

Evaluación de cepas de *Trichoderma* spp. con actividad antagonica contra *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* Raza 1 en la región de Urabá, Colombia

Kelly Maryori Ortiz Quintero¹, Andrés Mauricio Pinzón Núñez^{2*}, Gloria Marcela Pérez Ochoa², Laura Arango Palacio¹, Sebastián Zapata Henao²

¹Universidad Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid, Medellín, Antioquia, Colombia; ²Centro de investigaciones del banano-Cenibanano. Carepa, Antioquia, Colombia.

*Autor de Correspondencia:
Andrés Mauricio Pinzón-Núñez
andres.pinzonn@unad.com.co

Contribución:
Artículo Científico

Sección:
Fitosanidad

Recibido:
15 diciembre, 2024

Publicado:
30 abril, 2025

Cita:
Ortiz QKM, Pinzón NAM,
Pérez OGM, Arango PL y
Zapata HS. 2025. Evaluación
de cepas de *Trichoderma* spp.
con actividad antagonica contra
Fusarium oxysporum f. sp.
cubense Raza 1 en la región de
Urabá, Colombia. *Acorbat*
Revista de Tecnología y
Ciencia 2(1): 99
<https://doi.org/10.62498/ARTC.2599>

RESUMEN

El banano es una de las frutas tropicales más consumidas y comercializadas a nivel mundial. No obstante, su producción enfrenta una grave amenaza debido a la marchitez vascular, una enfermedad causada por el hongo *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* (Foc), considerada la más devastadora en la historia del cultivo de banano. Este hongo posee una alta variabilidad genética, lo que ha dado lugar a la aparición de diversas razas fisiológicas que afectan a diferentes cultivares de banano. En particular, la llegada de la raza 4 tropical (R4T) a América Latina ha generado gran preocupación, ya que se trata de una de las razas más destructivas, debido a su amplio rango de hospederos y a la falta de medidas eficaces para su erradicación. Esto ha impulsado la implementación de diversas estrategias para contener la enfermedad en las zonas afectadas y prevenir su expansión a regiones libres. Actualmente, las investigaciones se enfocan en el desarrollo de cultivares resistentes y en la aplicación de estrategias biológicas, como el uso de microorganismos antagonistas. En este sentido, *Trichoderma* spp., un hongo cosmopolita, se presenta como uno de los microorganismos más prometedores, debido a su capacidad para actuar mediante diversos mecanismos. El objetivo de este estudio fue evaluar cepas nativas de *Trichoderma* spp. aisladas de una finca en la región de Urabá, Colombia, con actividad antagonica frente a *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* Raza 1 (Foc R1), utilizándola como modelo para estudiar su efectividad contra Foc R4T. Los resultados obtenidos demostraron que la cepa TM5L12, aislada del suelo, presentó la mayor actividad antagonista en comparación con las otras cepas.

Palabras clave: Banano, marchitez por *Fusarium*, control biológico, *Trichoderma*, antagonismo

ABSTRACT

Bananas are one of the most consumed and marketed tropical fruits worldwide. However, its production faces a serious threat due to vascular wilt, a disease caused by the fungus *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* (Foc), considered the most devastating in the history of banana cultivation. This fungus possesses high genetic variability, which has led to the emergence of various physiological races that affect different banana cultivars. In particular, the arrival of tropical race 4 (R4T) in Latin America has generated great concern, as it is one of the most



destructive races due to its wide host range and the lack of effective measures for its eradication. This has driven the implementation of various strategies to contain the disease in the affected areas and prevent its spread to free regions. Currently, research is focused on the development of resistant cultivars and the application of biological strategies, such as the use of antagonistic microorganisms. In this sense, *Trichoderma* spp., a cosmopolitan fungus, emerges as one of the most promising microorganisms due to its ability to act through various mechanisms. The objective of this study was to evaluate native strains of *Trichoderma* spp. isolated from a farm in the Urabá region of Colombia, with antagonistic activity against *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* Race 1 (Foc R1), using it as a model to study its effectiveness against Foc R4T. The results obtained demonstrated that the TM5L12 strain, isolated from the soil, exhibited the highest antagonistic activity compared to the other strains.

Keywords: Banana, Fusarium wilt, biological control, *Trichoderma*, antagonism

INTRODUCCIÓN

El banano ocupa una posición importante entre los cultivos de mayor relevancia a nivel mundial, junto con el arroz, el trigo y el maíz (Perrier *et al.*, 2011). Colombia es el quinto país con mayor volumen de exportación, lo que convierte al banano en uno de los pilares de su economía. Sin embargo, diversas plagas y enfermedades son los principales factores que limitan su productividad. En ese contexto, la marchitez causada por el hongo *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* (Foc), un habitante natural del suelo, ha sido la enfermedad más devastadora para la agroindustria bananera hasta la fecha (Catambacan y Cumagun, 2021). Además, este hongo presenta una alta variabilidad genética, producto de procesos evolutivos, lo que ha dado lugar a la aparición de distintas razas fisiológicas, que afectan a diversos cultivares de banano de importancia económica y social. A esto se suma la fácil diseminación de sus estructuras reproductivas, como microconidios, macroconidios y clamidosporas, así mismo, el limitado conocimiento sobre la epidemiología de la enfermedad y la escasez de alternativas de manejo, lo que dificulta aún más su control (Munhoz *et al.*, 2024).

Fusarium oxysporum f.sp. *cubense* raza 4 tropical (Foc R4T) está distribuido a nivel mundial, y su primer caso en América fue reportado en 2019 en Colombia. Posteriormente, se detectó en Perú en 2021 y en Venezuela en 2023. Este brote ha generado gran preocupación en la industria bananera y ha activado diversas estrategias de control y prevención. En este sentido, las investigaciones están enfocadas en obtener material vegetal resistente y en la implementación de estrategias biológicas, mediante

el uso de microorganismos con actividad antagonista, lo cual constituye una alternativa clave en el manejo de la enfermedad (Munhoz *et al.*, 2024).

Los microorganismos benéficos no solo actúan de manera directa sobre el patógeno, sino que también influyen en las condiciones del suelo, interactuando con la microbiota de la rizosfera y generando suelos supresivos frente a *Foc* R4T (Damodaran *et al.*, 2020). Entre los microorganismos más prometedores se encuentra *Trichoderma* spp., un hongo cosmopolita ampliamente estudiado que ha demostrado diversos mecanismos de acción, como micoparasitismo, producción de enzimas que degradan las paredes fúngicas, promoción del crecimiento vegetal y la generación de metabolitos secundarios y compuestos volátiles (Qian *et al.*, 2019; Sánchez-Espinosa *et al.*, 2020). El objetivo de este estudio fue el aislamiento y la caracterización de cepas nativas de *Trichoderma* spp. provenientes de la región de Urabá, la principal zona exportadora de banano en Colombia, con potencial antagonico frente a *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense* raza 1. El propósito es que esta raza sirva como modelo biológico de investigación y que los resultados se puedan extrapolar a la R4T.

MATERIALES Y MÉTODOS

Zona de muestreo

Para la evaluación e identificación de cepas nativas de *Trichoderma* spp. con posible actividad antagonica frente a *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* (*Foc*) raza 1, se realizó un muestreo en el campo experimental y demostrativo Ramiro Jaramillo Sossa, adscrito al Centro de Investigaciones del Banano (CENIBANANO), ubicado en la subregión de Urabá, Antioquia (7° 49'25 °N 76 ° 38'55'W). En este sitio, se recolectaron muestras de suelo y se distribuyeron trampas de arroz con el fin aislar cepas de *Trichoderma* spp., a partir del sustrato colonizado. Cada uno de los puntos de muestreo fue georreferenciado mediante un GPS (Garmin GPSMAP 66i) (Figura 1).

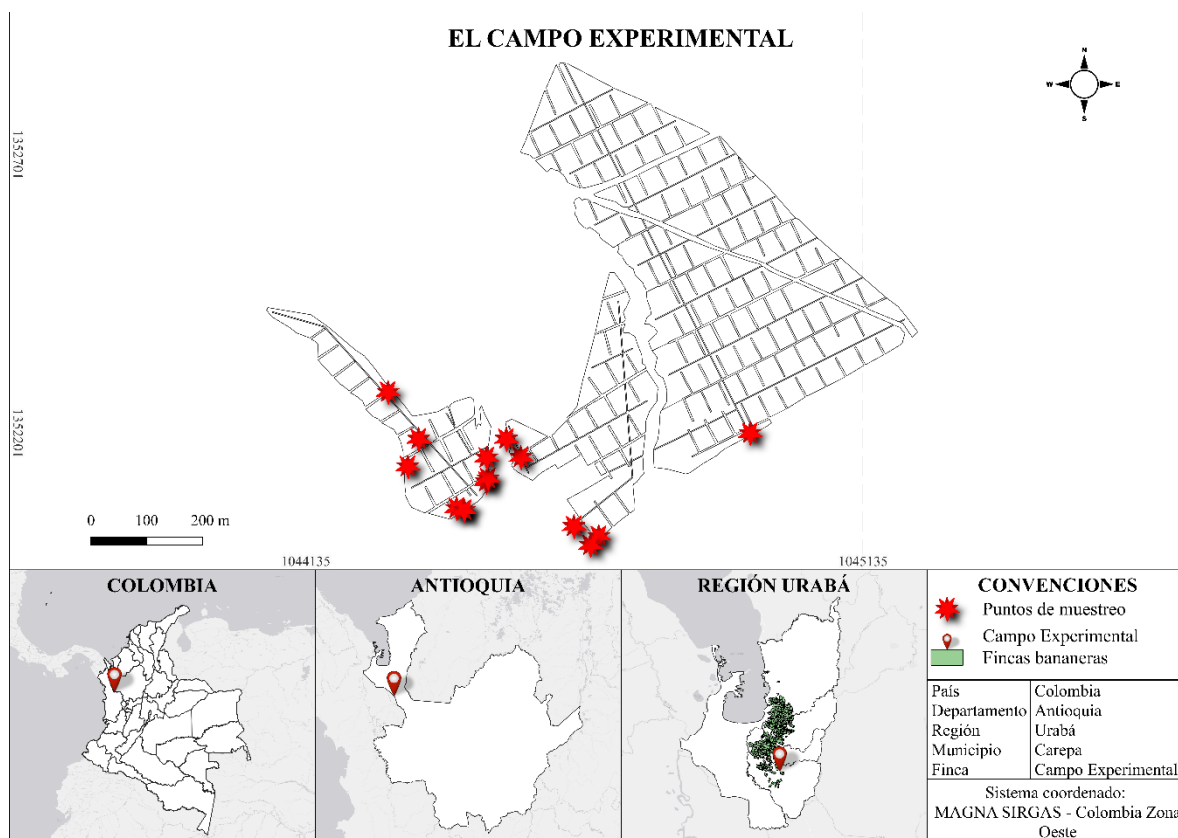


Figura 1. Mapa del campo experimental y demostrativo Ramiro Jaramillo Sossa, ubicado en la subregión del Urabá-Antioquia. Los asteriscos en rojo indican la disposición de las trampas de arroz. Los puntos verdes indican las muestras de suelo.

Cepa de *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* (*Foc*)

Cabe señalar que, debido a las restricciones y al alto riesgo que implica trabajar con la cepa de *Foc* R4T en la región de Urabá, zona declarada libre del patógeno, la presente investigación se llevó a cabo utilizando como modelo biológico una cepa de *Foc* R1, codificada como IB, que forma parte de la colección de hongos del laboratorio de CENIBANANO. Esta cepa fue aislada a partir de muestras de pseudotallo sintomático de plantas de banano Manzano (AAB) de la finca comercial "La Isla Bonita" (lat. 7°48'08" N, long. 76°41'25" W), que tiene un historial de 12 años de presencia de *Foc* R1. Los aislamientos fueron conservados previamente mediante el método de papel filtro. Para su reactivación, se colocó un trozo del papel colonizado en el centro de una caja Petri con medio de cultivo Agar Papa Dextrosa (PDA) (Difco™, Becton, Dickinson and company), suplementado con cloranfenicol (Colmed

international ®) a una concentración de 150 ppm para prevenir la contaminación bacteriana. La incubación se realizó durante 7 días a 27 °C.

Aislamiento de *Trichoderma* spp. a partir de muestras de suelo

Las muestras de suelo fueron recolectadas de un cultivo establecido de banano Cavendish, en los lotes 7, 8, 9, 11 y 12 del campo experimental, seleccionados según criterios de vigor de las plantas, productividad y proximidad a bosques nativos circundantes. También se muestrearon lotes afectados por otras enfermedades y expuestos a fumigación aérea para el control de la sigatoka negra. Los muestreos se realizaron utilizando un barreno, tomando muestras a 10 cm de profundidad y en la capa superficial del suelo, para un total de 12 muestras. Cada muestra fue depositada en tubos Falcon de 50 mL, debidamente marcados con la identificación del lote muestreado. Posteriormente, las muestras fueron trasladadas al laboratorio de CENIBANANO, donde fueron tamizadas para eliminar partículas de mayor tamaño. A continuación, se pesó 1 g de suelo por muestra y se suspendió en 9 mL de agua destilada estéril (ADE). De esta solución madre se realizaron diluciones seriadas hasta 10^{-5} . Luego, se tomaron 100 μ L de las diluciones 10^{-1} , 10^{-3} y 10^{-5} para sembrarlas en medio PDA (Figura 2), suplementado con cloranfenicol a una concentración de 100 ppm para evitar la contaminación bacteriana. Las cajas Petri fueron incubadas durante 7 días a 27 °C, realizando tres réplicas por dilución para cada muestra de suelo.

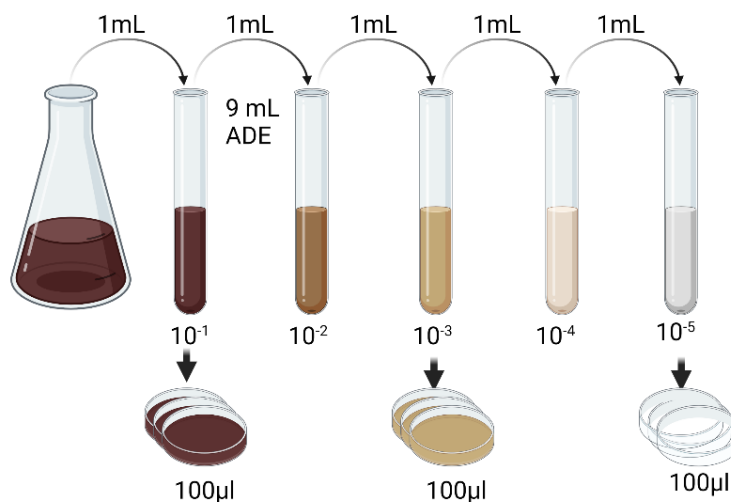


Figura 2. Diluciones seriadas a partir de muestras de suelo.

Transcurrido 5 días se observó el crecimiento presente en las cajas Petri. Se identificaron posibles colonias con características morfológicas de *Trichoderma* spp., como tonalidad verde esmeralda y un olor característico, similar al anisado o al coco. A continuación, se procedió a realizar la purificación de las cepas mediante cultivo monospórico.

Aislamiento de *Trichoderma* spp. a partir de trampas de arroz

Las trampas fueron distribuidas de acuerdo con los criterios previamente mencionados. Para preparar las trampas, en primer lugar, se lavó el arroz tres veces con ADE para hidratarlo. Luego, se calentó agua y se añadió el arroz, que se cocinó durante 20 min, posteriormente, se extrajo y se dejó secar en papel absorbente por 30 min. A continuación, se depositaron 100 gramos de arroz en bandejas de aluminio estéril, los cuales fueron sellados con una capa de gasa. Durante el recorrido, los recipientes se colocaron boca abajo a una profundidad de 10 cm en el suelo, cubriéndose posteriormente con el mismo suelo y residuos vegetales. Estos sitios se marcaron con una banderilla roja (Figura 3).

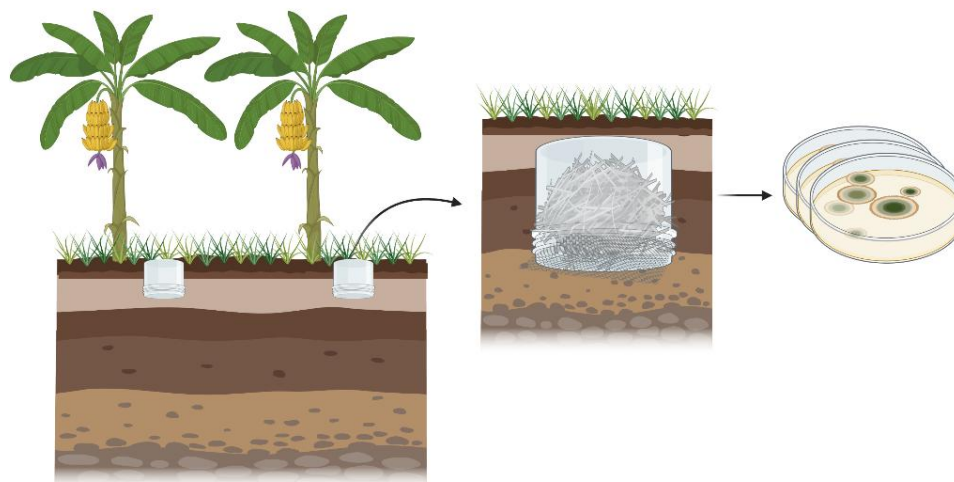


Figura 3. Disposición de trampas para la captura de microorganismos a partir de sustrato de arroz.

Transcurridos ocho días, se procedió a la recolección de las trampas, las cuales fueron trasladadas al laboratorio para su procesamiento y posterior aislamiento. En

primer lugar, se seleccionaron los granos de arroz que presentaban esporulación de color verde esmeralda, los cuales fueron sembrados en medio PDA e incubados durante cinco días a 27 °C. Posteriormente, se seleccionaron las colonias que mostraban características morfológicas similares a las reportadas por Manoharachary *et al.*, (2020), y estas fueron transferidas a nuevas cajas con medio PDA. Tras cinco días adicionales de incubación, se realizó la purificación de las cepas mediante un cultivo monospórico.

Prueba de antagonismo

Para evaluar el antagonismo, se realizaron enfrentamientos duales. En un extremo de cada placa Petri se sembró un disco del biocontrolador y, en el extremo opuesto, un disco del patógeno (*Foc R1*), de manera que ambos discos quedaran a una distancia de 1 cm de los bordes, tal como se muestra Figura 4.

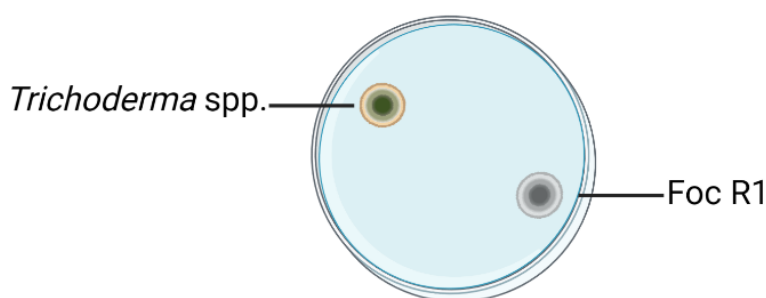


Figura 4. Descripción ilustrativa de prueba de antagonismo *Trichoderma* spp. vs *Foc R1* mediante enfrentamiento dual.

La evaluación del antagonismo consistió en medir el diámetro de crecimiento tanto del antagonista como del patógeno, y calcular el porcentaje de inhibición del crecimiento radial (PICR) utilizando la fórmula de Worasatit *et al.* (1994):

$$PICR = \left[\frac{Di - Dii}{Di} \right] * 100$$

Donde:

Di - Diámetro de la colonia del patógeno libre de antagonista.

Dii - Diámetro de la colonia del patógeno enfrentada con la cepa antagonista.

Análisis estadístico

El análisis de los datos se realizó utilizando un diseño completamente al azar, con 8 repeticiones y 4 réplicas por tratamiento. Se verificaron los supuestos de normalidad y homocedasticidad mediante los test de análisis de varianza (ANOVA), Bartlett y Tukey, utilizando la librería stats del software libre R (versión 4.2.2) (R Core Team, 2022). Además, se aplicó la metodología LSD de Fisher para la comparación de medias.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se obtuvo un total de siete cepas de *Trichoderma* spp., a partir de los diferentes lotes muestreados, de las cuales tres fueron aisladas de muestras de suelo y cuatro de trampas de arroz (Cuadro 1). Los aislados fueron purificados y caracterizados morfológicamente. Inicialmente, presentaron un micelio de color blanco uniforme y esponjoso que posteriormente adoptó una tonalidad verde esmeralda. Además, las colonias presentaron un aroma anisado y a coco característico de algunas especies. En la identificación microscópica, se observó un micelio septado, conidióforos ramificados perpendiculares, fiálides largas y delgadas, conidios citriformes y subglobosos, así como clamidosporas, características que corresponden al género *Trichoderma* según la descripción de Manoharachary *et al.* (2020) (Figura 5).

Cuadro 1. Codificación de las cepas nativas aisladas indicando lote y tipo de muestra.

Código	Hongo	Lote	Tipo de Muestra
TM12L7	<i>Trichoderma</i> spp.	Lote 7	Suelo
TM11L8	<i>Trichoderma</i> spp.	Lote 8	Suelo
TM5L12	<i>Trichoderma</i> spp.	Lote 12	Suelo
TAL7	<i>Trichoderma</i> spp.	Lote 7	Trampa de Arroz
TAL9	<i>Trichoderma</i> spp.	Lote 9	Trampa de Arroz
TAL11	<i>Trichoderma</i> spp.	Lote 11	Trampa de Arroz
TAL12	<i>Trichoderma</i> spp.	Lote 12	Trampa de Arroz

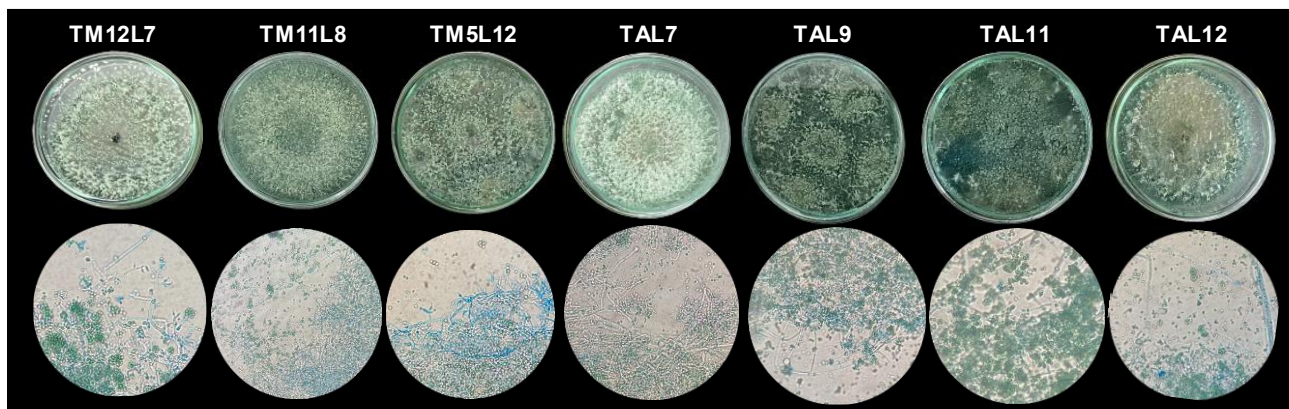


Figura 5. Registro fotográfico de las 7 cepas nativas aisladas de *Trichoderma* spp. caracterizadas macroscópica y microscópicamente.

En relación a las pruebas de antagonismo realizadas con las 7 cepas obtenidas, se observó que todas las cepas evaluadas presentaron un grado variable de antagonismo sobre *Foc* R1. Los aislados TM5L12, TAL9 y TM12L7 mostraron un porcentaje de inhibición del crecimiento radial (PICR) de 51, 46 y 42 %, respectivamente, frente a *Foc* R1 (Figura 6).

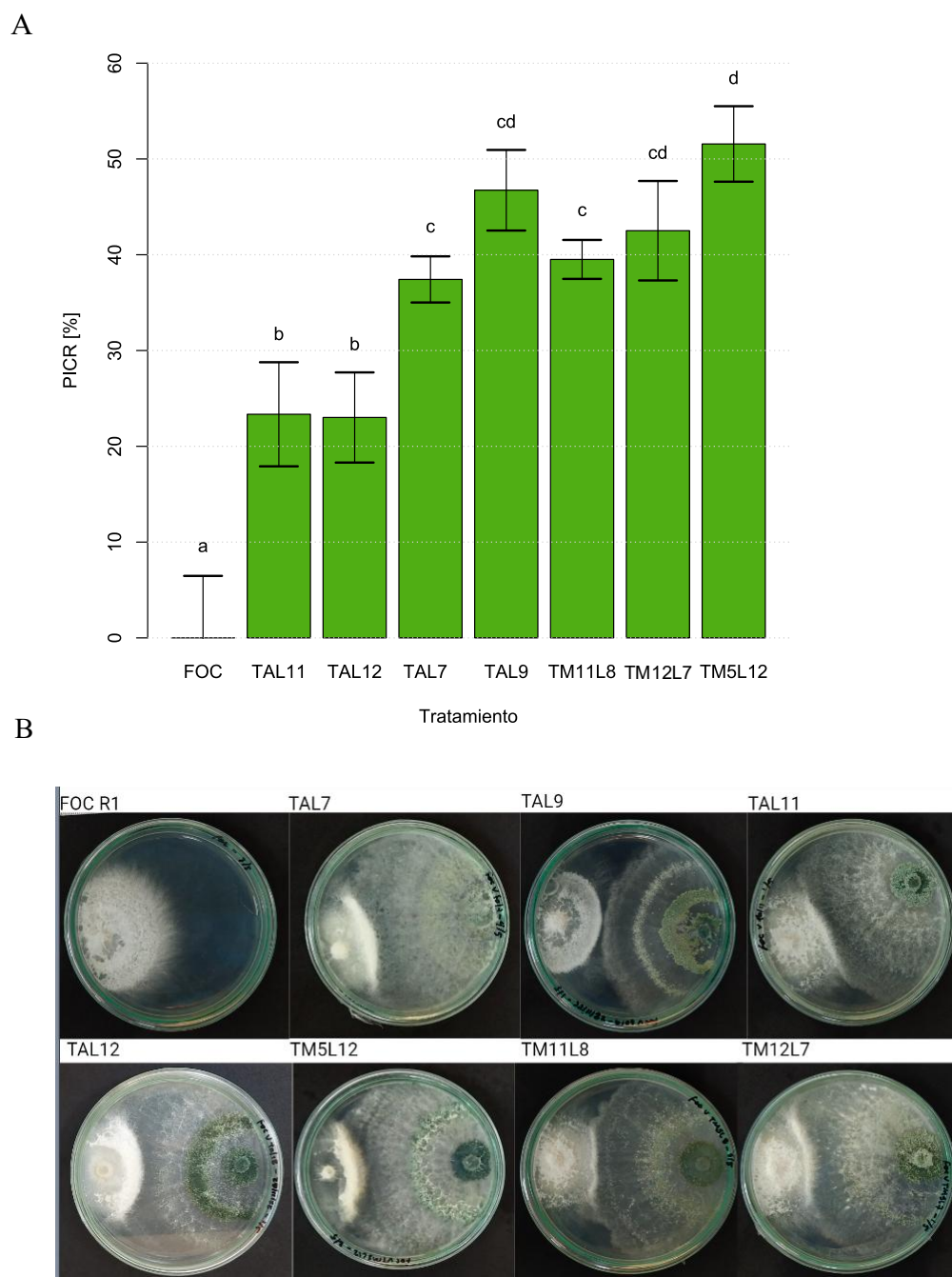


Figura 6. A Inhibición del crecimiento radial (PICR), expresada en porcentaje de las cepas nativas aisladas del campo experimental frente a *Foc R1*. Los valores presentados corresponden a la media $\pm$ SD. Las letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos, con un valor $p < 0.01$. **B** Registro fotográfico de los enfrentamientos duales entre las cepas de *Trichoderma* spp. y *Foc R1*.

Las relaciones y sinergias entre los organismos del suelo han sido clave para el desarrollo de estrategias efectivas para el control de enfermedades causadas por fitopatógenos. Muchos microorganismos poseen las capacidades de actuar como controladores biológicos, suprimiendo el desarrollo de los patógenos mediante la producción de compuestos volátiles, metabolitos secundarios, enzimas y la competencia por espacio y nutrientes, lo que crea un ambiente hostil para el patógeno. En este contexto, el control biológico ha cobrado gran relevancia en los últimos años, especialmente en sistemas de cultivo como el del banano, donde se ha trabajado con *Trichoderma* spp, un género de hongos que es habitante natural del suelo y reconocido como uno de los mejores agentes de control biológico (Bubici *et al.*, 2019).

La capacidad antagónica de *Trichoderma* spp. está ampliamente documentada. Al ser un hongo nativo del suelo, tiene la capacidad proteger las plantas y se ha considerado una alternativa eficaz para el control de enfermedades (Sánchez-Espinosa *et al.*, 2020). Su acción antagónica se basa en el micoparasitismo (Papavizas, 1985; Harman y Kubicek, 2014), debido a su capacidad para generar enzimas que degradan las paredes fúngicas, como quitinasas, glucanasas y proteasas (Qian *et al.*, 2019). Además, *Trichoderma* spp. produce compuestos orgánicos volátiles y antimicrobianos, y actúa indirectamente al inducir la respuesta de defensa de la planta (Bubici *et al.*, 2019; Sudantha, 2021). En ese contexto, la obtención de cepas nativas de *Trichoderma* spp. de plantaciones de banano con potencial antagónico permitirá la evaluación tanto en condiciones de invernadero, como en campo, y facilitará el estudio de las interacciones entre los agentes de biocontrol y los patógenos, así como su impacto en el crecimiento y desarrollo de las plantas.

Por otro lado, al analizar el diámetro radial de *Foc* R1 sin antagonista y en confrontación con las cepas nativas de *Trichoderma* spp., se observó que las cepas con mayor inhibición del crecimiento de *Foc* R1 fueron TM5L12, TAL9 y TM12L7, con porcentajes de 48, 53 y 57 %, respectivamente. Estas fueron seguidas por la cepa TM11L8 (60 %), TAL7 (62 %), TAL11 (76 %) y TAL12 (77 %). Estos resultados coinciden con el análisis inicial, donde la cepa TM5L12 mostró el mejor desempeño frente a *Foc* R1 (Figura 7).

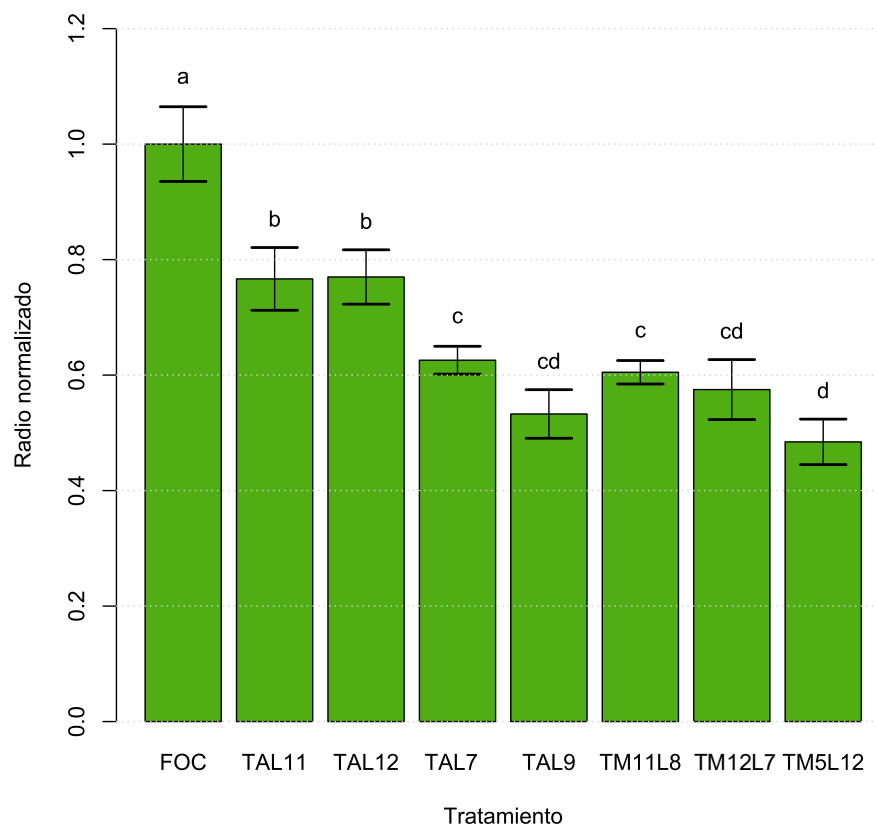


Figura 7. Comparación radial de *Foc* R1 enfrentadas con las cepas nativas de *Trichoderma* spp. aisladas del campo experimental.

Samaniego-Fernández *et al.* (2018), demostraron la notable capacidad antagonista de cepas de *Trichoderma* frente a diversos fitopatógenos del suelo, como *Rhizoctonia solani*, *Fusarium* spp. y *Sclerotium rolfsii*. Por otro lado, Sudantha, (2021), realizó aislamientos de endófitos de *Trichoderma* spp. a partir de plantas de banano, obteniendo cepas eficaces para suprimir el crecimiento del hongo *F. oxysporum* f. sp *cubense*. En un estudio similar, cepas de *Trichoderma* evaluadas contra *Foc* R4T produjeron metabolitos altamente tóxicos con fuerte actividad antagonista, inhibiendo el crecimiento del micelio en un rango de 50-96 % (Al-Ani, 2018). Además, investigaciones de Napitupulu *et al.*, (2019) mostraron que, luego de cinco días de crecimiento de *Trichoderma harzianum*, las estructuras del biocontrolador se superponían entre un 63 y 88 % de la superficie. Estas cepas produjeron metabolitos volátiles con actividad antimicrobiana que tuvieron efectos significativos en el crecimiento y desarrollo del patógeno.

El siguiente paso en esta línea de investigación consiste en enfocar los esfuerzos en la identificación y multiplicación de las cepas que han demostrado el mayor porcentaje de inhibición sobre *Foc* R1 en condiciones de laboratorio. Estas cepas seleccionadas serán evaluadas en ensayos bajo condiciones controladas en invernadero. Esta fase proporcionará información más precisa sobre la interacción entre los aislamientos de *Trichoderma* spp. y las plantas infectadas con *Foc* R1. De esta manera, no solo se podrá determinar su capacidad para reducir la actividad de este patógeno, sino también evaluar su potencial para generar un impacto positivo en el crecimiento y desarrollo de las plantas, como lo sugieren Zin y Badaluddin (2020).

Es fundamental evaluar el crecimiento de las cepas con mejor desempeño en las pruebas de antagonismo, con el objetivo de determinar su capacidad de proliferación para producción a gran escala. Así mismo, es necesario estudiar su adaptación a las condiciones de campo. Estos aspectos son clave para considerar una cepa de *Trichoderma* spp. como una opción viable y prometedora en biocontrol.

CONCLUSIONES

La cepa nativa TM5L12 de *Trichoderma* spp. aislada de muestras de suelo, mostró una capacidad antagonista cercana al 50% frente a *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* raza 1 (*Foc* R1) en comparación con otras cepas evaluadas. Este hallazgo permitirá realizar ensayos adicionales con esta cepa en plantas de banano tanto en invernadero como en campo. Además, las cepas nativas TAL9 y TM12L7 de *Trichoderma* spp. aisladas de trampa de arroz y de muestra de suelo respectivamente, también demostraron una notable actividad antagonista frente a *Foc* R1.

REFERENCIAS

1. Al-ani, L. K. T., & Albaayit, S. F. A. 2018. Antagonistic of some *Trichoderma* against *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* Tropical Race 4 (*Foc*TR4). The Eurasia Proceedings of Science Technology Engineering and Mathematics, 2: 35-38.
2. Bubici, G., Kaushal, M., Prigigallo, M. I., Gómez-Lama Cabanás, C., & Mercado-Blanco, J. 2019. Biological Control Agents Against *Fusarium* Wilt of Banana. *Frontiers in Microbiology*, 10. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmicb.2019.00616>.
3. Damodaran, T., Rajan, S., Muthukumar, M., Ram, G., 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. doi: 10.3389/fmicb.2020.595845.

4. Catambacan, D. G., & Cumagun, C. J. R. 2021. Weed-Associated Fungal Endophytes as Biocontrol Agents of *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* TR4 in Cavendish Banana. *Journal of Fungi*, 7 (3), 224. <https://doi.org/10.3390/jof7030224>.
5. Harman, G. E., & Kubicek, C. P. (Eds). 2014. *Trichoderma* And *Gliocladium*: Enzymes, biological control and commercial applications. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781482267945>.
6. Manoharachary, C., Singh, H. B., & Varma, A. (Eds.). 2020. *Trichoderma*: Agricultural Applications and Beyond. *Soil Biology*. doi:10.1007/978-3-030-54758-5.
7. Munhoz, T., Vargas, J., Teixeira, L., Staver, C., & Dita, M. 2024. *Fusarium* Tropical Race 4 in Latin America and the Caribbean: status and global research advances towards disease management. *Frontiers In Plant Science*, 15. doi: 10.3389/fpls.2024.1397617.
8. Napitupulu, T. P., Ilyas, M., Kanti, A., & Sudiana, I. M. 2019. In vitro evaluation of *Trichoderma harzianum* strains for the control of *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense*. *Plant Pathology Quarantine*, 9(1):152-159.
9. Papavizas, G. C. 1985. *Trichoderma* and *Gliocladium*: Biology, Ecology, and Potential for Biocontrol. *Annual Review of Phytopathology*, 23(1), 23-54. <https://doi.org/10.1146/annurev.py.23.090185.000323>.
10. Perrier, X., Langhe, E. D., Donohue, M., Lentfer, C., Vrydaghs, L., Bakry, F., Carreel, F., Hippolyte, I., Horry, J.-P., Christophe, J., Lebot, V., Risterucci, A.-M., Tomekpe, K., Doutrelepont, H., Ball, T., Manwaring, J., Maret, P. de, & Denham, T. 2011. Multidisciplinary perspectives on banana (*Musa* spp.) domestication. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 108(28): 11311-11318. <https://doi.org/10.1073/pnas.1102001108>.
11. Qian, Y., Zhong, L., Sun, Y., Sun, N., Zhang, L., Liu, W., Qu, Y., & Zhong, Y. 2019. Enhancement of Cellulase Production in *Trichoderma reesei* via Disruption of Multiple Protease Genes Identified by Comparative Secretomics. *Frontiers in Microbiology*, 10. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmicb.2019.02784>.
12. Samaniego-Fernández, L., Harouna, M., Corbea, O., Castillo, A. J., & Placeres-Espinosa, I. 2018. Isolation, identification, and evaluation of indigenous strains of *Trichoderma* spp. As antagonistic fungi of soil pathogens. *Revista de Protección Vegetal*. 33(3).
13. Sánchez-Espinosa, A. C., Villarruel-Ordaz, J. L., & Maldonado-Bonilla, L. D. 2020. The cause and potential solution to the *Fusarium* wilt disease in banana plants. *Terra Latinoamericana*, 38(2), 435-442. <https://doi.org/10.28940/terra.v38i2.617>.
14. Sudantha, I. 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. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 886, 012016. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/886/1/012016>.
15. Worasatit, N., Sivasithamparam, K., Ghisalberti, E. L., & Rowland, C. 1994. Variation in pyrone production, lytic enzymes and control of *Rhizoctonia* root rot of wheat among single-spore isolates of *Trichoderma koningii*. *Mycological Research*, 98(12):1357-1363. [https://doi.org/10.1016/S0953-7562\(09\)81063-0](https://doi.org/10.1016/S0953-7562(09)81063-0).
16. Zin, N. A., & 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>.