Agrotecnia de Cuba
Vol. 49, enero-diciembre 2025
e-ISSN: 2414-4673 | e-RNPS: 2120
p-ISSN: 0568-3114 | p-RNPS: 0353
https://cu-id.com/2120/v49e13

ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN

CONTROL BIOLÓGICO DE *MACROPHOMINA PHASEOLINA* (TASSI) MEDIANTE CEPAS DE *TRICHODERMA* SSP. Y *CLADOBOTRYUM SEMICIRCULARE*

Biological control of *Macrophomina phaseolina* (Tassi) using strains of *Trichoderma* ssp. and *Cladobotryum semicirculare*

Beatriz Ramos García[1*], Amaia Ponce de la Cal[2], Yamilet Baró Robaina[2], Yakelin Hernández Fundora[1], José Francisco Gil[1]

[1]Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical "Alejandro de Humboldt" (INIFAT). Calle 188 no. 38754 e/ 397 y Linderos, Santiago de las Vegas. La Habana. Cuba. E-mail: labhongo4@inifat.co.cu, biosuelo@inifat.co.cu, genetica11@inifat.co.cu

[2]Instituto de Investigaciones de Sanidad Vegetal, (INISAV). Calle 110 No.514 e/ 5ta B y 5ta F, Playa. La Habana, Cuba. E-mail: ami.ponce90@gmail.com, robainabaro@gmail.com

RESUMEN: *Macrophomina phaseolina* es un hongo fitopatógeno del suelo con amplia distribución y un extenso rango de hospedantes, responsable de la pudrición carbonosa de más de 500 especies vegetales, incluidas leguminosas de importancia agrícola. En Cuba, su elevada incidencia representa un reto para la producción sostenible de estos cultivos, debido a la limitada disponibilidad de métodos de control eficaces y seguros para el ambiente. Este estudio tiene como objetivo evaluar *in vitro* el efecto antagonista de cinco cepas de *Trichoderma spp.* y una cepa de *Cladobotryum semicirculare* frente a *M. phaseolina* (cepa PF1). Se utilizó el método de cultivo dual y se analizaron tres mecanismos de acción: competencia por espacio y nutrientes, antibiosis y micoparasitismo. Las cepas de *Trichoderma* mostraron un alto nivel de inhibición del crecimiento del patógeno, mientras que *C. semicirculare* evidenció potencial antagónico mediante mecanismos directos combinados. Los resultados confirman la viabilidad del uso de hongos antagonistas como una alternativa biológica prometedora para el manejo integrado de *M. phaseolina* en sistemas de producción de leguminosas.

Palabras clave: antagonismo, antibiosis, biocontrol y micoparasitismo.

ABSTRACT: *Macrophomina phaseolina* is a soilborne phytopathogenic fungus with a wide distribution and host range, responsible for charcoal rot in more than 500 plant species, including agriculturally important legumes. In Cuba, its high incidence poses a challenge to the sustainable production of these crops due to the limited availability of effective and environmentally safe control methods. This study aims to evaluate in vitro the antagonistic effect of five strains of *Trichoderma* spp. and one strain of *Cladobotryum semicirculare* against *M. phaseolina* (strain PF1). The dual culture method was used to analyze three mechanisms of action: competition for space and nutrients, antibiosis, and mycoparasitism. The *Trichoderma* strains showed a high level of inhibition of the pathogen's growth, while *C. semicirculare* demonstrated antagonistic potential through combined direct mechanisms. The results confirm the feasibility of using antagonistic fungi as a promising biological alternative for the integrated management of *M. phaseolina* in legume production systems.

Key words: antagonism, antibiosis, biocontrol, mycoparasitism.

[*]Correspondencia a: beatrizramosgarcia1519@gmail.com
Recibido: 05/08/2025
Aceptado: 07/11/2025
Conflicto de intereses: Los autores declaran que no existen conflictos de intereses
Contribución de los autores: Beatriz Ramos García: **Conceptualización, curación de datos, análisis formal, investigación, metodología, administración del proyecto, supervisión, redacción - revisión y edición.** Amaia Ponce de la Cal: **Curación de datos, análisis formal, investigación, metodología. redacción - revisión y edición.** Yamilet Baró Robaina: **Curación de datos, análisis formal, investigación, metodología, redacción - revisión y edición.** Yakelin Hernández Fundora: **Curación de datos, metodología, supervisión. redacción - revisión y edición**. José Francisco Gil Vidal: **Curación de datos, supervisión, validación**.

Este artículo se encuentra bajo los términos de la licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial (CC BY-NC 4.0).
https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/

INTRODUCCIÓN

Macrophomina phaseolina (Tassi) Goid, es un hongo fitopatógeno del suelo de gran importancia a nivel mundial. Es conocido por su capacidad para causar pudrición carbonosa, afectando a más de 500 especies vegetales, entre ellas numerosas leguminosas (Banaras *et al*., 2021). Este patógeno presenta una elevada variabilidad genética y una notable capacidad de adaptación, lo que dificulta en gran medida su control (Pandey *et al*., 2020).

En Cuba, la incidencia de *M. phaseolina* es elevada debido a las condiciones climáticas propicias para su desarrollo. Se le reconoce como uno de los patógenos más importantes en el cultivo de *Phaseolus vulgaris*. Este hongo ataca principalmente las raíces y la base del tallo del cultivo, aunque también puede afectar las vainas. Su mecanismo de acción consiste en invadir los tejidos vasculares, obstruyendo los conductos y liberando toxinas que interfieren con la absorción de agua y nutrientes. Como consecuencia, la planta presenta marchitez, pudrición del tallo y las raíces, lo que finalmente conduce a su muerte y a pérdidas económicas significativas (Alizadeh *et al*., 2025). Su manejo es particularmente complejo, no solo por su biología como patógeno del suelo, sino también por la limitada disponibilidad de ingredientes activos eficaces para su control (Díaz-Díaz *et al*., 2022).

Diversas estrategias se emplean en el control de enfermedades fúngicas, destacándose el uso de productos biológicos por su bajo impacto ambiental, su inocuidad para los cultivos y su seguridad para la salud humana. Desde 2010, en Cuba se ha fomentado la producción de estos insumos agrícolas (Carreras, 2018). Biofertilizantes, bioplaguicidas y bioestimulantes se reconocen como herramientas clave en la agricultura sostenible (Chávez *et al*., 2020), al ofrecer alternativas más económicas y menos tóxicas que los compuestos químicos, con el potencial de sustituirlos parcial o totalmente.

No obstante, la información disponible sobre la efectividad de las estrategias de mitigación y el uso de productos biológicos en el control de *M. phaseolina* aún es limitada. Márquez *et al*. (2021) realizaron una revisión detallada sobre las características generales de la patogenicidad de *M. phaseolina* y los métodos actuales de control, destacando la dificultad de su manejo debido a su amplio rango de hospedantes y su persistencia en el suelo en forma de microesclerocios.

Por ello, el presente estudio tiene como objetivo evaluar *in vitro* el efecto antagonista de cinco cepas de *Trichoderma spp.* y una cepa de *Cladobotryum semicirculare* (G.R.W. Arnold, R. Kirschner y Chee J. Chen), frente a *M. phaseolina* (cepa PF1), utilizando el método de cultivo dual. Estos análisis contribuirán a identificar alternativas viables y sostenibles para el manejo de este hongo fitopatógeno, con un bajo impacto ambiental.

MATERIALES Y MÉTODOS

Origen del material biológico

El presente trabajo se realizó con la cepa *Macrophomina phaseolina* (PF1), aislada de *Phaseolus vulgaris* y conservada en la Colección de Cultivos Puros de Hongos del INIFAT (853 WFCC). Se emplearon como cepas controles cinco cepas de *Trichoderma spp.* pertenecientes a la Colección de Cultivos Microbianos del INISAV (Tabla 1) y una cepa de *Cladobotryum semicirculare* (1698), del INIFAT.

Tabla 1. Cepas de *Trichoderma* spp. utilizadas en el estudio

Cepa	Identificación morfológica
LBAT86	*Trichoderma afroharzianum* (complejo *T. harzianum*)
LBAT87	*Trichoderma afroharzianum* (complejo *T. harzianum*)
LBAT88	*Trichoderma virilente* (complejo *T. viridiscens*)
LBAT90	*Trichoderma viridiscens* (complejo *T. viridiscens*)
LBAT53 (control positivo)	*Trichoderma harzianum* (complejo *T. harzianum*)

Las cepas de *Trichoderma spp, Cladobotryum semicirculare* y *Macrophomina phaseolina* (PF1), se cultivaron en medio Papa Dextrosa Agar (PDA, BioCen) en condiciones de oscuridad a 30 ± 1°C para preparar el inóculo. Se establecieron diferentes tratamientos (cinco enfrentamientos con *Trichoderma* y uno con el patógeno *Macrophomina* como testigo) y otros tres con la cepa de *Cladobotryum* (control, el patógeno *Macrophomina* y el enfrentamiento de ambos). Cada tratamiento con cinco réplicas.

Actividad fungicida *in vitro* con cepas de *Trichoderma* spp.

La actividad antagonista se evaluó mediante el método de cultivo dual (Vera Loor *et al*., 2020), sembrando discos de 5 mm de cada hongo en extremos opuestos de placas de Petri (90 mm)

Agrotecnia de Cuba
e-ISSN: 2414-4673 p-ISSN: 0568-3114

con medio PDA. Las placas se incubaron en oscuridad a 30 ± 1 °C, por 10 días. Se realizaron mediciones del crecimiento radial del patógeno cada 24 horas y se evaluaron tres modos de acción: competencia por espacio y nutrientes, porcentaje de inhibición del crecimiento radial (PICR) y antibiosis.

Se aplicó la escala de antagonismo de Bell *et al.* (1982) para clasificar el grado de antagonismo. Se consideró antagónica una cepa si obtuvo una puntuación ≤ 2.

Competencia por espacio y nutrientes: El porcentaje de inhibición del crecimiento radial (PICR) se calculó según Jeyaseelan *et al.* (2012): PICR (%) = ((R1 - R2) / R1) × 100, donde *R1* es el crecimiento radial del testigo y *R2* el del tratamiento.

Antibiosis: Se valoró mediante el PICR a las 24 y 48 horas, cuando aún no existía contacto físico entre los hongos.

Análisis estadístico: Se utilizó un diseño completamente al azar. Los datos se analizaron mediante ANOVA de clasificación simple y test de Tukey ($p < 0,05$) (Lerch 1977), usando el software InfoStat versión 2008 para Windows (Di Rienzo *et al.*, 2008).

Actividad fungicida *in vitro* con *Cladobotryum semicirculare*

Se evaluó el antagonismo de la cepa 1698 mediante el método de cultivo dual, empleando placas de Petri con medio sólido de avena. Se sembraron discos de 5 mm del antagonista y del patógeno a 4 cm de distancia. Las placas se incubaron a temperatura ambiente (26-28 °C), durante 7 días.

Como controles se utilizaron placas con cada hongo por separado. Se evaluaron los tres mecanismos de acción anteriormente descritos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Actividad fungicida *in vitro* con cepas de *Trichoderma* spp.

Competencia por espacios y nutrientes

Los resultados del cultivo dual mostraron que todas las cepas de *Trichoderma* evaluadas presentan una velocidad de crecimiento superior a la de *Macrophomina phaseolina*. A los 7 días, todas se ubicaron en la clase 1 de la escala de Bell *et al.* (1982) (Tabla 2), lo que indica un alto efecto antagónico, con detención total del crecimiento del patógeno al contacto con el antagonista (Figura 1).

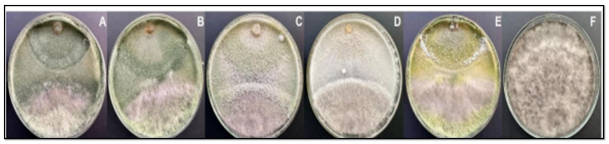


Figura 1. Cultivo dual entre cepas de *Trichoderma* y *M. phaseolina* a los 7 días. A-E: cepas LBAT86 a LBAT53. F: testigo (*M. phaseolina* PF1)

Como se observa en la Figura 1, todas las cepas evaluadas, incluida la cepa control LBAT53, crecieron sobre la colonia del patógeno y esporularon sobre ella. Las cepas LBAT87, LBAT88 y LBAT90 mostraron este comportamiento desde las 96 horas, cubriendo casi por completo la colonia del patógeno en ese momento.

Estos resultados coinciden con lo reportado por Solórzano Arroyo y Vargas-Chacón (2021), quienes evaluaron 23 aislamientos de *Trichoderma asperellum* frente a *Rhizoctonia solani* y *Fusarium oxysporum*, clasificando varios de ellos en la clase 1 de la escala de Bell (es el nivel más alto de antagonismo observado en ensayos de cultivo dual), lo que evidencia su alto potencial antagónico y velocidad de crecimiento.

Tabla 2. Inhibición del crecimiento radial de *M. phaseolina* cepa PF1 por las cepas de *Trichoderma* en cultivo dual y clasificación del grado de antagonismo, según la escala de Bell *et al.* (1982)

Cepas de *Trichoderma*	Porcentaje de inhibición del crecimiento radial (%) de *M. phaseolina* (PF1)					Clase de antagonismo
	24h	48h	72h	96h	7d	
LBAT86	0.00 a	0.00 a	41.10 b	62.30 d	100.00b	1
LBAT87	5.96 ab	5.96 ab	69.07 d	98.75 c	100.00b	1
LBAT88	17.22 c	17.22 b	73.10 d	100.00 c	100.00b	1
LBAT90	15.89 bc	15.89 b	70.55 d	96.26 c	100.00b	1
LBAT53	1.32 a	0.00 a	45.97 c	67.60 b	100.00b	1

Medias con letras distintas, en una misma columna indican diferencias significativas (Anova y prueba de Tukey, p≤ 0,05)

Agrotecnia de Cuba
e-ISSN: 2414-4673 | p-ISSN: 0568-3114

Todas las cepas de *Trichoderma* mostraron un crecimiento superior al 40 % a partir de las 72 horas, con diferencias significativas respecto al testigo. Esta competencia *in vitro* está influenciada por la velocidad de crecimiento y factores externos como el tipo de sustrato, pH y temperatura. Zubieta-Coronado *et al*. (2021) demostraron que cepas de *Trichoderma sp.* y *Aspergillus sp.* presentaron una fuerte capacidad de inhibición frente a *Sclerotinia sp*., destacando que la eficiencia del antagonismo estuvo estrechamente relacionada con la rapidez de colonización del medio y la ausencia de estructuras de resistencia del patógeno. A pesar del rápido desarrollo de *M. phaseolina*, las cepas de *Trichoderma* lograron dominar el espacio, reforzando su capacidad competitiva.

El crecimiento rápido de las cepas y su capacidad para cubrir por completo al patógeno a los 8 días, evidencia una fuerte competencia por espacio y nutrientes, una de las principales estrategias ecológicas de exclusión en el control biológico. Estos resultados coinciden con lo reportado por Andrade-Hoyos *et al*. (2023), quienes destacan que la eficiencia competitiva de *Trichoderma spp.* se debe a su alta tasa de crecimiento, su capacidad para colonizar rápidamente el sustrato y su habilidad para aprovechar los recursos del medio, lo que le permite desplazar a diversos fitopatógenos en condiciones agrícolas.

Antibiosis

Previo al contacto físico (24 y 48 h), se observó un efecto inhibitorio significativo sobre el crecimiento de *M. phaseolina*, con valores de PICR superiores al 15 % en las cepas LBAT88 y LBAT90. La cepa LBAT88 presentó el mayor valor con un 17,22 %. Este efecto se atribuye a la producción de metabolitos con propiedades fungistáticas secretados al medio, lo que ha sido descrito como antibiosis. En un estudio reciente, Vera *et al*. (2025) demostraron que cepas de *Trichoderma harzianum*, *T. virens* y *T. asperellum* inhibieron significativamente el crecimiento de *Fusarium oxysporum* mediante la secreción de compuestos antifúngicos, destacándose *T. asperellum* con un PICR del 56,69 % en ensayos de antibiosis *in vitro.*

A las 96 horas, todas las cepas exhibieron un porcentaje de inhibición del crecimiento radial (PICR) superior al 60 %, destacándose LBAT87, LBAT88 y LBAT90 con valores superiores al 96 %. Estas diferencias fueron estadísticamente significativas respecto al resto. A los 8 días, todas las cepas alcanzaron un 100 % de inhibición, cubriendo completamente la colonia del patógeno.

Los resultados obtenidos en este estudio confirman el alto potencial antagonista de las cepas de *Trichoderma spp.* frente a *Macrophomina phaseolina*, evidenciado por la inhibición significativa del crecimiento micelial, tanto por competencia como por antibiosis. La ubicación de todas las cepas en la clase 1 de la escala de Bell *et al.* (1982) refuerza su eficacia como agentes de biocontrol, al igual que lo reportado por Solórzano Arroyo y Vargas-Chacón (2021), quienes clasificaron múltiples aislamientos de *T. asperellum* en dicha categoría por su capacidad de sobrecrecimiento y esporulación sobre patógenos.

Además, la inhibición temprana del crecimiento del patógeno, observada antes del contacto físico (a las 48 horas), sugiere la producción de metabolitos con propiedades fungistáticas, lo que respalda el mecanismo de antibiosis descrito por Vera *et al*. (2025) en cepas de *Trichoderma* con actividad antifúngica frente a *Fusarium oxysporum*.

Actividad fungicida *in vitro* de *Cladobotryum semicirculare*

Competencia por el substrato

En la Figura 2 se observa que la cepa 1698 (control) presentó un crecimiento promedio de 90 mm de diámetro, similar al testigo de *Macrophomina phaseolina*. Sin embargo, en el enfrentamiento dual, el crecimiento del patógeno fue visiblemente reducido, lo que evidencia una fuerte competencia por el sustrato. Este mecanismo de control biológico ha sido ampliamente documentado en cepas de *Trichoderma spp.* por su capacidad de colonización rápida y eficiente del medio (Cortés-Hernández *et al*., 2023).

Antibiosis

El análisis del PICR reveló que la cepa *Cladobotryum semicirculare* (1698) inhibió progresivamente el crecimiento de *M. phaseolina*, alcanzando un 31,9 % al quinto día del enfrentamiento (Figura 3), lo cual representa un nivel aceptable de antagonismo. Esta inhibición temprana, antes del contacto físico, sugiere la producción de metabolitos con propiedades fungistáticas.

Agrotecnia de Cuba
e-ISSN: 2414-4673 p-ISSN: 0568-3114

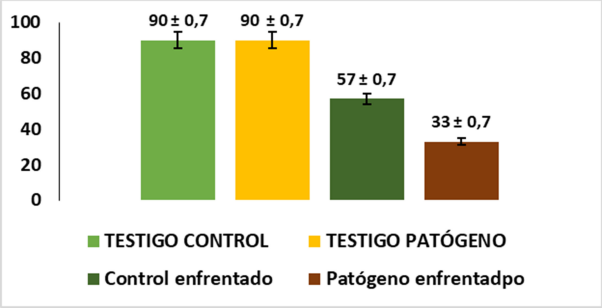


Figura 2. Crecimiento micelial promedio de los cinco tratamientos (mm), sobre medio de cultivo, de la cepa *Cladobotryum semicirculare* (1698, testigo) y de *M. phaseolina* (PF1, patógeno) y el enfrentamiento entre ambas

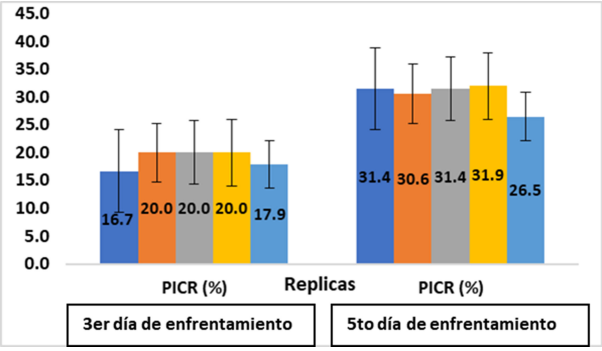


Figura 3. Porcentaje de inhibición de *M. phaseolina* enfrentado a la cepa *Cladobotryum semicirculare* (1698)

Estudios recientes han confirmado que algunas cepas fúngicas secretan compuestos tales como harzianina, peptaiboles y enzimas hidrolíticas que afectan directamente la integridad de los patógenos (Vera *et al.*, 2025).

Se observa un incremento en el porcentaje de inhibición (PICR) desde el 3er día (**media = 18.92% ± 1.52**) al 5to día (**media = 30.36% ± 2.07**). Este aumento sugiere una mayor eficacia del tratamiento con el tiempo, aunque con mayor variabilidad en los resultados del 5to día.

Micoparasitismo

Durante el enfrentamiento con la cepa 1698 se observaron engrosamientos hifales y lisis celular en las hifas de *M. phaseolina* (Figura 4), lo que evidencia un proceso de micoparasitismo. Este fenómeno implica una interacción directa en la que el hongo antagonista penetra, enrolla y degrada las hifas del patógeno mediante la secreción de enzimas líticas. Según Flores-Moctezuma *et al.* (2022), este mecanismo incluye reconocimiento, adhesión, formación de haustorios y absorción intracelular, lo que culmina en la desorganización estructural del hospedero.

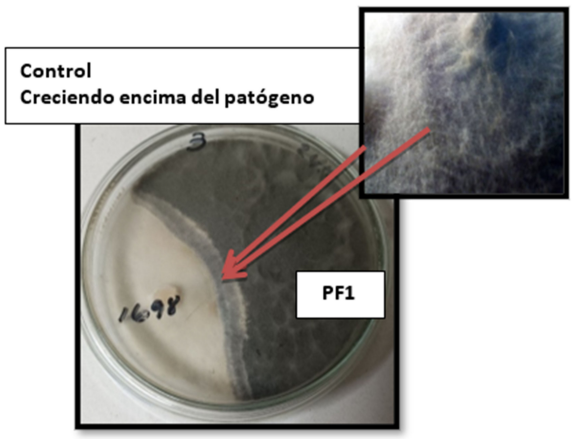


Figura 4. Enfrentamiento de las colonias de la cepa control contra el patógeno *Macrophomina phaseolina* (PF1)

La cepa de *Cladobotryum semicirculare* (1698), aunque menos documentada en la literatura como agente de biocontrol, también demostró ser eficaz al exhibir competencia por el sustrato, efecto antibiótico intermedio y signos claros de micoparasitismo observados bajo el microscopio. Esta combinación de mecanismos sugiere que este hongo podría tener un potencial promisorio como alternativa o complemento en estrategias de manejo biológico. La lisis hifal observada durante el enfrentamiento respalda lo descrito por Atanasova *et al.* (2013) y Vinale *et al.* (2008), quienes destacan el micoparasitismo como uno de los mecanismos más efectivos de supresión fúngica.

Estos hallazgos subrayan la necesidad de ampliar la exploración de cepas no convencionales con capacidad antagónica, especialmente en contextos donde el uso de fungicidas sintéticos es limitado o poco efectivo. En el caso de Cuba, donde *M. phaseolina* representa una amenaza creciente para la producción de leguminosas, el uso de antagonistas fúngicos como *C. semicirculare* y *Trichoderma* pudieran representar una herramienta prometedora e integrarse en programas de manejo biológico sostenible, contribuyendo a la reducción del uso de agroquímicos y a la resiliencia de los sistemas agrícolas.

CONCLUSIONES

- Las cepas de *Trichoderma* spp. demostraron un alto potencial antagonista frente a *Macrophomina phaseolina*, evidenciado por mecanismos como la competencia por el sustrato y la antibiosis.

e-ISSN: 2414-4673 Agrotecnia de Cuba p-ISSN: 0568-3114

- La cepa *Cladobotryum semicirculare* (1698) también resultó eficaz, mostrando competencia por el sustrato, un efecto antibiótico de intensidad intermedia y signos claros de micoparasitismo frente al patógeno.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alizadeh, M., Khodadadi Manesh, S., Fathi, P. *et al.* (2025). Biology and Host Ranges of the Plant Pathogenic Fungus *Macrophomina Phaseolina*: a Comprehensive. Review. *Journal of Crop Health*, 77, 50 https://doi.org/10.1007/s10343-024-01106-4

Andrade-Hoyos, P.; Rivera-Jiménez, M. N., Landero-Valenzuela, N., Silva-Rojas, H. V., Martínez-Salgado, S. J. y Romero-Arenas, O. (2023). Beneficios ecológicos y biológicos del hongo cosmopolita *Trichoderma* spp. en la agricultura: una perspectiva en el campo mexicano. Revista *Argentina de Microbiología*, 55(4), 366-377. https://doi.org/10.1016/j.ram.2023.06.005

Atanasova, L.; Cromer, L.; Gruber, S.; Coulpier, F.; Seidl-Seiboth, V.; y Druzhinina, I. S. (2013). Comparative transcriptomics reveals different strategies of *Trichoderma* mycoparasitism. BMC *Genomics*, 14(1), 121. https://doi.org/10.1186/1471-2164-14-121

Banaras, S.; Javaid, A. y Khan, I. H. (2021). Bioassays guided fractionation of *Ageratum conyzoides* for identification of natural antifungal compounds against *Macrophomina phaseolina*. *International Journal of Agriculture and Biology*, 25(4), 761-767. https://doi.org/10.17957/IJAB/15.1727

Bell, D. K.; Wells, H. D. y Markham, C. R. (1982). *In vitro* antagonism of *Trichoderma* spp. against six fungal plant pathogens. *Phytopathology* , 72(4), 379-382. https://doi.org/10.1094/Phyto-72-379

Carreras Solís, B. (2018). Bioplaguicidas y biofertilizantes: Tendencia de uso en LABIOFAM, Cuba. *CULCyT: Cultura Científica y Tecnológica*, 15(66). https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7154513

Chávez-Díaz, I. F., Zelaya Molina, L. X., Cruz Cárdenas, C. I., Rojas Anaya, E. y Ruíz Ramírez, S. (2020). Consideraciones sobre el uso de biofertilizantes como alternativa agro-biotecnológica sostenible para la seguridad alimentaria en México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 11(6), 1423-1436. https://doi.org/10.29312/remexca.v11i6.2492

Cortés-Hernández, F. C.; Alvarado-Castillo, G. y Sánchez-Viveros, G. (2023). *Trichoderma spp.*, una alternativa para la agricultura sostenible: una revisión. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 25(2), 73-87. https://doi.org/10.15446/rev.colomb.biote.v25n2.111384

Di Rienzo, J. A., Casanoves, F., Balzarini, M. G., González, L., Tablada, M., & Robledo, C. W. (2008). *InfoStat, versión 2008* [Software]. Grupo InfoStat, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.

Díaz-Díaz, R.; Rodríguez, Y. y Pérez, M. (2022). Characterization of actinobacterial strains as potential biocontrol agents against *Macrophomina phaseolina* and *Rhizoctonia solani*, the main soil-borne pathogens of *Phaseolus vulgaris* in Cuba. *Plantas*, 11(5), 645. https://doi.org/10.3390/plants11050645

Flores-Moctezuma, E.; Gutiérrez-Morales, M. y Rodríguez-Castillo, F. (2022). Análisis de estudios de *Trichoderma* spp. como agente de control de fitopatógenos del suelo. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 25(1), 1-12. https://www.revista.ccba.uady.mx/ojs/index.php/TSA/article/download/5914/2478

Jeyaseelan, E. C.; Tharmila, S. y Niranjan, K. (2012). Antagonistic activity of *Trichoderma* spp. and *Bacillus* spp. against *Pythium aphanidermatum* isolated from tomato damping-off. *Archives of Applied Science Research*, 4(4), 1623-1627. PDF disponible en Research Gate.

Lerch, G. (1977). *La experimentación en las ciencias biológicas y agrícolas*. La Habana, Cuba: Editorial Científico-Técnica.

Márquez, N.; Giachero, M. L.; Declerck, S. y Ducasse, D. A. (2021). *Macrophomina phaseolina*: General characteristics of pathogenicity and methods of control. *Frontiers in Plant Science*, 12, 634397. https://doi.org/10.3389/fpls.2021.634397

Pandey, A. K.; Basandrai, A. K.; Somta, P. y Basandrai, D. (2020). *Macrophomina phaseolina*-host interface: Insights into an emerging dry root rot pathogen of mungbean and urdbean, and its mitigation strategies. *Plant Pathology*, 70(6), 1263-1275. https://doi.org/10.1111/ppa.13378

Solórzano Arroyo, J. D. y Vargas-Chacón, R. (2021). Parasitismo *in vitro* de 23 aislamientos de *Trichoderma asperellum* contra *Rhizoctonia solani* y *Fusarium oxysporum*. *Revista Alcances Tecnológicos*, 14(1), 75-83. https://www.mag.go.cr/biblioteca-virtual/Ha-2021%28Ano14-N1%29p75.pdf

e-ISSN: 2414-4673 Agrotecnia de Cuba p-ISSN: 0568-3114

Vera Loor, M. E.; Rodríguez, M. A. y Cedeño, M. L. (2020). Evaluación *in vitro* de cepas de *Trichoderma* spp. como agentes de biocontrol mediante el método de cultivo dual. *Revista Científica Agroecosistemas*, 8(2), 45-53.

Vera, C.; Ramírez, D. y Ortega, M. (2025). Evaluación del efecto antibiótico *in vitro* de cepas de *Trichoderma* spp. frente a *Fusarium oxysporum* en cultivos duales. *Revista Iberoamericana de Biocontrol Fúngico*, 17(2), 23-31.

Vinale, F.; Sivasithamparam, K.; Ghisalberti, E. L.; Marra, R.; Woo, S. L. y Lorito, M. (2008). *Trichoderma-plant-pathogen interactions*. *Soil Biology and Biochemistry*, 40(1), 1-10. https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2007.07.002

Zubieta-Coronado, D. A.; Echeverry-Prieto, L. C. y Zafra-Mejía, C. A. (2021). Antagonismo *in vitro* por consorcios de *Trichoderma* sp. y *Aspergillus* sp. contra el fitopatógeno *Sclerotinia* sp. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 19(1), 16-31. https://doi.org/10.18684/bsaa.19.1.16

e-ISSN: 2414-4673 | Agrotecnia de Cuba | p-ISSN: 0568-3114