

Actividad antifúngica de aislamientos autóctonos de *Trichoderma* spp. contra fitopatógenos

Carolina Martínez-Sánchez¹
Ana Tarín Gutiérrez-Ibáñez¹
Claudia Saavedra-Guevara¹
Luz Raquel Martínez-Bernal¹
Francisco Ramírez-Dávila¹
Martha Lidya Salgado-Siclán^{1,§}

1 Facultad de Ciencias Agrícolas-Universidad Autónoma del Estado de México. Campus El Cerrillo, Carretera km 15.5. Piedras Blancas, Toluca de Lerdo, México. CP. 50200.

Autor para correspondencia: mlsalgados@uaemex.mx.

Resumen

Las enfermedades representan una de las principales causas de pérdida en la producción agrícola. Aunque los productos químicos son una alternativa común para su control, generan efectos negativos en la salud humana y el ambiente. Por ello, se requieren opciones sustentables como el uso de microorganismos del suelo con actividad biocontroladora, como *Trichoderma*, hongo que presenta múltiples mecanismos de acción contra fitopatógenos, estimula la microbiota del suelo, mejora la absorción de nutrientes y activa los mecanismos de defensa de las plantas. El objetivo de esta investigación fue evaluar el antagonismo de once especies autóctonas de *Trichoderma* frente a *Botrytis cinerea*, *Fusarium oxysporum*, *Rhizoctonia solani* y *Sclerotinia sclerotiorum*, mediante el porcentaje de inhibición del crecimiento radial, porcentaje del área de crecimiento, grado de antagonismo y presencia de micoparasitismo. Se realizó confrontación dual en condiciones *in vitro* en el laboratorio de fitopatología de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Autónoma del Estado de México. Los aislamientos *Trichoderma atroviride* TH3 y *T. asperellum* Th11 destacaron por su capacidad de inhibición, reducción del crecimiento patógeno, alto grado de antagonismo y micoparasitismo. El grado de antagonismo fue evaluado con cobertura de hasta dos tercios del área de crecimiento sobre el patógeno. *Rhizoctonia solani* mostró el menor porcentaje del área de crecimiento y fue el principal blanco del micoparasitismo. Los resultados sugieren que las especies de *Trichoderma* tienen potencial para ser utilizadas en prácticas agrícolas sostenibles.

Palabras clave:

antagonismo, área de crecimiento, inhibición, micoparasitismo, patógenos, *Trichoderma*.



Introducción

Existe un grave riesgo de pérdidas económicas en la producción agrícola, así como un gran desafío para la seguridad alimentaria, debido al impacto significativo de las plagas, las cuales provocan pérdidas globales de entre el 17.2% y 21.5% en cultivos como trigo, arroz, maíz, papa y soya (Savary *et al.*, 2019; Skendži# *et al.*, 2021). El uso masivo de productos fitosanitarios en el control de plagas ha generado consecuencias negativas, como la pérdida de biodiversidad, el desarrollo de resistencia por parte de los organismos plaga y daños a la salud humana (Vinchira-Villarraga y Moreno-Sarmiento, 2019).

En respuesta a ello, se han buscado alternativas más sostenibles, entre las que destaca el uso de microorganismos antagónicos, considerados como opción viable para asegurar la producción de alimentos sanos (Gutiérrez-Ramírez *et al.*, 2013; Companioni *et al.*, 2019; Vinchira-Villarraga y Moreno-Sarmiento, 2019). Los microorganismos con actividad biocontroladora presentan características de crecimiento rápido, alta capacidad reproductiva, eficiencia competitiva y adaptación al ambiente (Viera-Arroyo *et al.*, 2020).

Actualmente, existe un amplio número de microorganismos con aplicaciones rentables en agricultura como agentes de control, destacando *Trichoderma* spp., hongo cosmopolita con alta presencia de competencia por espacio y nutrientes, así como producción de metabolitos bioactivos (Amerio *et al.*, 2020; Andrade-Hoyos *et al.*, 2023; Cortés-Hernández *et al.*, 2023). Se han descrito más de 200 especies del género *Trichoderma*, como agentes de control biológico (Garrido *et al.*, 2019; Sood *et al.*, 2020; Allende-Molar *et al.*, 2022). En México se han reportado 42 especies, siendo las más comunes *T. asperellum* y *T. viride* (Allende-Molar *et al.*, 2022).

Especies como *T. asperellum*, *T. atroviride*, *T. hamatum*, *T. harzianum*, *T. longibrachiatum*, *T. koningii* y *T. viride*, entre otras, han mostrado efectos de antagonismo y micoparásito contra fitopatógenos del suelo como *Phytophthora capsici*, *Fusarium oxysporum*, *Macrophomina phaseolina*, *Rhizoctonia solani*, *Sclerotium rolfsii*, *Phymatotrichopsis omnivora* (Andrade-Hoyos *et al.*, 2019; Camacho-Luna *et al.*, 2021; Allende-Molar *et al.*, 2022). Otras especies actúan sobre los patógenos debido a la presencia de diversos metabolitos secundarios (Montes-Vergara *et al.*, 2022).

En el área biotecnológica las especies de *Trichoderma* son de interés por la producción de enzimas, generosamente utilizadas en la industria alimentaria (Allende-Molar *et al.*, 2022), además otras especies se reportan como bioinductoras del crecimiento vegetal (Hernández-Melchor *et al.*, 2019; Matas-Baca *et al.*, 2023) y responsables de activar la respuesta sistémica en plantas mediante la expresión de genes como *Epl1* y *Sm1* (Martínez-Canto *et al.*, 2021).

Aunque existen numerosos estudios sobre el control biológico de patógenos mediante *Trichoderma* spp., es necesario implementar estudio de cepas autóctonas, adaptadas a las condiciones ambientales locales (Amerio *et al.*, 2020). El objetivo de esta investigación fue evaluar la actividad de antagonismo de once especies autóctonas de *Trichoderma* frente a los fitopatógenos *Botrytis cinerea*, *Fusarium oxysporum*, *Rhizoctonia solani* y *Sclerotinia sclerotiorum* en condiciones *in vitro*.

Materiales y métodos

Material biológico

Las cepas fúngicas empleadas en este estudio pertenecen a la colección del Laboratorio de Fitopatología de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Autónoma del Estado de México. Los patógenos utilizados fueron: *Botrytis cinerea* (fresa), *Fusarium oxysporum* (aguacate), *Rhizoctonia solani* (papa) y *Sclerotinia sclerotiorum* (girasol). Las cepas antagonistas de *Trichoderma* spp., fueron colectadas en distintas regiones del Estado de México durante el año 2023, a partir de muestras de rizosfera de diversos cultivos agrícolas e identificadas molecularmente en el año 2024 (en proceso de publicación).

Pruebas de inhibición del crecimiento

Las cepas de patógenos y antagonistas se activaron en medio PDA BD Difco™ (agar papa dextrosa) durante siete días a 25 °C, empleando el mismo medio para las siembras duales. Los ensayos de confrontación consistieron en la siembra dual antagonista-patógeno, siguiendo la metodología de Dennis y Webster (1971). Para ello, se colocó un disco de micelio de 7 mm de crecimiento micelial del patógeno, al margen interno de la placa de Petri con medio de cultivo, en el extremo opuesto, se sembró el antagonista.

El testigo consistió en la siembra única del patógeno al margen de la placa de Petri. Las placas de Petri se incubaron a 25 °C durante diez días en oscuridad, hasta que los micelios hicieron contacto y el testigo colonizó completamente la placa de Petri. Se calcularon los valores medios del porcentaje de inhibición del crecimiento radial (PICR) del micelio, de acuerdo con la fórmula: $PICR = [(R1 - R2) / R1] \times 100$ (Ezziyyani *et al.*, 2004). Donde: PICR= porcentaje de inhibición del crecimiento radial del micelio (mm); R1= crecimiento micelial del patógeno (testigo); R2= crecimiento micelial del patógeno en confrontación con el antagonista.

El experimento se realizó bajo un diseño completamente al azar con tres repeticiones por patógeno en siembra dual con once especies de *Trichoderma*.

Porcentaje de área de crecimiento (PAC)

El porcentaje del área de crecimiento del patógeno por efecto del antagonista en la siembra dual se estimó mediante la aplicación tecnológica AutoCAD®, de uso en ingeniería y arquitectura (Khoroshko, 2020). Este software permite estimar áreas, utilizando comandos dinámicos, lo cual es útil con formas circulares o irregulares, como en el caso del crecimiento fúngico.

Grado de antagonismo (GA)

El grado de antagonismo de *Trichoderma* se determinó mediante la escala de Bell *et al.* (1982), la cual describe la capacidad de colonización del antagonista en la superficie del medio de cultivo en siembra dual con el patógeno, bajo cinco niveles, que miden la supremacía del antagonista hasta su ausencia.

Actividad de micoparasitismo

Se emplearon preparaciones semi permanentes teñidas con azul de lactofenol (Corrales *et al.*, 2020) a partir de cultivos duales de 10 días de edad. Estas muestras se observaron al microscopio óptico con aumentos de 40X y 100X. Se examinaron 10 campos de cada muestra para determinar la presencia de micoparasitismo, siguiendo la metodología descrita por Andrade-Hoyos *et al.* (2019), con modificaciones. Se consideró la presencia de micoparasitismo cuando se observó el enrollamiento de hifas por parte del antagonista y la deformación o fragmentación del micelio del patógeno.

Análisis estadístico

Los resultados de PICR y PAC se transformaron mediante la función arcoseno, seguidos de un análisis de varianza (Anova) y una comparación múltiple de medias con la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$), bajo un diseño completamente al azar con tres repeticiones. El análisis estadístico se realizó utilizando el programa InfoStat, versión 2020.



Resultados y discusión

Porcentaje de inhibición del crecimiento radial (PICR)

El porcentaje de inhibición del crecimiento radial (PICR) evaluado en siembra dual con las once especies autóctonas de *Trichoderma* y los fitopatógenos *Botrytis cinerea*, *Fusarium oxysporum*, *Rhizoctonia solani* y *Sclerotinia sclerotiorum* mostraron inhibición del crecimiento micelial con diferencias significativas ($p \leq 0.05$) respecto al testigo, (Cuadro 1).

Cuadro 1. Porcentaje de inhibición del crecimiento micelial radial (PICR) de *Trichoderma* spp. contra fitopatógenos en crecimiento dual.

Especie	<i>Botrytis cinerea</i>	<i>Fusarium oxysporum</i>	<i>Rhizoctonia solani</i>	<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>
<i>T. atroviride</i> Th1	63.25A	60.62A	56.07A	48.95A
<i>T. atroviride</i> Th2	64.98A	58.06AB	54.2A	49.35A
<i>T. atroviride</i> Th3	64.66A	58.73AB	57.51A	48.96A
<i>T. viridarium</i> Th4	49.37C	50.94CD	40.61B	41.66BC
<i>T. viride</i> Th5	48.67AB	48.21D	41.77B	37.32C
<i>T. hamatum</i> Th6	58.22AB	56.2ABC	52.47A	51.45A
<i>T. atroviride</i> Th7	58.45AB	59.3AB	55.23A	46.13AB
<i>T. atroviride</i> Th8	61.91AB	53.5BCD	55.41A	49.01A
<i>T. scalesiae</i> Th9	65.02A	58.39AB	55.88A	49.96A
<i>T. atroviride</i> Th10	63.08AB	57.89AB	54.56A	51.19A
<i>T. asperellum</i> Th11	54.95BC	52.91BCD	55.7A	47.53A

Medias con letras diferentes en la misma columna son estadísticamente diferentes.

Los aislamientos que mostraron mayor actividad inhibitoria contra los patógenos fueron: *T. atroviride* Th3 (57.46%), *T. scalesiae* Th9 (57.31%) y *T. atroviride* Th1 (57.22%). En cuanto a los patógenos más afectados en su desarrollo micelial por efecto del antagonista fueron *B. cinerea* (59.32%), *F. oxysporum* (55.88%) y *R. solani* (52.67%), mientras que el menor nivel de control se observó en *S. sclerotiorum* (47.41%).

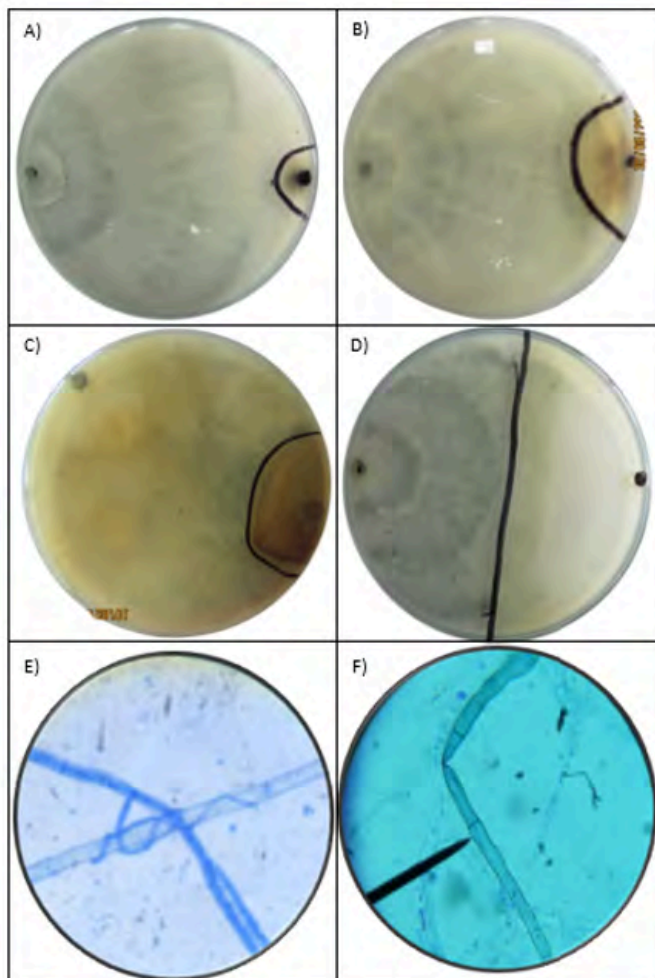
De acuerdo con Matas-Baca *et al.* (2023), el uso de especies autóctonas con actividad antagonista natural resulta altamente eficiente en el control de diversos fitopatógenos y su uso es reconocido en planes de agricultura sostenible (Companioni *et al.*, 2019; Cortés-Hernández *et al.*, 2023). Las especies de *Trichoderma* consideradas en este estudio presentaron actividad de biocontrol contra fitopatógenos del suelo, al igual y como lo señalan Yao *et al.* (2023), con *T. viride* y *T. harzianum* en la limitación del crecimiento de 29 especies de hongos fitopatógenos, entre los que destacan *Botrytis cinerea*, *Fusarium oxysporum*, *Rhizoctonia solani* y *Sclerotinia sclerotiorum*.

Los aislamientos de *Trichoderma* en la inhibición de los patógenos, varía dependiendo de la cepa autóctona y de la especie de fitopatógeno empleado. En este estudio, la respuesta del PICR de *T. atroviride* Th3 sobre el patógeno *Rhizoctonia solani* fue de 57.51%, superando lo reportado por Pérez *et al.* (2020) para esta misma especie. De igual forma, Geng *et al.* (2022) destacan una inhibición significativa del 68% y un rápido desarrollo de *T. harzianum* sobre *B. cinerea* en cultivo dual *in vitro*, porcentaje comparable con los aislamientos autóctonos *T. scalesiae* Th9 (65.02%) y *T. atroviride* Th2 (64.98%), (Figura 1).



Figura 1. Vista de la confrontación de patógenos con *Trichoderma* y tipos de micoparasitismo.

A) *B. cinerea* en confrontación con *T. scalesiae*; B) *F. oxysporum* en confrontación con *T. atroviride*; C) *R. solani* en confrontación con *T. asperellum*; D) *S. sclerotiorum* en confrontación con *T. scalesiae*. E) enrollamiento de *Trichoderma atroviride* sobre *Rhizoctonia solani*; F) *Trichoderma atroviride* invade el micelio de *Rhizoctonia solani*.



Por otro lado, Silva *et al.* (2022) reportan un 12.2% de inhibición del crecimiento de *S. sclerotiorum* al emplear *T. lentiforme*, en contraste *T. hamatum* Th6 y *T. atroviride* Th10, cuadruplicaron dicho porcentaje, alcanzando valores de PICR de 51.45% y 51.19%, respectivamente. En cuanto a *F. oxysporum*, Sallam *et al.* (2019) informan alto PICR utilizando *T. atroviride* como antagonista, resultado que concuerda con los hallazgos de este estudio. El análisis de varianza indicó un efecto significativo de los tratamientos con diferentes especies autóctonas de *Trichoderma* sobre el PICR de los distintos patógenos, con un coeficiente de determinación $R^2 = 0.98$. Asimismo, la prueba de comparaciones múltiples de Tukey ($p \neq 0.05$) identificó diferencias significativas entre los aislamientos, agrupándolos en distintos niveles de efectividad antifúngica.

Porcentaje de área de crecimiento (PAC)

El porcentaje de área de crecimiento (PAC) de los hongos fitopatógenos y su respectivo antagonista utilizando el software AutoCAD®, permitió medir el área (cm^2) de la colonia de forma más eficiente, que con métodos manuales (Khoroshko, 2020). El patógeno con menor PAC fue *Rhizoctonia solani*

(9.54%) y el mayor por *Fusarium oxysporum* (16.95%), mostrando diferencias significativas entre los aislamientos (Tukey ($p \leq 0.05$)) como se describe en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Porcentaje de área de crecimiento (PAC) de los patógenos en crecimiento dual con *Trichoderma* spp.

Especie	<i>Botrytis cinerea</i>	<i>Fusarium oxysporum</i>	<i>Rhizoctonia solani</i>	<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>
<i>T. atroviride</i> Th1	11.26ABC	18.09B	8.22C	11.26ABC
<i>T. atroviride</i> Th2	11.07ABC	20.74A	54.2A	49.35A
<i>T. atroviride</i> Th3	12.04AB	19.65AB	7.55C	12.04AB
<i>T. viridarium</i> Th4	13.61A	8.58D	14.04A	13.61A
<i>T. viride</i> Th5	9.41C	11.06C	13.95A	9.41C
<i>T. hamatum</i> Th6	11.94BC	20.28AB	9.12C	10.13BC
<i>T. atroviride</i> Th7	11.94ABC	19.83AB	8.02C	11.94ABC
<i>T. atroviride</i> Th8	10.67BC	19.75AB	8.13A	10.67ABC
<i>T. scalesiae</i> Th9	10.83BC	20.09AB	8C	10.83BC
<i>T. atroviride</i> Th10	9.97C	19.54AB	8.2C	9.97C
<i>T. asperellum</i> Th11	12.02AB	8.84CD	11.72B	12.02AB

Medias con letras diferentes en la misma columna son estadísticamente diferentes.

La necesidad de estimar el porcentaje de área de crecimiento de los hongos en estudios de inhibición lo confirma Camacho-Luna *et al.* (2021), quienes evaluaron la acción de *Trichoderma* sp., sobre el porcentaje de área de crecimiento de *Fusarium oxysporum* y *F. proliferatum*, alcanzando valores de 20.4% y 33.3%. En contraste, los resultados obtenidos en este estudio mostraron PAC que oscilaron entre 10.9% y 12.9%. Estos resultados resaltan el empleo de herramientas computacionales en la estimación de áreas en fenómenos biológicos, permitiendo obtener datos precisos y cuantificables.

Grado de antagonismo (GA)

Los atributos que se reconocen a *Trichoderma* en el éxito de antagonista incluyen su capacidad para competir por espacio y nutrientes, rápido desarrollo y habilidad de micoparásito (Martínez-Martínez, 2020). En general, los resultados mostraron que las especies autóctonas de *Trichoderma* alcanzaron el grado 2, sobre los patógenos evaluados, lo cual representa la colonización de dos tercios del medio de cultivo, limitando el crecimiento de los fitopatógenos. Este comportamiento fue particularmente evidente frente a *Botrytis cinerea* y *Fusarium oxysporum*.

En contraste, las cepas *Trichoderma viridarium* TH4 y *Trichoderma viride* TH5 manifestaron baja actividad antagonista contra *Rhizoctonia solani*, al presentar un grado 3, que indicó competencia entre ambos organismos; mientras que para *Sclerotinia sclerotiorum* se observó grado 3 y 4 respectivamente, reflejando una limitada efectividad del antagonista. No obstante, Rodríguez y Flores (2018) reportaron valores de 1 a 3 empleando *T. harzianum* frente a *Rhizoctonia solani*.

Micoparasitismo

El género *Trichoderma* se ha reconocido con actividad de micoparasitismo, definido como la capacidad de actuar sobre la pared celular del huésped (Matas-Baca *et al.*, 2023). En este estudio fue posible documentar el tipo de micoparasitismo efectuado por cepas autóctonas de *Trichoderma* sobre el patógeno *Rhizoctonia solani*, debido a que presenta un micelio grueso y de coloración oscura que contrastó con el antagonista. Las especies de *Trichoderma* que mostraron micelio enrollado sobre el patógeno fueron *Trichoderma atroviride* Th2 y *Trichoderma viride* Th5; aquellas con micelio invadiendo internamente al patógeno fueron *T. atroviride* Th3, *Trichoderma scalesiae* Th9 y *Trichoderma asperellum* Th11; mientras que las cepas que fragmentaron el micelio del patógeno fueron *T. atroviride* Th7 y *T. atroviride* Th10 (Figura 1).

Se ha documentado que, tras la penetración exitosa, *Trichoderma* es capaz de degradar la pared celular de su huésped mediante la producción de enzimas sobre distintas especies de patógenos, incluso puede localizarse en el lumen del hongo, una vez que ha penetrado en su interior (Sood *et al.*, 2020). Por su parte, Tyskiewicz *et al.* (2022) reconocen la acción de *Trichoderma* spp. mediante la degradación de la pared celular de los hongos. En este sentido Fernández (2022) relata la iniciación parasitaria con la activación de genes de reconocimiento, seguido del enrollamiento y finalmente la desintegración de las hifas.

Conclusiones

Se confirma el potencial de las especies autóctonas de *Trichoderma* spp., como agentes de biocontrol contra los fitopatógenos *Botrytis cinerea*, *Fusarium oxysporum*, *Rhizoctonia solani* y *Sclerotinia sclerotiorum*, dadas sus características de PICR, PAC, GA y micoparasitismo, destacando los aislamientos *Trichoderma atroviride* Th3 y *Trichoderma asperellum* Th11. La actividad micoparasítica de *Trichoderma* fue sobresaliente con *Rhizoctonia solani*, incluyendo el enrollamiento del micelio, la penetración en el patógeno y la degradación de su pared celular.

Finalmente, este estudio aportó al conocimiento sobre el uso de *Trichoderma* spp., autóctonas en el control de patógenos en cultivos *in vitro*, brindando información valiosa para sus futuras aplicaciones en programas de manejo de enfermedades.

Agradecimientos

La investigación recibió apoyo del Fondo Comecyt, Edomex-Ficdtem-2022-01: financiamiento para investigación de mujeres científicas. Proyecto: FICDTEM-2023-115.

Bibliografía

- 1 Allende-Molar, R.; Báez-Parra, K.; Salazar-Villa, E. and Rojo-Báez, I. 2022. Biodiversity of *Trichoderma* spp. in Mexico and its potential use in agriculture. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 25(3):e4297. <https://doi.org/10.56369/tsaes.4297>.
- 2 Amerio, N. S.; Castrillo, M. L.; Bich, G. A.; Zapata, P. D. y Villalba, L. L. 2020. *Trichoderma* en la Argentina: estado del arte. *Ecología Austral*. 30(1):113-124. <https://doi.org/10.25260/EA.20.30.1.0.945>.
- 3 Andrade-Hoyos, P.; Luna-Cruz, A.; Osorio-Hernández, E.; Molina-Gayosso, E.; Landeros-Valenzuela, N. y Barrales-Cureño, H. J. 2019. Antagonismo de *Trichoderma* spp. vs hongos asociados a la marchitez de chile. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 10(6):1259-1272. <https://doi.org/10.29312/remexca.v10i6.1326>.
- 4 Andrade-Hoyos, P.; Rivera-Jiménez, M. N.; Landeros-Valenzuela, N.; Silva-Rojas, H. V.; Martínez-Salgado, S. J. y Romero-Arenas, O. 2023. Beneficios ecológicos y biológicos del hongo cosmopolita *Trichoderma* spp. en la agricultura: una perspectiva en el campo mexicano. *Revista Argentina de Microbiología*. 55(4):366-377. <https://doi.org/10.1016/j.ram.2023.06.005>.
- 5 Bell, D. K.; Wells, H. D. and Markham, C. R. 1982. *In vitro* antagonism of *Trichoderma* species against six fungal plant pathogens. *Phytopathology*. 72(4):379-382.
- 6 Camacho-Luna, V.; Flores-Moctezuma, H. E.; Rodríguez-Monroy, M.; Montes-Belmont, R. y Sepúlveda-Jiménez, G. 2021. Inducción de la respuesta de defensa de plantas de cebolla en la interacción con *Trichoderma asperellum* y *Alternaria porri*. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 12(4):685-698.
- 7 Companioni, G. B.; Domínguez, A. G. y García, V. R. 2019. *Trichoderma*: su potencial en el desarrollo sostenible de la agricultura. *Biotecnología Vegetal*. 19(4):237-248.

- 8 Corrales, R. L. C. y Caycedo, L. L. 2020. Principios fisicoquímicos de los colorantes en microbiología. *Nova*. 18(33):73-100. <https://doi.org/10.22490/24629448.3701>.
- 9 Cortés-Hernández, F. C.; Alvarado-Castillo, G. y Sánchez-Viveros, G. 2023. *Trichoderma* spp., una alternativa para la agricultura sostenible: una revisión. *Revista Colombiana de Biotecnología*. 25(2):73-87. <https://doi.org/10.15446/rev.colomb.biote.v25n2.111384>.
- 10 Dennis, C. and Webster, J. 1971. Antagonistic properties of species-groups of *Trichoderma*. I. Production of non-volatile antibiotics. *Transactions of the British Mycological Society*. 57(1):25-39. [https://doi.org/10.1016/s00071536\(71\)80077-3](https://doi.org/10.1016/s00071536(71)80077-3).
- 11 Di Rienzo, J. A.; Casanoves, F.; Balzarini, M. G.; González, L.; Tablada, M. y Robledo, C. W. 2020. InfoStat versión 2020. Universidad Nacional de Córdoba. (Software). <http://www.infostat.com.ar>.
- 12 Ezziyiani, M.; Pérez-Sánchez, C.; Requena, M. E.; Rubio, L. y Candela, M. E. 2004. Biocontrol por *Streptomyces rochei-ziyani*, de la podredumbre del pimiento (*Capsicum annuum* L.) causada por *Phytophthora capsici*. *Anales de Biología*. 26:69-78. <https://revistas.um.es/analesbio/article/view/30471>.
- 13 Fernández, M. B.; Almenares, C. M.; Aguado, M. E.; Díaz, O. A. y Hernández-Rodríguez, A. 2022. Actividad micoparasítica en la interacción *Trichoderma* spp. - *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceris*. *Revista Cubana de Ciencia Biológicas*. 10(2):1-7.
- 14 Geng, L.; Fu, Y.; Peng, X.; Yang, Z.; Zhang, M.; Song, Z.; Guo, N.; Chen, S.; Chen, J.; Bai, B.; Liu, A. and Ahammed, G. J. 2022. Biocontrol potential of *Trichoderma harzianum* against *Botrytis cinerea* in tomato plants. *Biological Control*. 174:105019. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2022.105019>.
- 15 Gutiérrez-Ramírez, A.; Robles-Bermúdez, A.; Santillán-Ortega, C.; Ortiz-Catón, M. y Cambero-Campos, O. J. 2013. Control biológico como herramienta sustentable en el manejo de plagas y su uso en el estado de Nayarit, México. *Revista Bio Ciencias*. 2(3):102-112.
- 16 Hernández-Melchor, D. J.; Ferrera-Cerrato, R. y Alarcón, A. 2019. *Trichoderma*: Importancia agrícola, biotecnología y sistemas de fermentación para producir biomasa y enzimas de interés industrial. *Chilean Journal of Agricultural & Animal Sciences*. 35(1):98-112. <https://doi.org/10.4067/S0719-38902019005000205>.
- 17 Khroshko, A. 2020. The research of possibilities and application of the AutoCAD software package for creating electronic versions of textbooks for 'engineering and computer graphics' course. *TEM Journal*. 9(3):1141-1149. <https://doi.org/10.18421/TEM93-40>.
- 18 Martínez-Canto, O. J.; Cristóbal-Alejo, J.; Tun-Suárez, J. M. y Reyes-Ramírez, A. 2021. Detección de genes *Epl1* y *Sm1* en *Trichoderma* spp. antagonistas contra hongos fitopatógenos. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*. 8(2):e2791.
- 19 Martínez-Martínez, T. O.; Guerrero-Aguilar, B. Z.; Pecina-Quintero, V.; Rivas-Valencia, P.; González-Pérez, E. y Ángeles-Núñez, J. G. 2020. Antagonismo de *Trichoderma harzianum* contra la fusariosis del garbanzo y su efecto biofertilizante. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 11(5):1135-1147.
- 20 Matas-Baca, M. A.; Flores-Córdova, M. A.; Pérez-Álvarez, S.; Rodríguez-Roque, M. J.; Salas-Salazar, N. A.; Soto-Caballero, M. C. and Sánchez-Chávez, E. 2023. *Trichoderma* fungi as an agricultural biological control in México. *Revista Chapingo. Serie Horticultura*. 29(3):79-114. <https://doi.org/10.5154/r.rchsh.2022.11.015>.
- 21 Montes-Vergara, D.; Barboza-García, A. and Pérez-Cordero, A. 2022. Antifungal and growth activity of strains of *Trichoderma* spp. against the avocado tristeza disease, *Phytophthora cinnamomi*. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*. 32:115. <https://doi.org/10.1186/s41938-022-00613-8>.

- 22 Pérez, A. A.; Pérez, M. A.; Martínez-Coca, B.; Rollhaiser, I. N. and Blengini, M. C. 2020. Selection of *Trichoderma* spp. isolates *in vitro* as potential biofungicides for the control of *Rhizoctonia solani* Kühn on potato. *Agroscientia*. 37(2):21-33.
- 23 Rodríguez, I. C. and Flores, J. 2018. Capacidad antagónica *in vitro* de *Trichoderma* spp. frente a *Rhizoctonia solani* Kuhn y *Fusarium verticillioides* Neirenberg. *Bioagro*, 30(1):49-58.
- 24 Sallam, N. M. A.; Eraky, A. M. I. and Sallam, A. 2019. Effect of *Trichoderma* spp. on Fusarium wilt disease of tomato. *Molecular Biology Reports*. 46(4):4463-4470. <https://doi.org/10.1007/s11033-019-04901-9>.
- 25 Savary, S.; Willocquet, L.; Pethybridge, S. J.; Esker, P.; McRoberts, N. and Nelson, A. 2019. The global burden of pathogens and pests on major food crops. *Nature Ecology & Evolution*. 3(3):430-439. <https://doi.org/10.1038/s41559-018-0793-y>.
- 26 Silva, L. G.; Camargo, R. C.; Mascarín, G. M.; Oliveira-Nunes, P. S. O.; Dunlap, C. and Bettiol, W. 2022. Dual functionality of *Trichoderma*: biocontrol of *Sclerotinia sclerotiorum* and biostimulant of cotton plants. *Frontiers in Plant Science*. 13:983127. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.983127>.
- 27 Skendžić, S.; Zovko, M.; Živković, I. P.; Lešić, V. and Lemić, D. 2021. The impact of climate change on agricultural insect pests. *Insects*. 12(5):440. <https://doi.org/10.3390/insects12050440>.
- 28 Sood, M.; Kapoor, D.; Kumar, V.; Sheteiwy, M. S.; Ramakrishnan, M.; Landi, M.; Araniti, F. and Sharma, A. 2020. *Trichoderma*: the 'secrets' of a multitasking biocontrol agent. *Plants*. 9(6):762. <https://doi.org/10.3390/plants9060762>.
- 29 Tyśkiewicz, R.; Nowak, A.; Ozimek, E. and Jaroszuk-Ścisiel, J. 2022. *Trichoderma*: the current status of its application in agriculture for the biocontrol of fungal phytopathogens and stimulation of plant growth. *International Journal of Molecular Sciences*. 23(4):2329. <https://doi.org/10.3390/ijms23042329>.
- 30 Viera-Arroyo, W. F.; Tello-Torres, C. M.; Martínez-Salinas, A. A.; Navia-Santillán, D. F.; Medina-Rivera, L. A.; Delgado-Párraga, A. G.; Perdomo-Quispe, C. E.; Pincay-Verdezoto, A. K.; Báez-Cevallos, F. J.; Vásquez-Castillo, W. A. y Jackson, T. 2020. Control biológico: una herramienta para una agricultura sustentable, un punto de vista de sus beneficios en Ecuador. *Journal of the Selva Andina Biosphere*. 8(2):128-149. <https://doi.org/10.36610/j.jsab.2020.080200128>.
- 31 Vinchira-Villarraga, D. M. y Moreno-Sarmiento, N. 2019. Control biológico: camino a la agricultura moderna. *Revista Colombiana de Biotecnología*. 21(1):2-5. <https://doi.org/10.15446/rev.colomb.biote.v21n1.80860>.



Actividad antifúngica de aislamientos autóctonos de *Trichoderma* spp. contra fitopatógenos

Journal Information
Journal ID (publisher-id): remexca
Title: Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas
Abbreviated Title: Rev. Mex. Cienc. Agríc
ISSN (print): 2007-0934
ISSN (electronic): 2007-9934
Publisher: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias

Article/Issue Information
Date received: 01 December 2025
Date accepted: 01 February 2026
Publication date: 01 January 2026
Publication date: Jan-Feb 2026
Volume: 17
Issue: 1
Electronic Location Identifier: e3987
DOI: 10.29312/remexca.v17i1.3987

Categories

Subject: Artículos

Palabras clave:

Palabras clave:

antagonismo
área de crecimiento
inhibición
micoparasitismo
patógenos
Trichoderma

Counts

Figures: 1
Tables: 2
Equations: 0
References: 31