

Efecto de cepas nativas de *Trichoderma spp.* sobre *Sclerotium sp.* y *Fusarium sp.* evaluadas *in vitro*

In vitro effect of native *Trichoderma spp.* strains on *Sclerotium sp.* and *Fusarium sp.*

Noel Antonio Herrera Rodríguez¹ , Markelyn José Rodríguez Zamora² ,
Jorge Ulises Blandon Díaz³ , Juan Carlos Morán Centeno³ 

Siembra 13 (1) (2026): e7975

DOI: [10.29166/siembra.v13i1.7975](https://doi.org/10.29166/siembra.v13i1.7975)

Recibido: 05/03/2025

Revisado: 19/07/2025 / 26/01/2026

Aceptado: 02/02/2026



Resumen

La búsqueda de alternativas de control biológico sobre organismos plaga es cada vez más constante. El objetivo de este estudio fue determinar la eficiencia de control biológico de seis cepas nativas de *Trichoderma spp.* aisladas de diferentes ecosistemas contra *Sclerotium sp.* y *Fusarium sp.* Se aislaron cepas de *Trichoderma spp.* provenientes de *Persea americana*, *Coffea arabica*, *Passiflora edulis*, *Mangifera indica*, *Saccharum officinarum*, *Citrus spp.* y dos patógenos *Sclerotium sp.* y *Fusarium sp.* extraídos de *Solanum lycopersicum*; fueron colocados en medios PDA, incubados a 27 °C. Los hongos se identificaron empleando claves taxonómicas. Se empleó un diseño completamente al azar con seis tratamientos y cinco repeticiones. Se cuantificó el crecimiento radial, antagonismo y antibiosis de *Trichoderma sp.* sobre los patógenos; se empleó análisis de varianza y separación de medias de Tukey (0.05). Se encontró que la cepa nativa de *Trichoderma spp.* (TCHN-22) mostró el mayor crecimiento radial, no obstante, las cepas TIAN-21, TBLN-21 y TCRN-20, inhibieron el crecimiento de *Sclerotium sp.*; en cambio, las cepas TCHN-22 y TCPN-22 controlaron mejor a *Fusarium sp.* En el grado de antagonismo sobresale la cepa TIAN-21 y TCSN-22; al analizar la antibiosis destacan las cepas TCPN-22 y TBLN-21, lo cual indica que las cepas nativas representan una alternativa para ser empleadas en el control biológico de ambos patógenos.

Palabras clave: aislados nativos, antagonismo, antibiosis, crecimiento radial, control biológico.

Abstract

The search for biological control alternatives against plant pathogens has increased in recent years. This study aimed to determine the biological control efficiency of six native strains of *Trichoderma spp.* isolated from different ecosystems, against *Sclerotium sp.* and *Fusarium sp.* Strains of *Trichoderma spp.* were isolated from *Persea americana*, *Coffea arabica*, *Passiflora edulis*, *Mangifera indica*, *Saccharum officinarum*, *Citrus spp.*, while two pathogens *Sclerotium sp.* and *Fusarium sp.*, were extracted from *Solanum lycopersicum*. The isolates were cultured on PDA medium and incubated at 27 °C. Fungal identification was performed using taxonomic keys. The experiment followed a completely randomized design with six treatments and five replications, where the radial growth, antagonism and antibiosis of *Trichoderma spp.* on pathogens were quantified. Data were analyzed using analysis of variance and Tukey's mean separation test ($p < 0.05$). The results showed that the native *Trichoderma spp.* strain (TCHN-22) exhibited the highest radial growth. However, strains TIAN-21, TBLN-21 and TCRN-20 were found to inhibit the growth of *Sclerotium sp.*, while strains TCHN-22 and TCPN-22 exhibited enhanced

¹ Universidad Nacional Agraria. Estudiante de Doctorado de Sanidad Vegetal. Km 12.5 carretera Panamericana Norte. Managua, Nicaragua.

² Universidad Nacional Agraria. Grupo de investigación Ecología y Manejo de Nematodos. Dirección de Ciencias Agrícolas. Km 12.5 carretera Panamericana Norte. Managua, Nicaragua.

³ Universidad Nacional Agraria. Dirección de Ciencias Agrícolas. Km 12.5 carretera panamericana Norte. Managua, Nicaragua.

Correspondencia: nherrera0891@gmail.com

SIEMBRA

<https://revistadigital.uce.edu.ec/index.php/SIEMBRA>

ISSN-e: 2477-8850

Periodicidad: semestral

vol. 13, núm 1, 2026

siembra.fag@uce.edu.ec



© Los Autores 2026

Esta obra está bajo una licencia internacional Creative Commons Atribución - NoComercial

control of *Fusarium* sp. Regarding antagonistic activity, strains TIAN-21 and TCSN-22 showed higher levels, whereas the strains TCPN-22 and TBLN-21 stood out in terms of antibiosis. These findings suggest that native strains represent a viable alternative for biological control of both pathogens.

Keywords: antagonism, antibiosis, biological control, native isolates, radial growth.

1. Introducción

En la agricultura actual, la producción de alimentos y la seguridad ambiental están en peligro por la aparición de microorganismos fitopatógenos que provocan la presencia de enfermedades vegetales (Zin y Badaluddin, 2020), siendo la producción de hortalizas como *Solanum lycopersicum*, una de las más afectadas por diferentes hongos. Un ejemplo de estos hongos es *Fusarium oxysporum*, el cual puede causar pérdidas del 60% de la producción en el cultivo de tomate (Martínez et al., 2019).

La infestación en suelo está determinada por condiciones edafoclimáticas específicas y manipulación de material vegetal contaminado o herramientas. El fitopatógeno puede durar varios años en el suelo y terminar inoculando las raíces del cultivo con daños significativos (Sanoubar y Barbanti, 2017). Según Duarte Leal et al. (2020), otro hongo causante de la enfermedad del Mal del talluelo en tomate es *Sclerotium rolfii*, presentando unas estructuras de resistencia y fuente de inóculo llamadas esclerocios, las cuales pueden resistir cambios de temperaturas, agua o fungicidas y, en condiciones de estrés por luz, puede aumentar la biomasa de micelio y producción de esclerocios (Zazueta Torres et al., 2021).

Estudios efectuados por Mahato (2017) y Adhikari et al. (2022), mencionan que diversos organismos patógenos que afectan el tejido foliar de las plantas cultivadas y raíces son parasitados por hongos del género *Trichoderma*, reduciendo las afectaciones, indicando que hongos de este género podrían emplearse como controladores biológicos. Además, contribuyen a mejorar la fertilidad del suelo, crecimiento y producción (Cai et al., 2015; Zhu et al., 2022).

Algunas especies de *Trichoderma* son usadas en la agricultura debido a su capacidad para parasitar diferentes hongos patógenos; entre estos tenemos *Botrytis* spp., *Fusarium* spp., *Pythium* spp., *Rhizoctonia* spp., *Verticillium* spp. y *Sclerotinia* spp (Ahluwalia et al., 2015). Estos efectos se atribuyen a que el hongo produce metabolitos que funcionan como biofungicidas y a su rápida dispersión que inhibe al organismo patógeno (El-Komy et al., 2015).

Dennis y Webster (1971a; 1971b), usaron varias cepas de *Trichoderma* spp. aisladas de madera, corteza, vegetación herbácea y suelo, con las cuales evaluaron el grado de antagonismo y antibiosis contra

fitopatógenos. Un estudio de Stefanova et al. (1999) confirma que se pueden usar biopreparados de *Trichoderma* spp., los cuales producen metabolitos capaces de combatir hongos en diferentes cultivos, donde algunos filtrados de *Trichoderma* spp. dieron presencia de enzimas líticas, carboximetilcelulosa, quitinasa y b 1,3 gluconasa. En este estudio se demuestra que los metabolitos evaluados causan a nivel celular vacuolación, granulación, coagulación, desintegración y lisis.

En Nicaragua, productores de hortalizas de diferentes departamentos se han visto afectados por fitopatógenos que causan daño en raíz y tallo; dos ejemplos son *Sclerotium* spp. y *Fusarium* spp., lo que puede causar pérdidas del 30 al 40% de las plantas y obliga a rotar los cultivos o detener la siembra en el suelo contaminado, alterando así la producción del rubro. El objetivo del presente trabajo fue determinar la eficiencia de control biológico de seis cepas nativas de *Trichoderma* spp., aisladas de diferentes ecosistemas contra *Sclerotium* sp. y *Fusarium* sp.

2. Materiales y Métodos

2.1. Localización

El estudio se realizó en Managua, Nicaragua; los experimentos se desarrollaron en el laboratorio de Microbiología de la Universidad Nacional Agraria [UNA], ubicada en el km 12 ½ de la carretera norte, en las coordenadas 12° 08' 51.05" N y 86° 09' 50.69" O, en el período de febrero y noviembre del 2023.

2.2. Obtención y preservación de los microorganismos antagonistas

Se aislaron seis cepas del hongo benéfico *Trichoderma* spp. de diferentes fincas y cultivos (Tabla 1). Fueron aislados de corteza de rama en descomposición, hoja de caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.), suelos con presencia de Maracuyá (*Passiflora edulis*), raíces sanas en plantas de aguacate (*Persea americana*) y del cultivo cafeto (*Coffea arabica* L.).

Los aislamientos de raíces de aguacate y cafeto fueron tratados con agua corriente, se sumergieron en hipoclorito de sodio al 1% durante 30 segundos, se decantó dos veces con agua destilada estéril, se cubrieron con toallas de papel esterilizadas. Posterior-

mente, las raíces se fragmentaron con dimensiones de un centímetro y se colocaron horizontalmente en una placa de Petri con medio papa dextrosa agar [PDA] (Andrade-Hoyos et al., 2020).

Los hongos antagonistas del suelo se aislaron utilizando el método de placas de suspensión, (1 ml) de varias diluciones (10^{-1} , 10^{-2} y 10^{-3}) y se colocaron en placas Petri, las cuales se mantuvieron en la oscuridad a 27 °C durante cinco días para su desarrollo. Se realizaron cinco réplicas por cada muestra (Tang et al., 2022). Los *Trichoderma* spp. presentes en corteza y hoja se aislaron de forma directa, con un asa estéril, inoculando micelio y conidios al medio de cultivo. Todos los aislamientos de las cepas de los hongos antagonistas fueron conservados a temperatura de 27 °C en tubos de ensayos de cristal que contenían silica gel.

2.3. Obtención de los microorganismos patógenos

Las cepas de *Sclerotium* sp. y *Fusarium* sp. se aislaron de la base del tallo de una planta de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) que se colocó en el medio de cultivo que contenía PDA. Cinco días después se realizó la purificación. El tallo fue lavado con agua potable, posterior se cortaron pequeñas porciones de tejido (4 x 4 mm) y fueron inmersas en una solución de NaClO 1% durante un minuto, seguido se limpiaron con agua estéril, colocándose en placas de Petri con 20 ml del medio PDA sin antibiótico y se incubó a 27 °C durante cinco días. Los aislados fueron purificados y preservados a temperatura de 4 °C (Aguilar-Ancota et al., 2021).

2.4. Identificación de género para los hongos

Con un pincho estéril se tomó muestras de cada hongo purificado y se colocó en un portaobjeto donde se hizo observaciones en el microscopio (Olympus BX41), empleando una tinción con Lactophenol a 60 X para identificar el género de cada hongo, caracterizando macroscópicamente las colonias del hongo: color del micelio, crecimiento radial, presencia/ausencia de anillos concéntricos, esporulación, pigmentación y presencia/ausencia de olor, a su vez consultando las claves taxonómicas para el género *Trichoderma* de Barnett y Hunter (del Carmen H. Rodríguez et al., 2021; Guedez et al., 2012).

2.5. Crecimiento radial de *Trichoderma* spp. y fitopatógenos

Se purificaron las muestras de hongos en medio de cultivo PDA con ácido láctico, incubando a temperatura de 27 ± 1 °C. Posteriormente a los cuatro días de la inoculación, se cuantificó el crecimiento para los géneros de *Trichoderma* spp., *Sclerotium* sp. y siete días para *Fusarium* sp. Los platos Petri se marcaron con una regla y un marcador permanente por el reverso. Se realizaron discos de hongo de 5mm y se colocaron en el centro del plato Petri; estos fueron sellados con papel parafilm para su incubación (Figura 1). Las mediciones se efectuaron cada 24 horas y se detuvo hasta que el hongo abarcara todo el medio de cultivo. El ritmo promedio del crecimiento se calculó dividiendo el crecimiento total por el tiempo (French y Herbert, 1982).

Tabla 1. Ubicación, colecta y aislamiento de hongos.

Table 1. Location, sampling and fungal isolation.

Código	Cepas	Cultivo	Fuente	Finca	Departamento	Coordenadas
TIAN-21		<i>Persea americana</i>	Raíz	Santa Isabel	Carazo	11°51'40.9"N 86°10'34.9"W
TCNN-20		<i>Coffea arabica</i>	Raíz	Chelol	Carazo	11°49'55.8"N 86°12'11.0"W
TBLN-21	<i>Trichoderma</i> spp.	<i>Passiflora edulis</i>	Suelo	El Balsamo	Masaya	12°06'29.1"N 86°00'55.4"W
TCPN-22		<i>Mangifera indica</i>	Corteza	Constancia	Managua	12°06'59.8"N 86°07'38.1"W
TCHN-22		<i>Saccharum officinarum</i>	Hoja	Constancia	Managua	12°06'59.8"N 86°07'38.1"W
TCSN-22		<i>Citrus</i> spp.	Suelo	Constancia	Managua	12°06'59.8"N 86°07'38.1"W
SGTN-23	<i>Sclerotium</i> sp.	<i>Solanum lycopersicum</i>	Tallo	Doña Gloria	Masaya	12°00'10.3"N 86°06'11.6"W
FMBM-23	<i>Fusarium</i> sp.	<i>Solanum lycopersicum</i>	Tallo	Ronyana	Nandaime	11°45'17.5"N 86°02'30.8"W

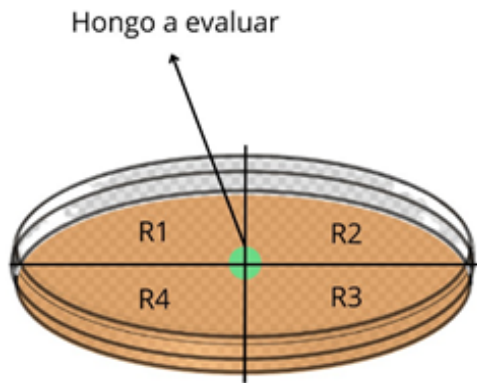


Figura 1. Diagrama de medición del crecimiento radial.
Figure 1. Diagram of radial growth measurement.

2.6. Prueba de antagonismo de *Trichoderma spp.*

Las pruebas de antagonismo se efectuaron por medio de cultivos dual. Se cortaron discos de 5 mm de micelio de cada hongo y aislado. Los discos se colocaron en los extremos de cajas de Petri, con 20 ml de PDA, a una distancia de 7,5 cm entre los dos hongos, antagonista-fitopatógeno (Figura 2). Todas las placas fueron selladas con parafilm e incubadas a $27 \pm 1^\circ\text{C}$ durante 3 a 10 días. El crecimiento de colonias fúngicas radiales se midió con una regla diariamente. Estas pruebas se realizaron por quintuplicado (Sánchez-Montesinos et al., 2021). Se calculó porcentaje de inhibición del crecimiento radial del micelio del patógeno, (ecuación [1]) con el crecimiento radial del patógeno en el plato control y el crecimiento radial del patógeno en presencia de *Trichoderma spp* (Matroudi y Motallebi, 2009).

$$PICR (\%) = \frac{C-T}{C} \times 100 \quad [1]$$

Donde, *PICR* es el porcentaje de inhibición del crecimiento radial del micelio del patógeno, *C* el crecimiento radial del patógeno en el plato control, y *T* el crecimiento radial del patógeno en presencia de *Tri-*

choderma spp.

Para evaluar el grado de antagonismo se usó una escala con una puntuación de clase de 1-5 (Tabla 2) para evaluar la capacidad de control de *Trichoderma spp.* Se consideró que una cepa es altamente antagonista cuando el valor promedio de una comparación determinada era igual o mayor a la clase dos, y si era menor o igual a la clase tres no era considerado altamente antagonista (Bell et al., 1980).

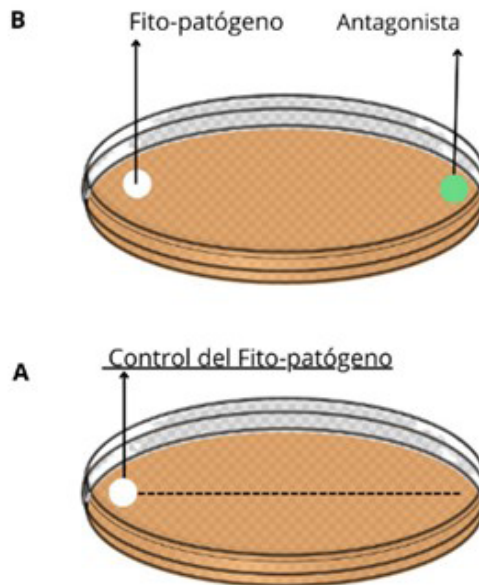


Figura 2. Diagrama de prueba de antagonismo.
Figure 2. Diagram of the antagonism assay setup.

2.7. Prueba de antibiosis

Se usaron seis cepas de *Trichoderma spp.* para evaluar la actividad de sus metabolitos contra *Sclerotium sp.* y *Fusarium sp.*, evaluando la capacidad antagonista in vitro al inhibir o retardar el crecimiento del micelio de *Fusarium sp.* y *Sclerotium sp.* En el ensayo se usó membrana de papel celofán estéril para cubrir el medio PDA en placas petri (Figura 3). Se realizaron cinco réplicas por cepa de *Trichoderma spp.* a las cua-

Tabla 2. Escala utilizada para medir el grado de antagonismo (control biológico) ejercido por las cepas de *Trichoderma spp.* sobre el patógeno *Fusarium sp.* y *Sclerotium sp.*

Table 2. Scale used to measure the degree of antagonism (biological control) of *Trichoderma spp.* strains against pathogens *Fusarium sp.* and *Sclerotium sp.*

Clases	Descripción
1	El antagonista crece completamente sobre la colonia del patógeno y cubre toda la superficie del medio de cultivo.
2	El antagonista cubre al menos las dos terceras partes de la superficie del medio de cultivo.
3	El antagonista y el patógeno cubren aproximadamente la mitad de la superficie del medio de cultivo.
4	El patógeno cubre al menos dos terceras partes del medio de cultivo limitando el crecimiento del antagonista.
5	El patógeno crece sobre la colonia del antagonista y cubre toda la superficie del medio de cultivo.

les se le hizo cortes de cinco mm en un cultivo puro con tres días de crecimiento.

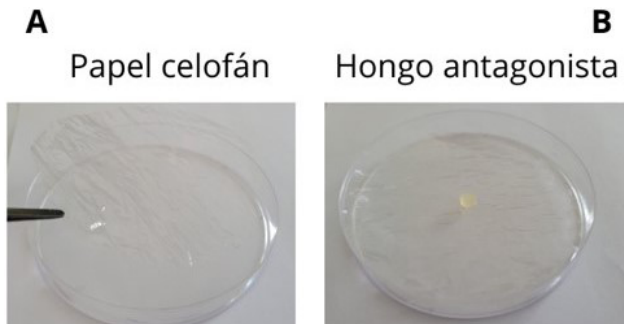


Figura 3. Prueba de antibiosis.
Figure 3. Antibiosis test.

Cada plato Petri fue marcado por el reverso para poder medir el crecimiento de los patógenos y cada uno fue rotulado asignándole un código. Los discos de *Trichoderma* spp. fueron colocados sobre el papel celofán en el centro del plato Petri y sellado con parafilm para poner a incubar por 48 horas a 27 °C en oscuridad, tiempo donde los metabolitos se difunden por el medio evitando que pasen las conidias o micelio del hongo. Los controles se realizaron de la misma manera, pero sin hacer crecer *Trichoderma* spp. sobre las membranas antes de la inoculación (Álvarez-García et al., 2020).

Después de 48 horas de incubación, se removieron las membranas de las placas sobre el medio de cultivo y se colocaron discos de micelio de 5 mm de diámetro de las cepas de *Sclerotium* sp. y *Fusarium* sp. al mismo tiempo, como control, los dos aislamientos del patógeno se sembraron en medio PDA. Los resultados se expresaron como porcentaje de inhibición del crecimiento [PIC] de las cepas de *Sclerotium* sp. y *Fusarium* sp (Cubilla-Ríos et al., 2019).

2.8. Análisis estadístico

Se utilizó un diseño experimental completamente al

azar con cinco repeticiones por tratamiento; los resultados se analizaron con el programa R (4.2.3). Primero se confirmaron los supuestos de normalidad y análisis de varianza [ANOVA], y la comparación entre las medias se estimó mediante la prueba de rangos de Tukey ($p = 0,05$). Se consideraron diferencias significativas con un 95%.

3. Resultados y Discusión

Se obtuvieron un total de seis cepas nativas (Figura 4) de *Trichoderma* spp. de diferentes sustratos, una cepa de *Sclerotium* sp. y una cepa de *Fusarium* sp. Aislamientos similares de *Trichoderma* fueron reportados por Andrade Hoyos et al. (2019), donde confirma la purificación de tres especies de *Trichoderma* spp. en medio PDA, estimulando la esporulación con luz blanca por dos días; esto puede estar determinado por la agresividad del género *Trichoderma* que crece en diferentes sustratos y esporula en condiciones de estrés.

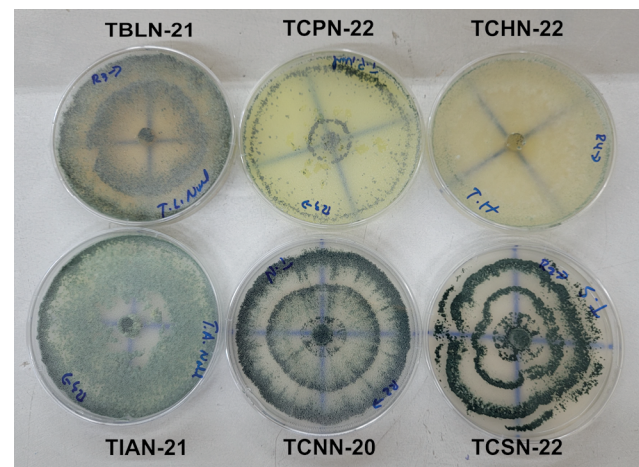


Figura 4. Cepas nativas aisladas de *Trichoderma* spp.
Figure 4. Native *Trichoderma* spp. strains isolated in this study.

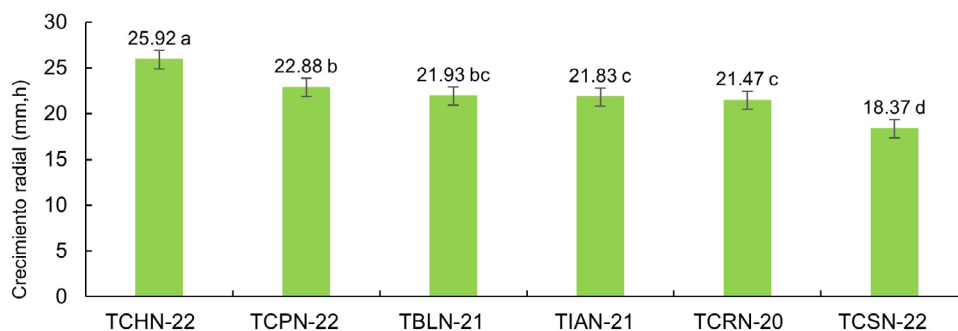


Figura 5. Crecimiento radial de seis cepas nativas de *Trichoderma* spp.
(Letras diferentes indican diferencias significativas para Tukey, $p = 0,05$).

Figure 5. Radial growth of six native *Trichoderma* spp. strains.
(Different letters indicate significant differences according to Tukey's Test, $p=0.05$).

3.1 Crecimiento radial para cepas de *Trichoderma spp.*

Se determinó que el mayor porcentaje de crecimiento radial lo presentaron las cepas TCHN-22 con 25,92 mm, seguido de TCPN-22 (22.88 mm hora⁻¹), lo cual indica una mayor velocidad de crecimiento por parte de estas cepas (Figura 5). Este mayor crecimiento por parte de estas dos cepas podría deberse a que fueron aisladas de material en descomposición. Resultados similares fueron publicados por Duarte-Leal et al. (2018) quienes mencionan que cepas pertenecientes a *Trichoderma* mostraron mayor crecimiento cuando se incuban a temperaturas mayores a 25 °C.

3.2 Prueba de antagonismo de *Trichoderma spp.*

Al comparar las cepas de *Trichoderma spp.* se determinó un efecto de inhibición del crecimiento de *Sclerotium sp.* a las 48 horas, siendo las cepas TIAN-21, TBLN-21 y TCRN-20, en donde se registraron mayores crecimientos, lo cual redujo el avance del patógeno en el medio de cultivo (Figura 6). La causa puede deberse a que las dos primeras cepas son endófitas de raíces y podrían presentar algún metabolito volátil que retarde el crecimiento contra *Sclerotium sp.* El porcentaje de inhibición de hongos del género *Trichoderma* sobre *Sclerotium rolfsii* y *Rhizoctonia* fueron reportados por Michel-Aceves et al. (2013) y Zapata-Narváez y Gómez-Marroquín (2022), quienes publicaron controles hasta del 94% de inhibición.

Al evaluar este efecto sobre *Fusarium sp.*, se encontró que las cepas TCHN-22 y TCPN-22 sobresalieron de las demás, llegando a reducir el 85 y 84% del crecimiento en el patógeno (Figura 7). No se puede descartar que estas cepas son las que mayor tasa de crecimiento presentaron, y *Fusarium sp.* presenta crecimiento lento. Estudios efectuados por Sánchez Miranda (2022) y Rodríguez-García y Wang-Wong (2020), mencionan que *Trichoderma spp.* llega a reducir el crecimiento radial de este patógeno hasta en un 87%. Asimismo, Martínez-Coca et al. (2018) publicaron que el hongo antagonista crece más rápido, llegando a cubrir completamente al hongo fitopatógeno en un periodo máximo de 96 horas.

Considerándose tanto el grado de antagonismo como la interacción de las cepas de *Trichoderma spp.* con *Sclerotium sp.*, la cepa TIAN-21 obtuvo un 81% de inhibición en el crecimiento del patógeno (Figura 8). Es posible que este resultado se deba a algún metabolito que presente la cepa. Las conidias alcanzaron a crecer sobre los esclerocios, sin embargo, Garrido y Vilela (2019), al evaluar la capacidad de antagonismo

de *Trichoderma*, determinaron que este no llega a tener un dominio sobre el patógeno, lo cual no contrasta con los resultados obtenidos en esta investigación. Por otro lado, la cepa TCSN-22 logró un mayor efecto de antagonismo sobre *Fusarium sp.*, superando a las demás cepas de *Trichoderma* (Figura 9). Este dato podría estar reflejado debido a que la cepa proviene de suelos donde se sembraban hortalizas de la familia Solanáceas. Un estudio efectuado por Miguel-Ferrer et al. (2021), menciona que las cepas antagonistas del hongo reducen o ralentizan el crecimiento del fitopatógeno, lo que disminuye el riesgo de afectación a la planta huésped.

3.3 Prueba de antibiosis

En la antibiosis evaluada, se determinó que TCPN-22 fue superior a las demás cepas para reducir el crecimiento tanto de *Sclerotium sp.* como de *Fusarium sp.* (Figura 10 y Figura 11). Los resultados de inhibición del crecimiento radial por medio de metabolitos podrían depender del tipo de cepa, especie que se use como biocontrolador y sustrato de donde se aisló el hongo. En un estudio efectuado por Lezcano Escobar et al. (2018), mencionan que *Trichoderma* secreta enzimas que hidrolizan la pared celular de los hongos tales como proteasas, quitinasas y glucanasas. Si bien los resultados son prometedores, es necesario considerar la biosíntesis de los metabolitos y las vías para evaluar los metabolitos producidos por las cepas bajo estudio (Khan et al., 2020). Otra alternativa son los metabolitos secundarios de *Trichoderma* por medio de fermentación líquida; estos reducen la capacidad reproductiva de *Fusarium* (Hernández et al., 2014).

4. Conclusiones

Se determinó que la cepa nativa de *Trichoderma spp.* TCHN-22 mostró el mayor crecimiento radial. Sin embargo, las cepas TIAN-21, TBLN-21 y TCRN-20 fueron más efectivas inhibiendo el crecimiento de *Sclerotium sp.*, mientras que las cepas TCHN-22 y TCPN-22 mostraron una mejor capacidad para controlar a *Fusarium sp.*

En cuanto al grado de antagonismo, sobresalió la cepa TIAN-21 y TCSN-22. Por otro lado, al analizar la antibiosis, se destacaron las cepas TCPN-22 y TBLN-21.

Estos resultados indican que las cepas nativas representan una alternativa para ser empleadas en el control biológico de ambos patógenos: *Sclerotium sp.* y *Fusarium sp.*

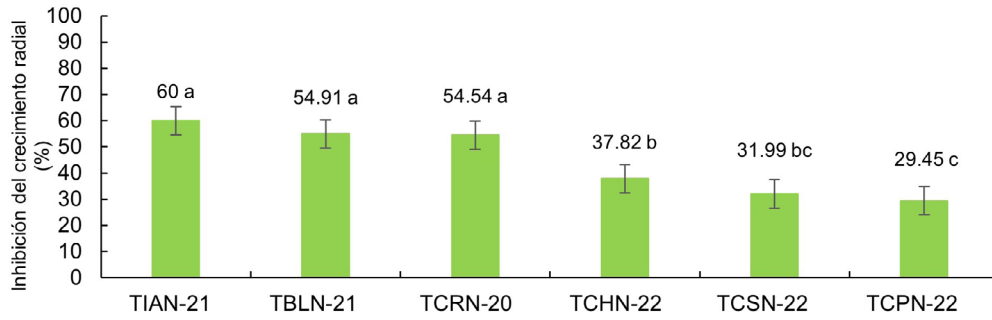


Figura 6. Crecimiento de seis cepas nativas de *Trichoderma spp.* sobre *Sclerotium sp.*, correspondiente a cultivos duales. (Letras diferentes indican diferencias significativas para Tukey, $p = 0,05$).

Figure 6. Growth of six native *Trichoderma spp.* strains against *Sclerotium sp.* in dual cultures. (Different letters indicate significant differences according to Tukey's test, $p = 0.05$).

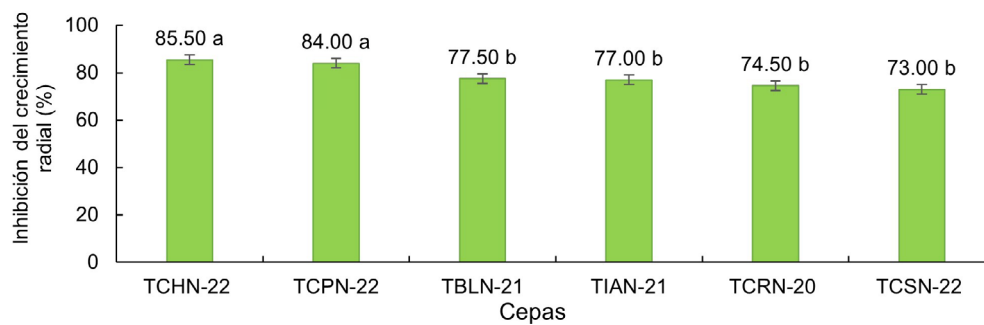


Figura 7. Crecimiento de seis cepas nativas de *Trichoderma spp.* sobre *Fusarium sp.*, correspondiente a cultivos duales. (Letras diferentes indican diferencias significativas para Tukey, $p = 0,05$).

Figure 7. Growth of six native *Trichoderma spp.* strains against *Fusarium sp.* in dual cultures. (Different letters indicate significant differences according to Tukey's test, $p = 0.05$).

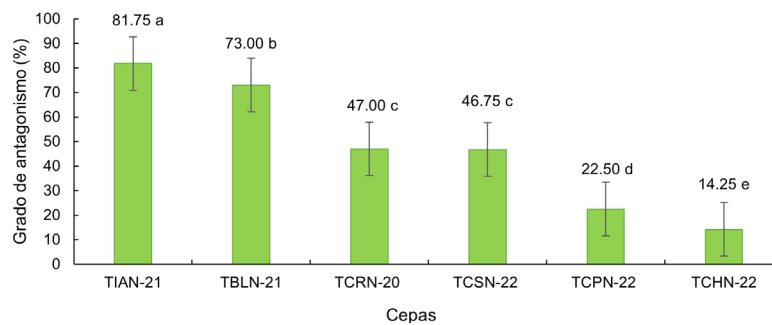


Figura 8. Grado de antagonismo de cepas nativas de *Trichoderma spp.* sobre *Sclerotium sp.* (Letras diferentes indican diferencias significativas para Tukey, $p = 0,05$).

Figure 8. Degree of antagonism of native *Trichoderma spp.* strains against *Sclerotium sp.* (Different letters indicate significant differences according to Tukey's test, $p = 0.05$).

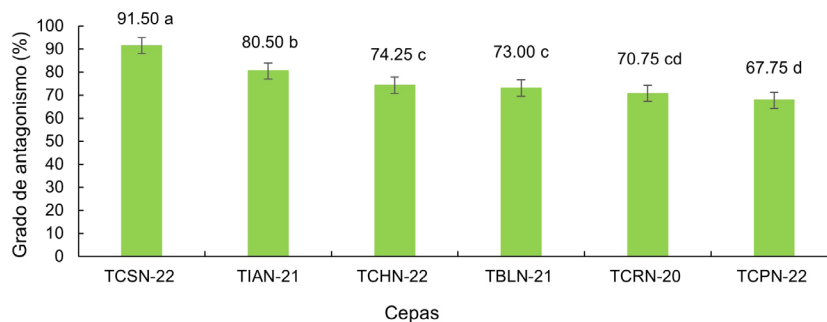


Figura 9. Grado de antagonismo de cepas nativas de *Trichoderma spp.* sobre de *Fusarium sp.* (Letras diferentes indican diferencias significativas para Tukey, $p = 0,05$).

Figure 9. Degree of antagonism of native *Trichoderma spp.* strains against *Fusarium sp.* (Different letters indicate significant differences according to Tukey's test, $p = 0.05$).

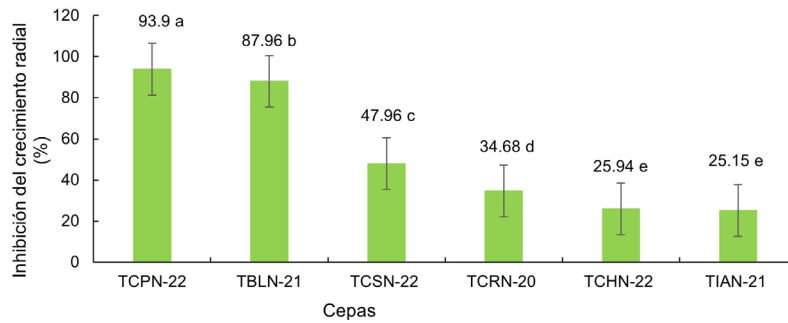


Figura 10. Antibiosis de seis cepas nativas de *Trichoderma spp.* sobre *Sclerotium sp.*, correspondiente a cultivos duales. (Letras diferentes indican diferencias significativas para Tukey, $p=0,05$).

Figure 10. Antibiosis of six native *Trichoderma spp.* strains against *Sclerotium sp.* in dual culture (Different letters indicate significant differences according to Tukey's test, $p = 0.05$).

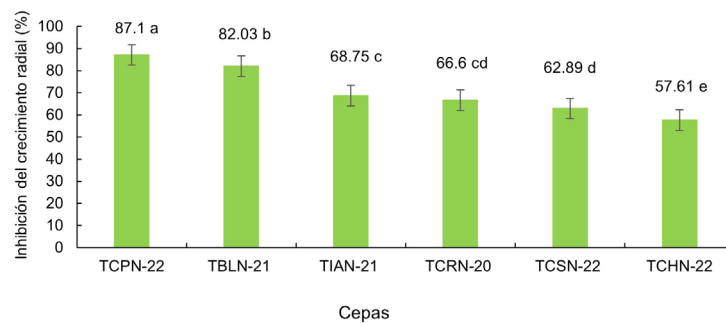


Figura 11. Antibiosis de seis cepas nativas de *Trichoderma spp.* sobre *Fusarium sp.*, correspondiente a cultivos duales. (Letras diferentes indican diferencias significativas para Tukey, $p = 0,05$).

Figure 11. Antibiosis of six native *Trichoderma spp.* strains against *Fusarium sp.* in dual cultures. (Different letters indicate significant differences according to Tukey's test, $p = 0.05$).

Financiamiento

Este trabajo fue financiado por Blue and Green Solutions S.A.

Implicaciones éticas

Los autores declaran que no existen implicaciones éticas.

Contribuciones de los autores

- Noel Antonio Herrera Rodríguez: investigación, metodología, administración del proyecto, redacción – revisión y edición.
- Markelyn José Rodríguez Zamora: investigación, metodología, redacción - borrador original.
- Juan Carlos Morán Centeno: curación de datos, análisis formal, redacción – revisión y edición.
- Jorge Ulises Blandon Díaz: investigación, visualización redacción – revisión y edición.

Disponibilidad de datos

Los datos estarán disponibles previa solicitud.

Declaración de Uso de Inteligencia Artificial

Los autores declaran que no se ha utilizado Inteligencia Artificial en la elaboración del manuscrito.

Conflicto de interés

Los autores declaran que no existen conflictos de interés financieros o no financieros que podrían haber influido en el trabajo presentado en este artículo.

Referencias

- Adhikari, P., Shrestha, S. M., Manandhar, H. K., y Marahatta, S. (2022). Effect of *Trichoderma* isolates on *Sclerotium rolfsii* Sacc. *Journal of Agriculture and Forestry University*, 5, 299–310. <https://doi.org/10.3126/jafu.v5i1.48478>
- Aguilar-Ancota, R., Arévalo-Quinde, C. G., Morales-Pizarro, A., y Galecio-Julca, M. (2021). Fungi associated with necrosis of vascular bundles in organic banana crop: Symptoms, isolation and identification, and integrated management alternatives. *Scientia Agropecuaria*, 12(2), 249–256. <https://doi.org/10.17268/SCI.AGROPECU.2021.028>
- Ahluwalia, V., Kumar, J., Rana, V. S., Sati, O. P., y Walia, S. (2015). Comparative evaluation of two *Trichoderma harzianum* strains for major secondary metabolite production and antifungal activity. *Natural Product Research*, 29(10), 914–920. <https://doi.org/10.1080/14786419.2014.958739>

- Álvarez-García, S., Mayo-Prieto, S., Gutiérrez, S., y Casque-ro, P. A. (2020). Self-inhibitory activity of *Trichoderma* soluble metabolites and their antifungal effects on *Fusarium oxysporum*. *Journal of Fungi*, 6(3), 1–11. <https://doi.org/10.3390/jof6030176>
- Andrade Hoyos, P., Luna Cruz, A., Osorio Hernández, E., Molina Gayosso, E., Landero 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>
- Andrade-Hoyos, P., Silva-Rojas, H. V., y Romero-Arenas, O. (2020). Endophytic *Trichoderma* species isolated from *Persea americana* and *Cinnamomum verum* roots reduce symptoms caused by *Phytophthora cinnamomi* in avocado. *Plants*, 9(9), 1–17. <https://doi.org/10.3390/plants9091220>
- Bell, D., Wells, H., y Markham, C. (1980). In vitro antagonism of *Trichoderma* species against six fungal plant pathogens. *Ecology and Epidemiology*, 72(4), 379–382. <https://doi.org/DOI:10.1094/Phyto-72-379>
- Cai, F., Chen, W., Wei, Z., Pang, G., Li, R., Ran, W., y Shen, Q. (2015). Colonization of *Trichoderma harzianum* strain SQR-T037 on tomato roots and its relationship to plant growth, nutrient availability and soil microflora. *Plant and Soil*, 388(1–2), 337–350. <https://doi.org/10.1007/s11104-014-2326-z>
- Cubilla-Ríos, A. A., Ruiz-Díaz-Mendoza, D. D., Romero-Rodríguez, M. C., Flores-Giubi, M. E., y Barúa-Chamorro, J. E. (2019). Antibiosis of proteins and metabolites of three species of *Trichoderma* against paraguayan isolates of *Macrophomina phaseolina*. *Agronomía Mesoamericana*, 30(1), 63–77. <https://doi.org/10.15517/am.v30i1.34423>
- del Carmen H. Rodríguez, M., Evans, H. C., de Abreu, L. M., de Macedo, D. M., Ndacnou, M. K., Bekele, K. B., y Barreto, R. W. (2021). New species and records of *Trichoderma* isolated as mycoparasites and endophytes from cultivated and wild coffee in Africa. *Scientific Reports*, 11(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-021-84111-1>
- Dennis, C., y Webster, J. (1971a). Antagonistic properties of species-groups of *Trichoderma*. *Transactions of the British Mycological Society*, 57(1), 25-IN3. [https://doi.org/10.1016/S0007-1536\(71\)80077-3](https://doi.org/10.1016/S0007-1536(71)80077-3)
- Dennis, C., y Webster, J. (1971b). Antagonistic properties of species-groups of *Trichoderma*. *Transactions of the British Mycological Society*, 57(3), 363-IN2. [https://doi.org/10.1016/S0007-1536\(71\)80050-5](https://doi.org/10.1016/S0007-1536(71)80050-5)
- Duarte Leal, Y., Coca, B. M., Filho, A. C. C., Luiz, I., y Blum, E. B. (2020). Caracterización fisio-cultural y compatibilidad micelial de aislamientos de *Sclerotium sp.* procedentes de siete hospedantes. *Revista de Protección Vegetal*, 35(1), 2224–4697. <https://censa.edicionescervantes.com/index.php/RPV/article/view/1086>
- Duarte-Leal, Y., Pozo-Martínez, L., y Martínez-Coca, B. (2018). Antagonismo in vitro de cepas de *Trichoderma asperellum* Samuels, Lieckfeldt & Nirenberg frente a aislamientos de *Fusarium* spp. *Revista de Protección Vegetal*, 33(1), 2224–4697. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1010-27522018000100005&lng=es&nrm=iso
- El-Komy, M. H., Saleh, A. A., Eranthodi, A., y Molan, Y. Y. (2015). Characterization of novel *Trichoderma asperellum* isolates to select effective biocontrol agents against tomato *Fusarium* wilt. *The Plant Pathology Journal*, 31(1), 50–60. <https://doi.org/10.5423/PPJ.OA.09.2014.0087>
- French, E., y Herbert, T. (1982). *Métodos de investigación fitopatológica*. IICA.
- Garrido, M., y Vilela, N. (2019). Antagonistic capacity of *Trichoderma harzianum* compared to *Rhizoctonia*, *Nakataea sigmoidea*, *Sclerotium rolfsii* and its effect in native strains of *Trichoderma* isolated from rice crops. *Scientia Agropecuaria*, 10(2), 199–206. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2019.02.05>
- Guedez, C., Cañizalez, L., Castillo, C., y Olivares, R. (2012). Evaluación in vitro de aislamientos de *Trichoderma harzianum* para el control de *Rhizoctonia solani*, *Sclerotium rolfsii* y *Fusarium oxysporum* en plantas de tomate. *Revista de La Sociedad Venezolana de Microbiología*, 32(1), 44–49. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1315-25562012000100009&lng=es&tlng=es
- Hernández, F. D., Flores, W., Castillo, F., Gallegis, G., y Castro, E. (2014). Antibiosis in vitro of *Trichoderma* strains metabolic extract on mycelial growth and reproductive capacity of *Fusarium oxysporum* isolated from pepper plants (*Capsicum annum* L.). *British Biotechnology*, 4(4), 387–399. <https://journalbji.com/index.php/BJI/article/view/516/1037>
- Khan, R. A. A., Najeeb, S., Hussain, S., Xie, B., y Li, Y. (2020). Bioactive secondary metabolites from *Trichoderma* spp. against phytopathogenic fungi. *Microorganisms*, 8(6), 817. <https://doi.org/10.3390/microorganisms8060817>
- Lezcano Escobar, R. N., Cubilla Ríos, A. A., Flores Giubi, M. E., y Barúa Chamorro, J. E. (2018). Producción de metabolitos por aislamientos nativos de *Trichoderma* spp. y su actividad antifúngica frente a *Rhizoctonia solani* y *Sclerotinia sclerotiorum*, patógenos del pimiento (*Capsicum annum* var. *Natalie*). En *Jornadas de Jóvenes Investigadores AUGM*. Mendoza. <https://bdigital.uncu.edu.ar/fichas.php?idobjeto=12847>
- Mahato, A. (2017). Effect of age on susceptibility of tomato plants to *Sclerotium Rolfsii* (Sacc.) caused collar rot disease. *International Journal of Pure & Applied Bioscience*, 5(6), 1108–1112. <https://doi.org/10.18782/2320-7051.5843>
- Martínez, F. E., Andrade, G., Hernández, E., Hernández, L., Holguín, R., y Rueda, E. (2019). Antisero vs hongos fitopatógenos en el cultivo de tomate en Sonora, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 10(4), 873–884. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342019000400873
- Martínez-Coca, B., Infante, D., Caraballo, W., Duarte-Leal, Y., y Echevarría-Hernández, A. (2018). Antagonismo de cepas de *Trichoderma asperellum* Samuels, Lieckfeldt & Nirenberg frente a aislamientos de *Fusarium* spp. procedentes de garbanzo. *Revista de Protección Vegetal*, 33(2). <https://www.censa.edicionescervantes.com/index.php/RPV/article/view/962>
- Matroudi, Z., y Motallebi, M. (2009). Antagonistic effects of three species of *Trichoderma* sp. on *Sclerotinia sclerotiorum*, the causal agent of canola stem rot. *Egyptian Journal of Biology*, 11(1), 37–44. <https://doi.org/DOI:10.4314/ejb.v11i1.56560>
- Michel-Aceves, A. C., Otero-Sánchez, M. A., Ariza-Flores, R., Barrios-Ayala, A., y Alarcón-Cruz, N. (2013). Eficiencia biológica de cepas nativas de *Trichoderma* spp., en el control de *Sclerotium rolfsii* Sacc., en cacahuate. *Revista de Investigación y Difusión Científica Agropecuaria*, 17(3), 89–107. <http://www.uco.mx/revia/pdf/2013/sept/7.pdf>
- Miguel-Ferrer, L., Romero-Arenas, O., Andrade-Hoyos, P., Sánchez-Morales, P., Rivera-Tapia, J. A., y Fernández-Pa-

- vía, S. P. (2021). Antifungal activity of *Trichoderma harzianum* and *T. koningiopsis* against *Fusarium solani* in seed germination and vigor of Miahuateco chili seedlings. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 39(2), 228-247. <https://doi.org/10.18781/r.mex.fit.2101-5>
- R Core Team. (2023). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, <https://www.R-project.org/>
- Rodríguez-García, D., y Wang-Wong, A. (2020). Efectividad a nivel in vitro de *Trichoderma* spp. Nativos e importados contra *Fusarium oxysporum*. *Agronomía Costarricense*, 44(2), 109–125. <http://dx.doi.org/10.15517/rac.v44i2.43096>
- Sánchez Miranda, M. D. (2022). Evaluación del potencial de aislados de *Trichoderma* spp. como inhibidor a nivel in vitro del crecimiento de tres aislados del género *Fusarium* spp. *Nexo Revista Científica*, 35(02), 425–432. <https://doi.org/10.5377/nexo.v35i02.14618>
- Sánchez-Montesinos, B., Santos, M., Moreno-Gavira, A., Marín-Rodulfo, T., Gea, F. J., y Diánez, F. (2021). Biological control of fungal diseases by *Trichoderma aggressivum* f. *Europaeum* and its compatibility with fungicides. *Journal of Fungi*, 7(8), 598. <https://doi.org/10.3390/jof7080598>
- Sanoubar, R., y Barbanti, L. (2017). Fungal diseases on tomato plant under greenhouse condition. *European Journal of Biological Research*, 7(4), 299–308. <https://doi.org/10.5281/zenodo.1011161>
- Stefanova, M., Leiva, A., Larrinaga, L., y Coronado, M. (1999). Actividad metabólica de cepas de *Trichoderma* spp para el control de hongos fitopatógenos del suelo. *Revista de la Facultad de Agronomía de la Universidad del Zulia*, 16(5), 509–516. https://www.revfacagronluz.org/ve/v16_5/v165z006.html
- Tang, G. T., Li, Y., Zhou, Y., Zhu, Y. H., Zheng, X. J., Chang, X. L., Zhang, S. R., y Gong, G. S. (2022). Diversity of *Trichoderma* species associated with soil in the Zoige alpine wetland of Southwest China. *Scientific Reports*, 12(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-022-25223-0>
- Zapata-Narváez, Y. A., y Gómez-Marroquín, M. R. (2022). Control of *Sclerotium cepivorum* and growth promotion in garlic (*Allium sativum*) with antagonist microorganisms. *Agronomía Mesoamericana*, 33(2), 464-462. <https://doi.org/10.15517/am.v33i2.46462>
- Zazueta Torres, N. D., Ayala Tafoya, F., González Morales, S., Velázquez Alcaraz, T. de J., Yáñez Juárez, M. G., y Partida Ruvalcaba, L. (2021). Crecimiento in vitro de *Sclerotium rolfsii* en respuesta a la calidad de luz de tres tipos de lámparas fluorescentes. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 12(1), 141–147. <https://doi.org/https://doi.org/10.29312/remexca.v12i1.2313>
- Zhu, L., Zhao, X., Wang, C., Wang, J., Wang, P., y Tian, C. (2022). *Trichoderma* affects plant growth and soil ecological environment: A review. *Zemdirbyste*, 109(4), 341–348. <https://doi.org/10.13080/z-a.2022.109.044>
- Zin, N. A., y Badaluddin, N. A. (2020). Biological functions of *Trichoderma* spp. for agriculture applications. *Annals of Agricultural Sciences*, 65(2), 168–178. <https://doi.org/10.1016/j.aos.2020.09.003>