- Weng, W., Yan, J., Zhou, M., Yao, X., Gao, A. Ma, C., Cheng, J. y Ruan, J. 2022.** Roles of arbuscular mycorrhizal fungi as a biocontrol agent in the control of plant diseases. *Microorganisms*. <https://doi.org/10.3390/microorganisms10071266>