

Artículo

Antagonismo *in vitro* de *Trichoderma* spp. nativo sobre *Fusarium oxysporum*

In vitro antagonism of native *Trichoderma* spp. against *Fusarium oxysporum*

Jhonny Julián Ayala-Alvarado ^{1*}, Lady Melania Ruiz-Carriel ², Gladys Alexandra Jeres-Caguana ³, Doris Jannela Moncayo-Vera ⁴ y Brayan Enrique Llumiluiza-Tapuy ⁵

¹ Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Quevedo, Ecuador, 120550, <https://orcid.org/0009-0002-1696-259X>

² Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Quevedo, Ecuador, 120550, <https://orcid.org/0009-0006-3739-4607>, ladymelaniaruiz442@gmail.com

³ Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Quevedo, Ecuador 120550, <https://orcid.org/0000-0001-5332-3725>, gladys.jeres2015@uteq.edu.ec

⁴ Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Quevedo, Ecuador, 120550, <https://orcid.org/0000-0002-5341-3947>, doris.moncayo2015@uteq.edu.ec

⁵ Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Quevedo, Ecuador, 120550, <https://orcid.org/0000-0002-7132-2942>, bra-201157@hotmail.com

Cita: Ayala-Alvarado, J. J., Ruiz-Carriel, L. M., Jeres-Caguana, G. A., Moncayo-Vera, D. J., & Llumiluiza-Tapuy, B. E. (2026). Antagonismo *in vitro* de *Trichoderma* spp. nativo sobre *Fusarium oxysporum*. *Multidisciplinary Collaborative Journal*, 4(4), 61-70. <https://doi.org/10.70881/mcj/v4/n4/184>

* Correspondencia: jhonny.ayala040899@gmail.com

 <https://doi.org/10.70881/mcj/v4/n4/184>

Recibido: 22/08/2026
Revisado: 07/10/2026
Aceptado: 12/10/2026
Publicado: 15/10/2026



Copyright: © 2026 por los autores. Este artículo es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos y condiciones de la **Licencia Creative Commons, Atribución-NoComercial 4.0 Internacional. (CC BY-NC).**

(<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>)

Resumen: La evaluación de nuevas cepas de *Trichoderma* frente a hongos fitopatógenos permitirá desarrollar biocontroleros sostenibles, con reducción del uso de agroquímicos. Por tanto, el objetivo de la presente investigación busca identificar una cepa local con capacidad biocontroladora con potencial antagónico *in vitro* frente a *Fusarium oxysporum*. En el laboratorio de la UTEQ, se aislaron y purificaron cultivos puros de *Trichoderma* spp. (suelo de banano) y *F. oxysporum* (raíces de banano) en medio PDA. Ambos se caracterizaron morfológicamente microscópicamente y macroscópicamente. Finalmente, mediante la técnica de enfrentamiento dual a 27 °C, se evaluó el crecimiento del micelio y la capacidad antagónica según el porcentaje de invasión. El estudio evaluó la actividad antagónica de *Trichoderma* spp. frente a *F. oxysporum* durante 192 horas. *Trichoderma* spp. demostró una mayor tasa de crecimiento micelial, pasando de 10 mm a 75 mm, frente a *F. oxysporum*, que creció de 10 mm a 40 mm. Esta velocidad le permitió colonizar rápidamente el medio de cultivo y competir por espacio y nutrientes. En la prueba de cultivo dual, a las 120 horas se produjo contacto directo y detención del fitopatógeno. A las 192 horas, *Trichoderma* spp. sobrecreció e invadió la colonia de *F. oxysporum*, reduciendo su micelio visible a 20 mm mediante micoparasitismo e inhibición directa. Se puede observar que el *Trichoderma* spp. nativo tiene un efecto antagónico ALTO, logrando invadir hasta las tres cuartas partes (3/4) de la colonia del hongo fitopatógeno *F. oxysporum*, con presencia de hifas densas, pudiendo ser considerado como un potencial biocontrol.

Palabras clave: Biocontrol; competencia; fitopatógeno, micoparasitismo; planta.

Abstract: The evaluation of new *Trichoderma* strains against plant-pathogenic fungi will enable the development of sustainable biocontrols, thereby reducing the use of agrochemicals. Therefore, the objective of this research is to identify a local strain with biocontrol capabilities and *in vitro* antagonistic potential against *Fusarium oxysporum*. At the UTEQ laboratory, pure cultures of *Trichoderma* spp. (from banana soil) and *F. oxysporum* (from banana roots) were isolated and purified on PDA medium. Both were characterized morphologically, both microscopically and macroscopically. Finally, using the dual-challenge technique at 27 °C, mycelial growth and antagonistic activity

were evaluated based on the percentage of invasion. The study assessed the antagonistic activity of *Trichoderma* spp. against *F. oxysporum* over a period of 192 hours. *Trichoderma* spp. demonstrated a higher rate of mycelial growth, increasing from 10 mm to 75 mm, compared to *F. oxysporum*, which grew from 10 mm to 40 mm. This growth rate allowed it to rapidly colonize the culture medium and compete for space and nutrients. In the dual culture assay, direct contact and suppression of the plant pathogen occurred at 120 hours. At 192 hours, *Trichoderma* spp. outcompeted and invaded the *F. oxysporum* colony, reducing its visible mycelium to 20 mm through mycoparasitism and direct inhibition. It can be observed that the native *Trichoderma* spp. has a HIGH antagonistic effect, managing to invade up to three-quarters (3/4) of the colony of the plant pathogen *F. oxysporum*, with the presence of dense hyphae, and can therefore be considered a potential biocontrol agent.

Keywords: Biocontrol; competition; plant pathogen; mycoparasitism; plant.

1. Introducción

El marchitamiento vascular ocasionado por *Fusarium oxysporum* representa una de las fitopatologías de mayor preocupación y extendidas en los cultivos agrícolas a nivel mundial (Jackson et al., 2024). Este hongo fitopatógeno del suelo tiene la capacidad de colonizar el sistema radicular y llevar hasta la cavidad vascular de las plantas, provocando limitación en el flujo de agua y nutrientes, manifestándose con clorosis, marchitez y, en casos extremos, la muerte de la planta (Srivastava et al., 2024). Este microorganismo es muy persistente debido a sus estructuras de resistencia, como las clamidosporas, la cual le permite sobrevivir en el suelo durante períodos prolongados, e incluso bajo condiciones extremas, lo que lo convierte en un patógeno sumamente difícil de erradicar mediante prácticas culturales convencionales (Boulaouat et al., 2023).

Históricamente, el manejo de *F. oxysporum* se fundamenta con el tratamiento intensivo de fungicidas químicos sintéticos (Michel-Aceves, 2014). Lo que ha generado graves consecuencias ambientales, donde se destaca la degradación de la microbiota del suelo, la contaminación de acuíferos y el desarrollo de resistencia de agentes patógenos (Vera et al., 2025). A consecuencia, las exigencias internacionales con respecto a los residuos de pesticidas en alimentos impulsan la búsqueda de nuevas alternativas sostenibles y amigables con el ambiente (Jeres-Caguana et al., 2025).

Bajo este contexto, el control biológico es una alternativa estratégica y ecológicamente viable para el control integrado de agente fitopatógenos (Vera Rodríguez et al., 2026a). Entre la diversidad de microorganismos antagonistas más estudiados, se encuentra el género *Trichoderma*, destacado por su elevada plasticidad ecológica, velocidad de crecimiento y efectividad en el control de agentes fitopatógenos (Yépez Anchundia et al., 2026). El *Trichoderma* puede actuar mediante diversos mecanismos de acción, entre ellos competencia por espacio, nutrientes, micoparasitismo, secreción de enzimas hidrolíticas como glucanasas y quitinasas y antibiosis por la síntesis de metabolitos secundarios (Vera Rodríguez et al., 2026b).

A pesar de la evidencia del potencial de las cepas comerciales de *Trichoderma*, la efectividad en campo suele ser comprometida debido a su origen, el simple hecho de pertenecer a condiciones edafoclimáticas distintas a las de su lugar de origen, muchas de las especies no logran adaptarse (Soto-Valenzuela et al., 2026). Por esta razón, el aislamiento y la evaluación de cepas nativas de *Trichoderma* spp. representa una ventaja decisiva (Sánchez Sandoval et al., 2026). Esta relevancia en vista que las especies autóctonas están adaptadas a las condiciones locales con respecto a

temperatura, pH, humedad y competencia microbiana, lo que le da ventaja sustancial por su capacidad de establecimiento, supervivencia y efectividad contra patógenos locales (Carpio et al., 2025).

Previo a la aplicación de estos biocontroladores a condiciones de campo, resulta fundamental realizar evaluaciones *in vitro* que permitan seleccionar los aislamientos más prometedores. Los ensayos *in vitro* constituyen una herramienta metodológica rápida y de carácter cuantitativa para determinar su capacidad de inhibición del crecimiento micelial y acción antagónica sobre *F. oxysporum*. En consecuencia, el objetivo de la presente investigación busca identificar una cepa local con capacidad biocontroladora con el potencial antagónico *in vitro* frente a *Fusarium oxysporum*. Estas bases científicas podrían ayudar a solidificar el desarrollo de futuros bioinsumos agrícolas que contribuyan a la transición hacia una agricultura sostenible, reduciendo la dependencia de insumos químicos en el manejo de enfermedades en los cultivos.

2. Materiales y Métodos

2.1. Ubicación del estudio

El presente trabajo se llevó a cabo en el Laboratorio de Microbiología de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, ubicado en el Campus La María en la vía Quevedo - Mocache, Cantón Mocache, Provincia de Los Ríos, Ecuador.

2.2. Material biológico

El *Trichoderma* spp. se aisló del suelo de una finca productora de banano del cantón Simón Bolívar. Se pesó 1 gramo de la muestra de suelo y se dispersó en una caja Petri en medio Papa Dextrosa Agar (PDA). La caja se incubó a 28 °C durante 72 horas, después se mantuvo a 25 °C durante 7 días con luz blanca para inducir esporulación, luego se repite el proceso a partir de una muestra micelial transferida a una nueva caja con medio de cultivo PDA hasta obtener un crecimiento puro, libres de impurezas.

El hongo patógeno *F. oxysporum* se aisló de raíces de banano Cavendish (*Musa acuminata*), las muestras de raíces se lavaron hasta eliminar impurezas con abundante agua; luego se tomaron fragmentos del tejido radicular de unos 4 centímetros para sumergirlos en una solución de hipoclorito de sodio al 2% durante 2 minutos y se enjuagó con agua destilada estéril. Con la ayuda de una cámara de flujo laminar se sembraron pequeños fragmentos de 5 mm en medio PDA para el aislamiento y purificación a 25 °C.

2.3. Caracterización morfológica

Para realizar una aproximación del género del *Trichoderma* y de la especie del *F. oxysporum* se estudiaron sus características morfológicas a partir de los cultivos en medio PDA. Las características macro y microscópicas consideradas fueron la textura, color, forma, tamaño de conidios (Vera et al., 2025). Las observaciones microscópicas se dieron con la ayuda de un microscopio óptico a 40x y tinción con azul de lactofenol. Para la identificación de la especie se realizó una comparación con claves taxonómicas.

2.4. Crecimiento de los microorganismos.

Para determinar el crecimiento de micelio en el antagonista y patógeno, crecidos en medio de cultivo PDA, se realizaron mediciones a las 0, 72, 120 y 192 horas.

2.5. Actividad antagonica de *Trichoderma* spp. sobre *F. oxysporum*.

Para esta actividad se utilizó la técnica de cultivos duales de *Trichoderma* spp., contrapuestos con el fitopatógeno *F. oxysporum*. La técnica consistió en depositar en un extremo un disco de 5 mm de diámetro con micelio activo del hongo fitopatógeno y en el extremo equidistante se colocó un disco de micelio con el hongo benéfico, las cajas se incubaron a 27 °C y se observó su crecimiento a lo largo del tiempo para registrar su medida en (cm) (Astorga-Quirós et al., 2014). Los resultados serán interpretados siguiendo la recomendación de (Urgelles Cardoza et al., 2020), ver tabla 1.

Tabla 1. Escala de evaluación de la interacción micelial y capacidad antagonica in vitro de *Trichoderma* spp. y *F. oxysporum*.

GRADO	PORCENTAJE DE INVASIÓN	DESCRIPCIÓN DE LA INTERACCIÓN MICELIAL Y ESPORULACIÓN	CAPACIDAD ANTAGÓNICA
0	0%	Sin invasión ni crecimiento de <i>Trichoderma</i> sobre la colonia del patógeno. Detención o inhibición en la zona de contacto.	Nula
1	1% - 25%	<i>Trichoderma</i> invade hasta una cuarta parte (1/4) de la superficie de la colonia del fitopatógeno.	Baja
2	26% - 50%	<i>Trichoderma</i> invade hasta la mitad (1/2) de la colonia del fitopatógeno con sobrecrecimiento micelial incipiente.	Moderada
3	51% - 75%	<i>Trichoderma</i> invade hasta tres cuartas partes (3/4) de la colonia del patógeno, con presencia de hifas densas.	Alta
4	76% - 100%	Overgrowth total (100%) sobre la colonia del fitopatógeno, acompañado de esporulación activa (formación de conidios) sobre el micelio hospedante.	Muy Alta

3. Resultados y Discusión

3.1. Crecimiento de los microorganismos.

En la Tabla 2, se puede observar la evaluación del crecimiento micelial independientemente de los hongos *Trichoderma* spp. y *F. oxysporum* medido en milímetros (mm), en cuatro intervalos de tiempo (0, 72, 120 y 192 horas).

Tabla 2. Crecimiento de microorganismos evaluados *Trichoderma* spp. y *F. oxysporum*.

Microorganismo	Crecimiento mm			
	0 h	72 h	120 h	192 h
<i>F. oxysporum</i>	10	30	35	40
<i>Trichoderma</i> spp.	10	50	60	75

En el crecimiento de *Trichoderma* spp. se muestra una tasa de crecimiento sostenida y rápida a lo largo de todo el periodo, alcanzando a las 72 h los 50 mm, y finalizando con un crecimiento máximo de 75 mm a las 192 h. Mientras que el crecimiento de *F. oxysporum* muestra un desarrollo inicial más lento en comparación con *Trichoderma* spp., alcanzando 30 mm a las 72 h y un pico de 40 mm a las 192 h.

La superioridad en la velocidad de crecimiento de *Trichoderma* spp. frente a *F. oxysporum* es un mecanismo clave de biocontrol basado en la competencia por espacio y nutrientes (Larrea et al., 2023). *Trichoderma* spp. se caracteriza por ser un hongo antagonista de rápido desarrollo micelial, lo que le permite colonizar el sustrato antes que los hongos fitopatógenos y restringir su desarrollo (Beltran-Carguacundo et al., 2026). El *Trichoderma* puede tener la capacidad de invadir, degradar o sobrecrecer sobre colonias fitopatógenas mediante micoparasitismo y la liberación de enzimas hidrolíticas (quitinasas y glucanasas), provocando la lisis celular de la pared de *Fusarium* (Morejón et al., 2024).

La alta velocidad de crecimiento característica de *Trichoderma* spp. en comparación con diversos hongos fitopatógenos, se atribuye fundamentalmente a su extraordinaria plasticidad metabólica y a su capacidad para utilizar de forma altamente eficiente una amplia gama de fuentes de carbono y nitrógeno presentes en el suelo (Vera Rodríguez et al., 2024).

3.2. Actividad antagónica de *Trichoderma* spp. sobre *F. oxysporum*.

En esta sección se presentan las figuras 1 a 5 donde se muestra el avance cronológico de la actividad antagónica de *Trichoderma* spp. sobre *F. oxysporum*, mediante prueba de cultivo dual (*in vitro*) en placas de Petri, desde la inoculación inicial hasta el día 8 (192 horas).

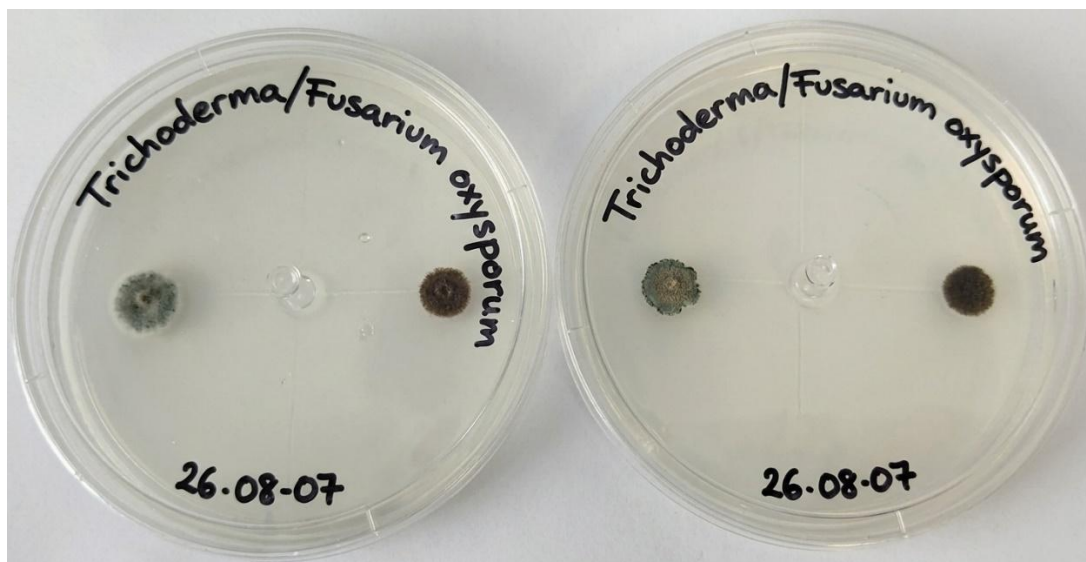


Figura 1. Confrontación entre *Trichoderma* spp. y *F.oxysporum*. Día 0 (0 horas)

Día 0 la figura 1 presenta el inicio de la confrontación dual, se colocaron los discos miceliales de *Trichoderma* spp. y *F. oxysporum* a distancias equidistantes sobre la placa de Petri.



Figura 2. Confrontación entre *Trichoderma* spp. y *F. oxysporum*. Día 3 (72 horas).

Día 3 la figura 2 muestra una marcada diferencia en la velocidad de crecimiento radiante. *Trichoderma* spp. despliega una mayor tasa de expansión micelial 50 mm ocupando rápidamente el espacio libre disponible en la caja, mientras que *F. oxysporum* muestra un crecimiento más restringido 30 mm.



Figura 3. Confrontación entre *Trichoderma* spp. y *F. oxysporum*. Día 5 (120 horas).

Día 5 es muy notorio en la figura 3 como ocurre el contacto frontal directo entre ambas colonias. *Trichoderma* spp. alcanza los 60 mm, frenando la progresión de *F. oxysporum* 35 mm al establecer un halo de inhibición, impidiendo que el fitopatógeno avance sobre el plato de cultivo.



Figura 4. Confrontación entre *Trichoderma* spp. y *F. oxysporum*. Día 8 (192 horas).

Día 8 la figura 4 indica que se ha consolidado la invasión y sobrecrecimiento de *Trichoderma* spp. sobre la colonia de *F. oxysporum*, evidenciando una reducción o degradación del micelio visible de este último (disminución registrada a 20 mm). *Trichoderma* spp. logra colonizar casi la totalidad del medio de cultivo 75 mm, mostrando signos de esporulación.

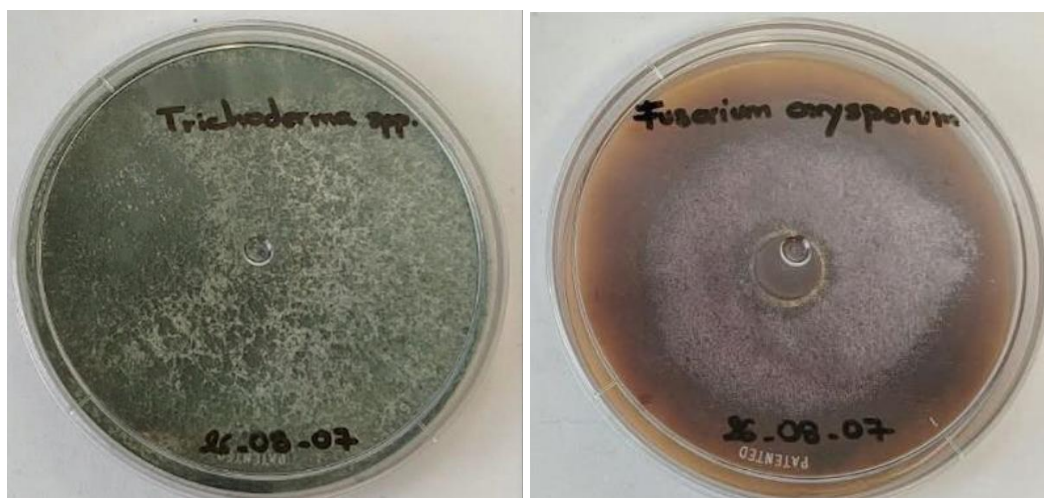


Figura 5. Control de crecimiento de *Trichoderma* spp. y *F. oxysporum*. Día 8 (192 horas).

Día 8 (Control de crecimiento), la figura 5 permite comparar las tasas de crecimiento individual (monocultivo) de ambos microorganismos en condiciones no competitivas, confirmando que la detención y contracción del micelio de *F. oxysporum* en las cajas de confrontación se debe a la acción antagonista directa de *Trichoderma* spp.

De manera general, la dinámica visualizada en las figuras confirma la elevada capacidad antagonista de *Trichoderma* spp. frente al hongo patógeno *F. oxysporum*, mediante la combinación de competencia por espacio y nutrientes, micoparasitismo y potencial antibiosis (Brizuela et al., 2023). La rápida colonización de *Trichoderma* spp. sobre el sustrato se atribuye a su eficiente metabolismo energético y rápida tasa de germinación

y extensión hifal. Esta ventaja morfogenética le permite adueñarse de los recursos del medio antes de que *F. oxysporum* pueda establecerse, un mecanismo ampliamente documentado como la primera línea de defensa biocontroladora (Lian et al., 2023).

A partir del contacto hifal (Día 5 al Día 8), la inhibición del avance de *F. oxysporum* y la posterior reducción de su masa micelial responden al fenómeno de micoparasitismo activo. Durante este proceso, *Trichoderma* reconoce a su huésped, se enrosca alrededor de sus hifas y secreta enzimas líticas extracelulares como β -1,3-glucanasas, quitinasas y proteasas que degradan la pared celular de *Fusarium*, provocando la lisis celular, pérdida de turgencia y fragmentación micelial (Morejón et al., 2024).

La capacidad de *Trichoderma* para superar ampliamente al fitopatógeno en velocidad de expansión, establecer halos de inhibición desde el quinto día y consolidar el sobrecrecimiento y degradación del micelio competidor hacia el octavo día demuestra mecanismos eficientes de competencia por espacio, nutrientes y micoparasitismo (Astorga-Quirós et al., 2014). Desde una perspectiva biotecnológica, estos atributos respaldan su uso como un agente de control biológico altamente eficaz, ofreciendo una alternativa ecológica para mitigar enfermedades radiculares en cultivos de interés agronómico y reduciendo la dependencia de plaguicidas sintéticos en la agricultura moderna.

Asimismo, la invasión total sobre la colonia del patógeno observada a nivel *in vitro* podría reflejar la capacidad metabólica del antagonista para utilizar las hifas lisadas del patógeno como fuente secundaria de nutrientes, consolidándose como un interesante agente de biocontrol eficaz contra la fusariosis en cultivos agrícolas.

4. Conclusiones

Se puede observar que el *Trichoderma* spp. nativo tiene un efecto antagónico ALTO, logrando invadir hasta las tres cuartas partes (3/4) de la colonia del hongo fitopatógeno *F. oxysporum*, con presencia de hifas densas, pudiendo ser considerado como un potencial biocontrol. Este hallazgo resalta el potencial de este agente de control biológico nativo como una alternativa sostenible y ecológica frente a los fungicidas químicos tradicionales, especialmente frente al impacto devastador que representa el hongo fitopatógeno *F. oxysporum* en los cultivos agrícolas.

Contribución de los autores: Conceptualización, JJA-A.; metodología, LMR-C.; software, CAJ-C.; validación, DJM-V.; análisis formal, BELI-T.; investigación, JJA-A.; recursos, LMR-C.; redacción del borrador original, CAJ-C.; redacción, revisión y edición, DJM-V.; visualización, BELI-T.; supervisión, LMR-C. Todos los autores han leído y aceptado la versión publicada del manuscrito.

Financiamiento: Esta investigación no tuvo financiación externa.

Agradecimientos: Se expresa agradecimiento a la Facultad de Posgrados de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo (UTEQ), en especial a la Maestría en Biotecnología Agropecuaria, así como el financiamiento otorgado por el programa de becas de la Secretaría de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación (SENESCYT).

Conflicto de Intereses: Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Referencias Bibliográficas

- Astorga-Quirós, K., Meneses-Montero, K., Zúñiga-Vega, C., Brenes-Madriz, J. A., & Rivera-Méndez, W. (2014). Evaluación del antagonismo de *Trichoderma* sp. y *Bacillus subtilis* contra tres patógenos del ajo. *Revista Tecnología en Marcha*, 27(2).
- Beltran-Carguacundo, K., Rodríguez-Maldonado, E., Santamaría-Poveda, K., & Román-Ramos, A. (2026). *Trichoderma* spp. como estrategia de biocontrol para reducir la incidencia de moniliasis en plantaciones de cacao. *Revista Agrotecnológica Amazónica*, 6(1), e1287-e1287. <https://doi.org/10.51252/raa.v6i1.1287>
- Brizuela, A. M., Gálvez, L., Arroyo, J. M., Sánchez, S., & Palmero, D. (2023). Evaluation of *Trichoderma* spp. on *Fusarium oxysporum* f. sp. asparagi and Fusarium wilt Control in Asparagus Crop. *Plants*, 12(15), 2846. <https://doi.org/10.3390/plants12152846>
- Boulahouat, S., Cherif-Silini, H., Silini, A., Bouket, A. C., Luptakova, L., Alenezi, F. N., & Belbahri, L. (2023). Biocontrol efficiency of rhizospheric *Bacillus* against the plant pathogen *Fusarium oxysporum*: A promising approach for sustainable agriculture. *Microbiology Research*, 14(3), 892-908. <https://doi.org/10.3390/microbiolres14030062>
- Carpio, M., Vera, J., Yugsan, F., Gavin, C., & Barzallo, D. (2025). Biofertilizer enriched with *Paenibacillus polymyxa* and *Trichoderma* sp. for radish cultivation. *Revista Caatinga*, 38, e13759. <https://doi.org/10.1590/1983-21252025v38i13759rc>
- Jackson, E., Li, J., Weerasinghe, T., & Li, X. (2024). The ubiquitous wilt-inducing pathogen *Fusarium oxysporum*—a review of genes studied with mutant analysis. *Pathogens*, 13(10), 823. <https://doi.org/10.3390/pathogens13100823>
- Jeres-Caguana, G. A., Montaña-Roldan, V. L., Ordoñez-Zuñiga, N. L., Vera-Rodriguez, J. H., & Lucas-Vidal, L. R. (2025). Efecto biorremediador de la espirulina y *Trichoderma* spp. en suelo contaminado con plomo (Pb). *Multidisciplinary Collaborative Journal*, 3(2), 1-12. <https://doi.org/10.70881/mcj/v3/n2/48>
- Larrea, C. N. M., Rodas, G. A. B., Sandoval-Espínola, W. J., Rios, D. F., & Arrúa, A. A. (2023). *Trichoderma* un aliado de la agricultura. *Reportes Científicos de la FACEN*, 14(2), 183-189. <https://doi.org/10.18004/rcfacen.2023.14.2.183%20>
- Lian, H., Li, R., Ma, G., Zhao, Z., Zhang, T., & Li, M. (2023). The effect of *Trichoderma harzianum* agents on physiological-biochemical characteristics of cucumber and the control effect against *Fusarium* wilt. *Scientific Reports*, 13(1), 17606. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-44296-z>
- Michel-Aceves, A. C. (2014). Efectividad *in vitro* e *in situ* de fungicidas químicos y biológicos en el control de *Fusarium oxysporum* f. sp. gladioli y *Uromyces transversalis* en gladiola. *Agro Productividad*, 7(3). <https://mail.revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/518>
- Morejón, K. R. M., Hidalgo, Z. K. S., Yopez, P. I. T., & Montesdeoca, M. Á. H. (2024). Interacciones antagónicas entre *Trichoderma* spp. y *Fusarium oxysporum* f. sp. cubense R1: un estudio *in vitro* sobre competencia y antibiosis. *Pro Sciences*:

- Revista de Producción, Ciencias e Investigación*, 8(54), 12-23.
<https://doi.org/10.29018/issn.2588-1000vol8iss54.2024pp12-23>
- Vera Rodríguez, J. H., Barzallo, D., Villamar Aveiga, M. R., & Barcia-Achundia, J.X. (2024). Biostimulant Effect of Microorganisms on *in vitro* Germination of Hybrid Pepper Seeds. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 25(1), e3306.
https://doi.org/10.21930/rcta.vol25_num1_art:3306
- Vera Rodríguez, J. H., Herrera Feijoo, R. J., Martínez Valenzuela, G., Soto Valenzuela, J., & Lucas Vidal, L. R. (2026a). Identificación de hongos fitopatógenos causantes de manchas foliares en caña de azúcar ecuatoriana variedad EC-08. *Cultivos Tropicales*, 47(3).
<https://ediciones.inca.edu.cu/index.php/ediciones/article/view/1941>
- Vera Rodríguez, J. H., Lucas Saltos, J. R., Alvarado Ullauri, W. J., & Ibarra Velasquez, A. A. (2026b). Efecto antagónico *in vitro* de *Trichoderma asperellum* frente a *Moniliophthora perniciosa*. *Cultivos Tropicales*, 47(1).
<https://ediciones.inca.edu.cu/index.php/ediciones/article/view/1901>
- Vera, J., Sarango, Y., Villamar, M., Ortiz, J., Sevilla-Carrasco, J., Duarte, J., & Lucas, L. (2025). Effect of herbicides on the growth of beneficial microorganisms in rhizospheric soil. *Revista De La Facultad De Agronomía De La Universidad Del Zulia*, 42(2), e254222.
<https://produccioncientificaluz.org/index.php/agronomia/article/view/43831>
- Sánchez Sandoval, C. E., Bucaram Lara, G. del R., Romero Sandoval, B. L., Vera Rodríguez, J. H., & Cabrera Suarez, G. B. (2026). Microorganismos benéficos antagónicos de *Curvularia petersonii* causante de lesiones foliares en caña de azúcar. *Cultivos Tropicales*, 47(1).
<https://ediciones.inca.edu.cu/index.php/ediciones/article/view/1909>
- Soto-Valenzuela, J. O., Andrade-Yucailla, V. C., Solís-Lucas, L. A., Vera-Rodríguez, J. H., Muyudumbay, A., & Perero-Perero, A. D. (2026). Rhizospheric plant growth-promoting bacteria (PGPR) in corn plants. *Revista de la Facultad de Agronomía de la Universidad del Zulia*, 43(1).
[https://doi.org/10.47280/RevFacAgron\(LUZ\).v43.n1.IX](https://doi.org/10.47280/RevFacAgron(LUZ).v43.n1.IX)
- Srivastava, V., Patra, K., Pai, H., Aguilar-Pontes, M. V., Berasategui, A., Kamble, A., & Redkar, A. (2024). Molecular dialogue during host manipulation by the vascular wilt fungus *Fusarium oxysporum*. *Annual review of phytopathology*, 62(1), 97-126. <https://doi.org/10.1146/annurev-phyto-021722-034823>
- Urgelles Cardoza, I., Abreu, A., Abreu Romero, N., Díaz Rodríguez, A., & Fernández Maura, Y. (2020). Actividad antagónica in vitro de *Trichoderma* sp. frente a *Fusarium* sp. *Cub@: Medio Ambiente y Desarrollo*, 20(39), e07.
- Yépez Anchundia, M. C., Lucas Saltos, J. R., Alvarado Ullauri, W. J., Decker Campuzano, F. E., Magallanes Franco, R. A., & Vera Rodríguez, J. H. (2026). Efecto de *Trichoderma harzianum* y *Pseudomonas fluorescens* en el control de Antracnosis en frutos de mango (*Mangifera indica* L.) en pos-cosecha. *Cultivos Tropicales*, 47(3).
<https://ediciones.inca.edu.cu/index.php/ediciones/article/view/1938>