

Artículo original

Potencial antifúngico de tres cepas endófitas del género *Trichoderma* sobre el crecimiento de *Fusarium oxysporum f. sp. cubense*

Antifungal potential of three endophytic strains of the genus *Trichoderma* on the growth of *Fusarium oxysporum f. sp. cubense*

Jamil Delgado^{1,*}  Elmer Chávez¹  Lesly Alvarado¹  Amílcar Lopez¹  Jhon E. Lopez¹ 

¹ Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza, Chachapoyas, Perú.

*Autor de correspondencia:
Jamil Delgado, email:
Jamil.del.raf@gmail.com

Historial del artículo
Recibido: 29 de noviembre del 2024
Aceptado: 17 de marzo del 2025
Fecha de publicación: 31 de marzo del 2025

RESUMEN

Fusarium oxysporum f. sp. cubense (Foc) ha mostrado una alta virulencia y es responsable de pérdidas significativas en la productividad del cultivo de plátano. El objetivo de este estudio fue evaluar el potencial antifúngico de cepas endófitas de *Trichoderma* spp. contra Foc. La actividad antifúngica se determinó mediante el crecimiento micelial radial de la cepa Foc (MC3) en confrontación con tres cepas endófitas de *Trichoderma* (HSC-5, HSC-9 y HSC-10), mediante la siembra de discos con micelio opuesto en medio de cultivo PDA, incubados a 28 °C durante 4 días. Los resultados obtenidos mostraron los mayores grados de antibiosis en la confrontación con la cepa endófitas *Trichoderma* HSC-5 (66.9%), seguido por HSC-9 (65.1%) y HSC-10 (60.5%), respectivamente. Los resultados son prometedores para su uso en una estrategia de gestión integrada de Foc.

Palabras clave: Antifúngico, biocontrol, competencia, inhibición, patógeno.

ABSTRACT

Fusarium oxysporum f. sp. cubense (Foc) has shown high virulence and is responsible for significant losses in banana crop productivity. The objective of this study was to evaluate the antifungal potential of endophytic strains of *Trichoderma* spp. against Foc. Antifungal activity was determined by radial mycelial growth of strain Foc (MC3) in confrontation with three endophytic strains of *Trichoderma* (HSC-5, HSC-9 and HSC-10), by sowing discs with opposite mycelium in PDA culture medium, incubated at 28 °C for 4 days. The results showed the highest degrees of antibiosis in the confrontation with the endophytic *Trichoderma* strain HSC-5 (66.9%), followed by HSC-9 (65.1%) and HSC-10 (60.5%), respectively. The above results are promising for use in an integrated Foc management strategy.

Keywords: Antifungal, biocontrol, competition, inhibition, pathogen.

INTRODUCCIÓN

La agricultura moderna enfrenta desafíos significativos relacionados con la sostenibilidad y la productividad. El control de enfermedades fúngicas que afectan cultivos esenciales se ha convertido en una prioridad para garantizar la seguridad alimentaria y el bienestar económico de los agricultores, buscando producir alimentos en mayor cantidad, preservando el medio ambiente y la calidad de vida de las personas (Viera et al., 2020). El uso de plaguicidas es habitual para la prevención y control de fitopatógenos; sin embargo, el uso indiscriminado de los mismos ha llevado a efectos desfavorables como resistencia en los patógenos, toxicidad para organismos no objetivo, contaminación ambiental y posibles impactos en la salud humana (Rani et al., 2021).

Fusarium oxysporum es un hongo fitopatógeno de amplia distribución geográfica e infección polífaga en cultivos de importancia económica (Rodríguez y Wang, 2020). Este hongo causa enfermedades como la marchitez vascular y la pudrición de raíces, lo que resulta en una significativa reducción en los rendimientos y la calidad de los cultivos (Medad et al., 2023). Así mismo, sus infecciones también pueden llevar a la contaminación con micotoxinas, que presentan riesgos para la salud humana y la microbiota (Tyśkiewicz et al., 2022). Además, Andrade et al. (2023), indican que, en Perú *F. oxysporum* es un patógeno devastador que afecta a una variedad de cultivos agrícolas clave, incluyendo *Zea mays* L., *Triticum aestivum* L., *Solanum tuberosum* L., y *Manihot esculenta* Crantz. Esto, según Ríos et al. (2021),

se debe, a que el ciclo de vida de este género incluye la producción de esporas asexuales, lo que le permite sobrevivir en el suelo durante años e infectar plantas bajo condiciones estresantes. El caso que ha venido tomando mayor relevancia de este patógeno es *Fusarium* raza 4 (*F. oxysporum f. sp. cubense*) en el cultivo de plátano (*Musa spp.*), debido a su grave virulencia a nivel mundial, disminución sustancial de la producción platanera, y a la ineficacia de los métodos químicos y convencionales para su control (Sonkar et al., 2024). Esto conlleva a que el manejo agronómico de Foc sea complicado, sumado a su capacidad para desarrollar resistencia a los fungicidas y a las limitadas opciones de control químico (Li et al., 2024).

Ante tal situación, ha surgido interés por alternativas sostenibles ante el uso indiscriminado de productos químicos, como fertilizantes y plaguicida, fomentando así el control biológico con microorganismos como una opción viable para la sostenibilidad agrícola en la producción de alimentos saludables y amigables con el medio ambiente (Chulze, 2023). Tal es el caso del género *Trichoderma*, ampliamente estudiado debido a sus variadas bioactividades, producción de enzimas y metabolitos (celulasas, xilanasas, quitinasas, gliotoxina y glicerina, entre otros) en la defensa contra patógenos y su eficiencia en el uso de nutrientes del suelo (Andrade et al., 2023). Además de mostrar una amplia gama de interacciones en los ecosistemas, beneficiando tanto al sector agrícola como al de la agroindustria; su importancia radica en la preservación de la microbiota del suelo y su capacidad para promover el crecimiento de cultivos mediante la producción de auxinas y giberelinas (Meddad et al., 2023).

Estudios recientes destacan el control biológico de *Trichoderma* sobre diversos fitopatógenos. Para precisar el micoparasitismo de *T. asperellum* y *T. atroviride*, se analizan la antibiosis y competencia por nutrientes de *T. harzianum* y *T. virens* frente a diversos hongos como: *Phytophthora spp.*, *Rhizoctonia solani*, *Botrytis cinerea*, *Macrophomina phaseolina*, *F. oxysporum* (Hernandez et al., 2019; Andrade et al., 2023). Esto plantea interrogantes sobre el potencial antifúngico de especies endógenas autóctonas de *Trichoderma* contra *F. oxysporum f. sp. cubense*. Por lo tanto, el objetivo del estudio fue evaluar el potencial antifúngico de tres cepas endófitas del género *Trichoderma* aisladas de agroecosistemas de *Theobroma cacao* L., frente a la cepa de *F. oxysporum f. sp. cubense* (Foc) aislada del cultivo de plátano (*Musa x paradisiaca* L.).

MATERIALES Y MÉTODOS

Cultivos de microorganismos fúngicos

Las cepas microbianas utilizadas en este estudio incluyeron cepas nativas endófitas de *Trichoderma* (HSC-5, HSC-9 y HSC-10) y una cepa patógena de Foc (MC3), obtenidas y conservadas en el Laboratorio de Investigación en Sanidad Vegetal (LABISANV). La siembra y el crecimiento de las colonias de los microorganismos se llevaron a cabo en un medio de cultivo de

Agar Papa Dextrosa (PDA) y Agar Bacteriológico en proporción 15 g y 24 g, respectivamente, para solución de 1000 ml, siguiendo la metodología descrita por Leiva (2023). Además, se utilizaron una cabina de flujo laminar, placas Petri, vernier digital y cámara bioclimática para la incubación de los cultivos; en concordancia con Andrade et al. (2023).

Diseño experimental

La investigación se desarrolló bajo un Diseño Completamente al Azar (DCA), con tres tratamientos y un control, quintuplicados. El tratamiento control (T1: cepa MC3) estuvo conformado por colonias de Foc sin enfrentamiento con *Trichoderma*. Los tratamientos evaluados fueron los siguientes: tratamiento 2: Foc vs HSC-5, tratamiento 3: Foc vs HSC-9 y tratamiento 4: Foc vs HSC-10; con observaciones y toma de datos del crecimiento radial de Foc y *Trichoderma* realizados cada 24 horas.

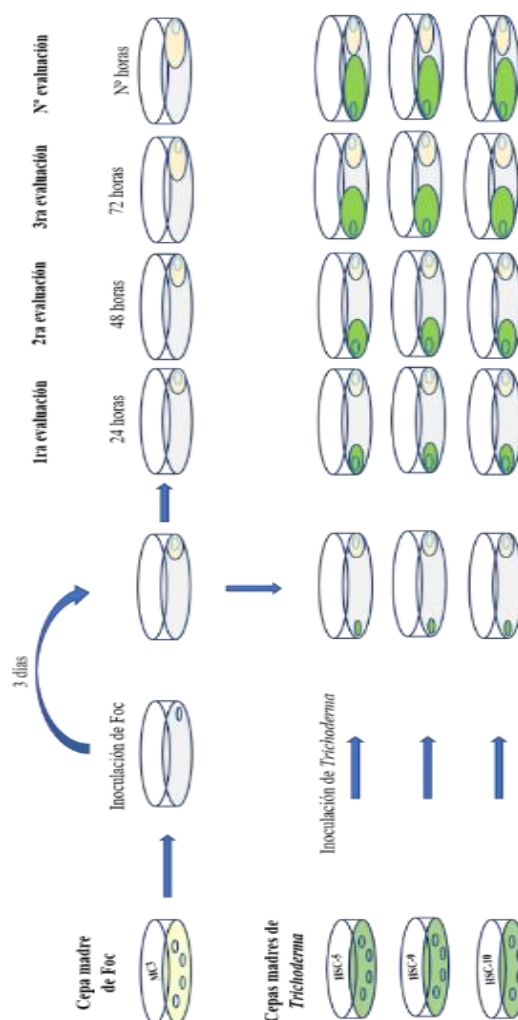


Figura 1. Esquema experimental para evaluar la interacción antifúngica entre *Trichoderma* spp. y Foc.

Procedimiento experimental

Las cepas endófitas de *Trichoderma* y Foc fueron inoculadas en medio de cultivo PDA + Agar Bacteriológico, en placas Petri de 90 mm de diámetro. Posteriormente se incubaron por cuatro días a 28 °C con la finalidad de establecer colonias. Para los ensayos de inhibición, se extrajo un disco de 5 mm de diámetro de Foc a partir de la colonia madre y se colocó cerca del borde interno de una placa Petri con medio PDA y se incubó durante dos días. Posteriormente, las colonias de Foc fueron confrontadas con las cepas de *Trichoderma*, para lo cual se colocó un disco de 5 mm en el extremo opuesto de la colonia de Foc (Figura 1). Las cajas Petri se incubaron a 28 °C durante el periodo de evaluación.

Determinación del potencial antifúngico de *Trichoderma* sobre el crecimiento de Foc

La determinación del potencial antifúngico se llevó a cabo mediante la medición diaria del crecimiento radial de Foc con vernier digital, hasta que, al menos en una repetición, las colonias de Foc y *Trichoderma* entran en contacto. Finalmente, la antibiosis se determinó mediante el grado (%) de reducción del crecimiento radial de Foc, de acuerdo con la metodología mencionada por Leiva, (2023):

$$PA = [(RG - RGT) / RG] \times 100$$

Dónde:

PA = Antibiosis (porcentaje)

RG = Crecimiento radial en mm de Foc (control)

RGT = Crecimiento radial de Foc en presencia de *Trichoderma* spp.

Análisis estadístico

Para los biocontroles descritos anteriormente, se realizó un análisis de varianza unidireccional (ANOVA) con $p \leq 0.05$, prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$), gráficos de caja, de barras y de líneas para los resultados en software R (ver. 2024.04.2) con el paquete Agricolae.

RESULTADOS

Potencial antifúngico de *Trichoderma* sobre el crecimiento de Foc

El análisis del potencial antifúngico de cepas endófitas de *Trichoderma* spp. sobre Foc en condiciones *in vitro* en el cuarto día de evaluación indicó diferencias en los niveles de antibiosis entre grupos de tratamientos ($p < 0.05$).

Los ensayos se dieron por finalizados a los 4 días de evaluación, cuando en una de las repeticiones la cepa de *Trichoderma* HSC-10 llegó a confrontar con Foc (Figura 2). En la evaluación, todos los tratamientos difirieron en antibiosis contra Foc, siendo el tratamiento con confrontación de la cepa endófitas de *Trichoderma* HSC-5 el que presentó mayor grado de actividad antifúngica

(66.9%), seguido de HSC-10 (65.1%) y HSC-9 (60.5%), respectivamente (Figura 3).

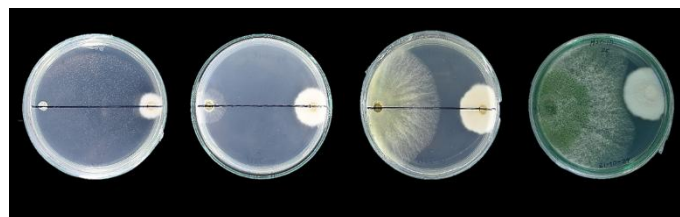


Figura 2. Crecimiento de Foc en presencia de cepas endófitas de *Trichoderma* spp. en un periodo de cuatro días.

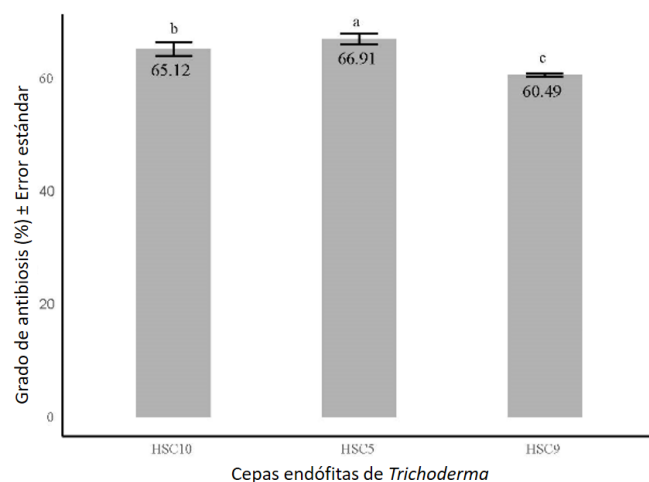


Figura 3. Análisis comparativo del grado de antibiosis 3 cepas endófitas de *Trichoderma* spp. (HSC-10, HSC-5 y HSC-9), realizado la función geom_bar del paquete ggplot2.

Crecimiento de las cepas microbianas

Adicionalmente, se realizaron comparaciones de la evolución del crecimiento radial de ambos microorganismos (Figura 4). Esto evidenció un crecimiento radial de las colonias de manera semejante en las primeras 24 horas; sin embargo, en las posteriores evaluaciones se evidenció un crecimiento más lento de Foc en comparación al de las cepas endófitas de *Trichoderma* (Figura 4A) y análogamente, la cepa HSC-10 presentó un mayor crecimiento en los primeros 3 de 4 días (7.24, 34.58, 46.64 y 47.08 mm), siendo solo superado en el cuarto día por la cepa HSC-5 (6.52, 25.8, 42.54 y 48.10 mm) (Figura 4B). En términos generales, las cepas de *Trichoderma* superan significativamente el desarrollo de Foc (cepa MC3), destacando la cepa HSC-10 como la del crecimiento radial más rápido, seguida de HSC-5 y HSC-9, respectivamente.

El crecimiento radial de la cepa de Foc en confrontación con cepas endófitas de *Trichoderma* spp. a los cuatro días de evaluación *in vitro* correspondiente a las 96 horas de evaluación, el crecimiento radial de Foc fue de 15.56 mm (en Foc vs HSC-5), 16.06 mm (en Foc vs HSC-9) y 16.8 mm (en Foc vs HSC-10) (Figura 5).

El crecimiento radial de la cepa Foc. en confrontación con cepas endófitas de *Trichoderma* spp. a los cuatro días de evaluación *in vitro* correspondiente a las 96 horas de evaluación, el crecimiento radial de Foc fue de 15.56 mm (en Foc vs HSC-5), 16.06 mm (en Foc vs HSC-9) y 16.8 mm (en Foc vs HSC-10) (Figura 5).

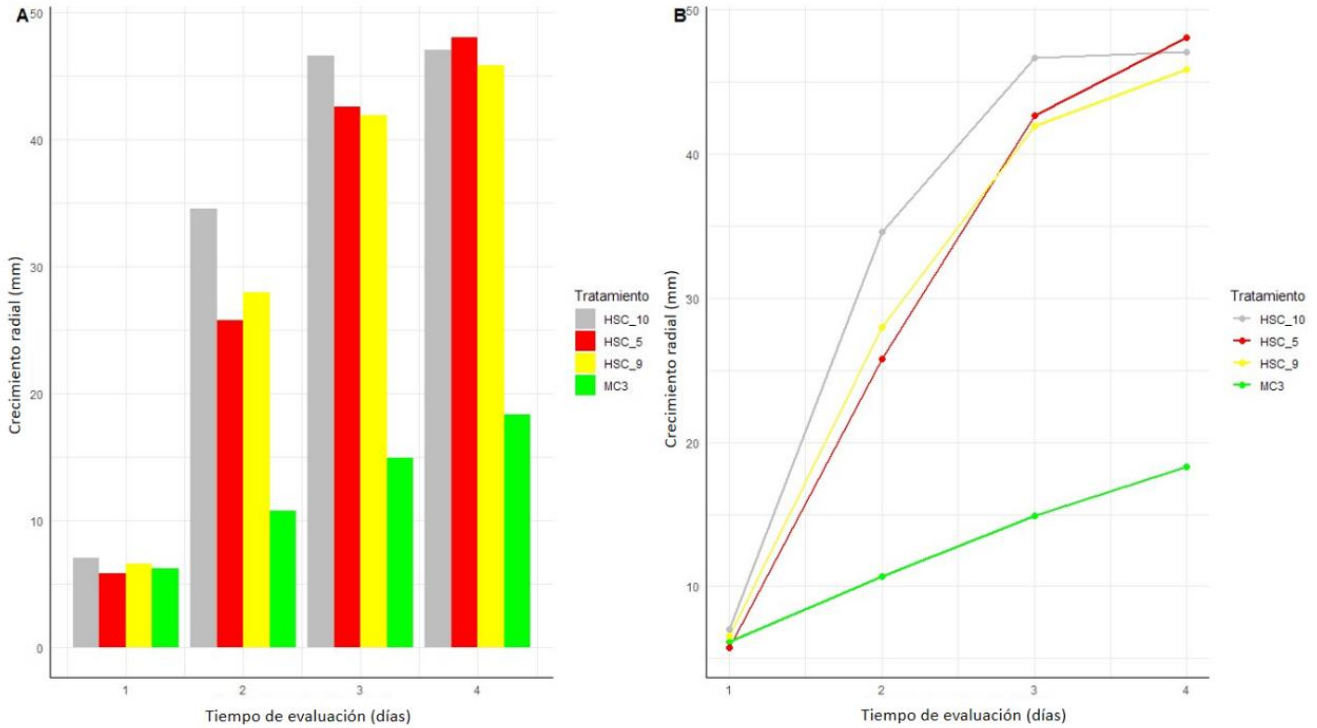


Figura 4. Evolución del crecimiento radial de Foc (cepa MC3) y cepas de *Trichoderma* (HSC-10, HSC-5 y HSC-9) realizado con la función geom_bar (A) y geom_line (B) del paquete ggplot2.

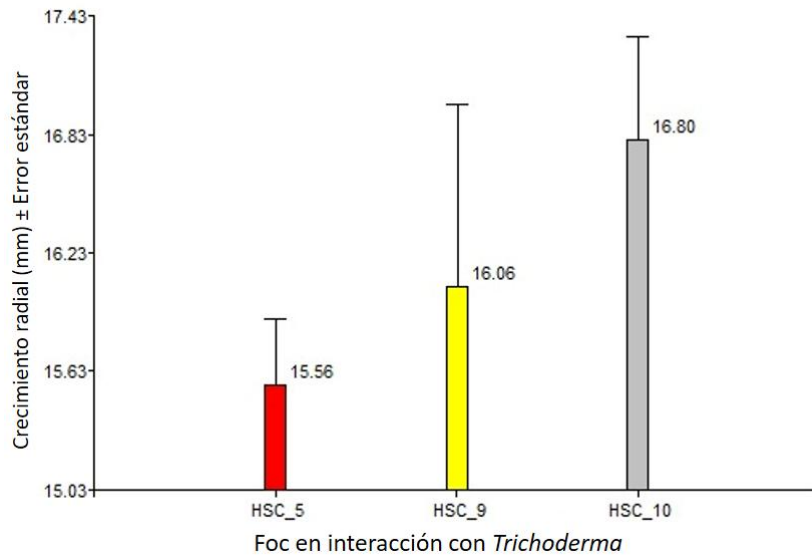


Figura 5. Crecimiento radial de la cepa de Foc en confrontación con cepas endófitas de *Trichoderma* spp. a los cuatro días de evaluación *in vitro*.

DISCUSIÓN

En la investigación se identificaron grados de inhibición de las cepas de *Trichoderma* HSC-5, HSC-9 y HSC-10, sobre *Foc*, con valores de 66.91%; 60.49% y 65.12%, respectivamente. Estos datos, se correlacionan con el porcentaje de antibiosis encontrado en *T. koningiopsis* (CSR-T-2) por Damodaran et al. (2020), con una inhibición de 62.65% en antibiosis con *Foc*; Pero también indican que *T. reesei* (CSR-T-3) presenta mayor inhibición (85.19%), mientras que *T. asperellum* (CSR-T-4) presentó una menor inhibición (50%) en condiciones de laboratorio, estas especies de *Trichoderma* se desarrollaron entre 48 y 72 horas después de inoculadas. Asimismo, Sudantha, (2021) realizó pruebas de antagonismo de diversas especies de *Trichoderma* (*T. harzianum*, *T. koningii*, *T. aureoviride*, *T. hamatum*, *T. viride*, y *T. piluliferum*) contra *Foc*, obteniéndose que *T. koningii*, *T. harzianum* y *T. viride*, fueron las más efectivas, con un grado de inhibición superior al 43% en el método de oposición directa y superior al 75%. En ese mismo sentido, Izquierdo et al. (2024) identificaron que *T. harzianum*, *T. koningii*, *T. viride*, *T. asperellum* y *T. koningiopsis*, presentan inhibición de *Foc* entre el 44.3% y el 85%. La mayor inhibición (85%) se observó con la formulación a base de *T. koningiopsis* (Th003), seguida de otros tratamientos basados en *Trichoderma* que redujeron el crecimiento del patógeno entre el 78% y el 82%. Por otro lado, Malaka et al. (2023) se evaluaron tratamientos con Carbendazim (500 SC) solo o combinados con *T. viride*, *T. harzianum* y *T. asperellum* encontrando que pueden suprimir hasta un 75% el crecimiento de *Fusarium* sp., además, mencionan que *T. asperellum* por sí solo alcanzó una supresión del 70-73%, mientras que *T. harzianum* logró una supresión del 61-67% en comparación con el control. Estos resultados indican que los bioproductos basados en *Trichoderma* son efectivos, pero la eficacia varía según la cepa y las condiciones de aplicación, aunque los resultados encontrados, son en condiciones de laboratorio. Por lo que es necesario realizar otras investigaciones en campo, para identificar el comportamiento y la adaptabilidad de estas cepas en el control de *Fusarium*.

Asimismo, se encontraron las cepas de *Trichoderma* HSC-5, HSC-9 y HSC-10, que presentaron inhibición en *Foc*, con valores radiales de 15.56; 16.06 y 16.8 mm, en cuanto al control presentó un crecimiento de 18.32 mm. Aunque Rodríguez y Wang, (2020) identificaron que especies de *T. asperellum*, *T. asperelloides* y *T. guizhouense*, presentaron antibiosis contra *F. oxysporum*, considerando un crecimiento radial de 26.5 mm; 39.3 mm; 41.2 mm y 32.1 mm en presencia de *Trichoderma* de EE. UU (THU-01), *Trichoderma* de Colombia (THC-02), *Trichoderma* de San Carlos, Costa Rica (THM-03) y *Trichoderma* de Cartago, Costa Rica (THM-04) teniendo un control con valores de 42.75 mm. Las dos investigaciones tomaron

en cuenta el encuentro antifúngico de al menos una de las cepas con el patógeno, para detener la toma de datos.

CONCLUSIONES

En esta investigación se encontró grados de antibiosis dentro de los parámetros normales de otras investigaciones, obteniendo valores como los de la cepa HSC-5 con una actividad antifúngica del 66.9%, seguido de HSC-10, con 65.1% y HSC-9 con 60.5%. Asimismo, se encontró que las cepas endófitas de *Trichoderma* superaron significativamente el crecimiento de *Foc*, destacando su potencial como agentes de biocontrol al inhibir su crecimiento en un escenario competitivo. Esto sugiere la necesidad de realizar ensayos de campo para determinar la eficacia de las cepas de endófitas *Trichoderma* en condiciones reales, considerando factores como la interacción con la microbiota del suelo y las condiciones ambientales. Por otro lado, la correlación entre el crecimiento y la actividad antifúngica de las cepas de *Trichoderma* spp., no es lineal. Aunque la cepa *Trichoderma* HSC-5 exhibió el mayor grado de antibiosis (66.9%), la cepa HSC-10 mostró mayor crecimiento durante el tiempo de evaluación, lo que sugiere que una cepa con una tasa de crecimiento más rápida no necesariamente será la que presente el mayor grado de antibiosis.

AGRADECIMIENTO

Los autores expresan su más sincero agradecimiento al Instituto de Investigación para el Desarrollo Sustentable de Ceja de Selva (INDES-CES) por facilitar las instalaciones del Laboratorio de Sanidad Vegetal a través del Dr. Manuel Alejandro Ix Balam, así como el apoyo técnico para el desarrollo del estudio. Asimismo, agradecemos también al Mg. Angel Fernando Huaman Pilco y al Bach. Henry Winsley Santillan Culquimboz, quienes proporcionaron las cepas de los hongos empleados en el estudio. Finalmente, reconocemos la valiosa orientación del asesor Mg. Segundo Grimaldo Chavez Quintana, cuya contribución fue fundamental para el fortalecimiento del presente trabajo.

CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

Conceptualización: J.D., E.C., L.A., A.L., J.L.; Metodología: J.D., E.C., L.A., A.L., J.L.; Investigación: J.D., E.C., L.A., A.L., J.L.; Redacción del manuscrito: J.D., E.C., L.A., A.L., J.L.; Revisión y edición: J.D., E.C., L.A., A.L., J.L.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran no tener ningún conflicto de interés.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andrade Hoyos, P., Rivera-Jiménez, M. N., Landero-Valenzuela, N., Silva-Rojas, H. V., Martínez-Salgado, S. J., & 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*. <https://doi.org/10.1016/j.ram.2023.06.005>
- Chulze, S. N. (2023). Agentes de control biológico de origen microbiano para reducir el impacto de hongos patógenos y toxicogénicos. *Revista Argentina de Microbiología*, 55(1), 1-2. <https://doi.org/10.1016/j.ram.2023.02.001>
- Damodaran, T., Rajan, S., Muthukumar, M., Ram Gopal, Yadav, K., Kumar, S., Ahmad, I., Kumari, N., Mishra, V. K., & Jha, S. K. (2020). Biological Management of Banana Fusarium Wilt Caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. cubense Tropical Race 4 Using Antagonistic Fungal Isolate CSR-T-3 (*Trichoderma reesei*). *Frontiers in Microbiology*, 11(December), 1–19. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2020.595845>
- Hernández Melchor, D. J., Ferrera-Cerrato, R., & Alarcón, A. (2019). *Trichoderma*: Importancia agrícola, biotecnológica, y sistemas de fermentación para producir biomasa y enzimas de interés industrial. *Chilean journal of agricultural & animal science, ahead*, 0. <https://doi.org/10.4067/s0719-38902019005000205>
- Izquierdo García, L. F., Carmona Gutiérrez, S. L., MorenoVelandia, C. A., Villarreal Navarrete, A. del P., Burbano David, D. M., Quiroga Mateus, R. Y., Gómez Marroquín, M. R., Rodríguez Yzquierdo, G. A., & Betancourt Vásquez, M. (2024). Microbial-Based Biofungicides Mitigate the Damage Caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. cubense Race 1 and Improve the Physiological Performance in Banana. *Of Fungi*, 10, 419.
- Leiva Espinoza, S. T. (2023). Diversidad Genética de *Trichoderma* Como Agente Biocontrolador de la Moniliasis (*Moniliophthora roreri*) para la Producción Sostenible del Cacao Nativo. In Repositorio Institucional de la Universidad Nacional Agraria La Molina. <https://hdl.handle.net/20.500.12996/5610>
- Li, N., Kim, K., Schlaghauer, C., & Kang, S. (2024). Multifaceted effects of volatile organic compounds released by *Fusarium oxysporum* on *Trichoderma* biocontrol agents. *Biological Control*, 105473. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2024.105473>
- Manayay Guevara, C. A. L., Córdova Rojas, L. M., García López, J. W., & Vásquez Vásquez, J. M. (2016). Efecto antagónico de una cepa de *Trichoderma* sp sobre *Fusarium* sp. En planta de tomate Río Grande (*Solanum lycopersicum*). *Investigación y Cultura*, 5(1), 64–68. <https://www.redalyc.org/journal/5217/521753139008/html/>
- Malaka, S. M., Thurair, D. M., Mwangi, M., & Bonuke, S. (2023). *Trichoderma* species have potential in suppressing *Fusarium oxysporum* f. sp cubense infecting banana in Kenya. *Journal of Applied Biosciences*, 186. <https://doi.org/10.35759/JABs.186.10>
- Meddad Hamza, A., Benzina, F., Meddad, C., Hamza, N., Reghmit, A., Ziane, H., & Ksentini, H. (2023). Biological control of arbuscular mycorrhizal fungi and *Trichoderma harzianum* against *Fusarium oxysporum* and *Verticillium dahliae* induced wilt in tomato plants. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 33(1). <https://doi.org/10.1186/s41938-023-00737-5>
- Rani, L., Thapa, K., Kanojia, N., Sharma, N., Singh, S., Grewal, A. S., Srivastav, A. L., & Kaushal, J. (2021). An extensive review on the consequences of chemical pesticides on human health and environment. *Journal Of Cleaner Production*, 283, 124657. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124657>
- Rios Hernández, T. A., Uc Varguez, A., & Evangelista Martínez, Z. (2021). Biological control of *Fusarium oxysporum* causal agent of gladiolus corm rot by streptomycetes. *Revista Mexicana de Fitopatología, Mexican Journal of Phytopathology*, 39(3), 391–413. <https://doi.org/10.18781/r.mex.fit.2105-3>
- Rodríguez García, D., & Wang Wong, A. (2020). Efectividad a nivel in vitro de *Trichoderma* spp. nativos e importados contra *Fusarium oxysporum*. *Agronomía Costarricense*, 44(2), 109–125. <https://doi.org/10.15517/rac.v44i2.43096>
- Sonkar, P., Purwar, S., Bhargva, P., Singh, R. P., Alkahtani, J., Al-Hashimi, A., Dwiningsih, Y., & Khan, S. (2024). In Silico Profiling, Docking Analysis, and Protein Interactions of Secondary Metabolites in *Musa* spp. Against the SGE1 Protein of *Fusarium Oxysporum* f. sp. cubense. *Computational Biology And Chemistry*, 113, 108230. <https://doi.org/10.1016/j.combiolchem.2024.108230>
- Sudantha, I. M. (2021). Characterization and virulence of *Fusarium oxysporum* f. sp. cubense cause wilt disease in banana plants and its biological control using endophytic fungi *Trichoderma* spp. at West Nusa Tenggara, Indonesia Characterization and virulence of *Fusarium oxys*. *Conf. Series: Earth and Environmental Science*. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/886/1/012016>

- Tyśkiewicz, R., Nowak, A., Ozimek, E., & Jaroszuć-Ścisieł, 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). <https://doi.org/10.3390/ijms23042329>
- Viera, W., 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-Verde-zoto, A. K., Báez, F. F. G., Vásquez-Castillo, W., & Jackson, T. A. (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>