

## Efectividad de cepas nativas de *Trichoderma* spp. en el control de *Fusarium*, *Phytophthora*, *Rhizoctonia* y *Pythium* en ají (*Capsicum annuum* L.) en ambiente protegido

J. Moya<sup>1\*</sup>, S. García<sup>2</sup>, M. Morel<sup>2</sup>, E. Avilés<sup>3</sup>, P. Núñez<sup>3</sup> y L. Matos<sup>4</sup>

Investigadores del Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IDIAF). <sup>1</sup>Investigador Estación Experimental Mata Larga (CENIAF-IDIAF), <sup>2</sup>Investigadoras Estación Experimental Mata Larga (CENIAF-IDIAF), <sup>3</sup>Investigadores Centro Norte (CENIAF-IDIAF), <sup>4</sup>Investigador Centro de Tecnologías Agrícolas (CENIAF-IDIAF). \*Autor para correspondencia: [jmoya@idiaf.gov.do](mailto:jmoya@idiaf.gov.do)

### RESUMEN

En la República Dominicana los cultivos bajo ambiente protegido pueden presentar daños radiculares causados por especies de los géneros *Fusarium*, *Phytophthora*, *Rhizoctonia*, *Pythium*, *Sclerotium*. Para el control se utilizan principalmente productos químicos, aunque se reportan casos donde se aplicó control biológico a base de especies del género *Trichoderma*. Esta investigación se realizó con el objetivo de determinar la efectividad de cepas nativas de *Trichoderma* en el control de especies de los géneros *Fusarium*, *Phytophthora*, *Rhizoctonia* y *Pythium*, en el cultivo de ají (*Capsicum annuum* L.) bajo ambiente protegido. El estudio se realizó en la Estación Experimental Mata Larga del Idiaf en San Francisco de Macorís, en dos fases. Se utilizaron 18 cepas de *Trichoderma* de las especies *T. asperellum*, *T. longibrachiatum* y *T. harzianum*. Los fitopatógenos fueron aislados de plantas de ají y tomate. Se utilizó un diseño completamente al azar con 37 tratamientos en la primera fase y 45 en la segunda, con cuatro repeticiones con tres plantas por unidad experimental. Se utilizó ají cubaneta, variedad 'Granada'. *Trichoderma* y los fitopatógenos fueron cultivados en PDA en platos Petri. Se realizaron varias inoculaciones de *Trichoderma* y una sola de los fitopatógenos. Se evaluó la mortalidad de plantas durante 10 semanas. Se realizó análisis de varianzas y comparaciones de medias con Kruskal Wallis ( $p \leq 0.05$ ). En la primera fase, los análisis no mostraron diferencias significativas entre los tratamientos. En la segunda fase, el análisis mostró diferencias ( $p=0.017$ ) entre los tratamientos *Trichoderma* y testigo *Phytophthora*. Las cepas de *Trichoderma* T19B, T22C, T25A y T28A fueron estadísticamente efectivas en el control de la mortalidad de plantas de ajíes causada por *Phytophthora capsici* bajo condiciones de producción de cultivos bajo ambiente protegido.

**Palabras clave:** Control biológico, hongos antagonistas, cepas nativas, fitopatógenos

### ABSTRACT

In the Dominican Republic, crops under a protected environment can present root damage caused by species of the genera *Fusarium*, *Phytophthora*, *Rhizoctonia*, *Pythium* and *Sclerotium*. Chemical products are mainly used for control, although cases have been reported where biological control was applied based on species of the genus *Trichoderma*. This research was carried out with the objective of determining the effectiveness of native strains of *Trichoderma* in the control of species of the genera *Fusarium*, *Phytophthora*, *Rhizoctonia* and *Pythium*, in the cultivation of chili (*Capsicum annuum* L.) under a protected environment. The study was carried out at the Idiaf Mata Larga Experimental Station in San Francisco de Macorís, in two phases. Eighteen strains of *Trichoderma* of the species *T. asperellum*, *T. longibrachiatum* and *T. harzianum* were used. Phytopathogens were isolated from pepper and tomato plants. A completely randomized design was used with 37 treatments in the first phase and 45 in the second, with four repetitions with three plants per experimental unit. Cubaneta chili, 'Granada' variety, was used. *Trichoderma* and phytopathogens were cultured on PDA in Petri dishes. Several

inoculations of *Trichoderma* and only one of the phytopathogens were carried out. Plant mortality was evaluated for 10 weeks. Analysis of variance and comparison of means with Kruskal Wallis ( $p \leq 0.05$ ) were performed. In the first phase, the analyzes showed no significant differences between the treatments. In the second phase, the analysis showed differences ( $p=0.017$ ) between the *Trichoderma* treatments and the *Phytophthora* control. *Trichoderma* strains T19B, T22C, T25A and T28A were statistically effective in controlling the mortality of pepper plants caused by *Phytophthora capsici* under greenhouse conditions.

**Keywords:** *Biological control, antagonist fungi, native strains, phytopathogens*

## INTRODUCCIÓN

En la República Dominicana la producción de vegetales bajo ambiente protegido es una actividad económica importante, la superficie dedicada a la siembra aumenta cada año, en el año 2012 el país contaba con 601.4 ha de instalaciones para la producción de cultivos bajo ambiente protegido (invernaderos), y para el año 2017 llegó a 1,016 hectáreas, en las que se produjeron 146.3 millones de libras de vegetales, de las cuales se exportaron 92.5 millones de libras. En el año 2018, el país exportó 16, 621 toneladas métricas de ajíes y pimientos, por un valor de US\$ 18, 648,276.00, MA (2019).

Los cultivos bajo ambiente protegido pueden presentar daños o enfermedades en el sistema radicular que afectan negativamente al aumentar la mortalidad de las plantas, disminuir los rendimientos, bajar la calidad de los frutos, aumentar los costos de producción, y por tanto, reducir la rentabilidad de las explotaciones. Estos daños radiculares pueden ser causados por microorganismos fitopatógenos de suelo, tales como: especies de los géneros de hongos *Fusarium*, *Phytophthora*, *Rhizoctonia*, *Pythium* y *Sclerotium*, entre otros. Ramírez y Pérez (2017) reportaron contaminación del agua de riego de para la producción de cultivos bajo ambiente protegido (invernaderos) en Jarabacoa, provincia La Vega, en el norcentro de la República Dominicana, con especies de los fitopatógenos *Fusarium*, *Pythium*, *Phytophthora*, *Rhizoctonia* y *Verticillium*. También, Hubert (2008) reportó incidencia de *Fusarium*, *Phytophthora* y *Rhizoctonia* en invernaderos de San José de Ocoa, tanto a nivel de agua de riego como en sustratos utilizados.

Para el control de los fitopatógenos se utilizan principalmente productos químicos, aunque en ocasiones se han utilizado agentes de control biológico. Entre estos agentes, se encuentran hongos antagonistas del género *Trichoderma*, los cuales pueden actuar como promotores del crecimiento de las plantas y aumentar los rendimientos del cultivo (Harman 2006, Harman *et al.* 2008, Stefanova 2007). Guigón-López y González-González (2004) encontraron cepas de *Trichoderma* spp. que redujeron 50 % la severidad del marchitamiento causado por *P. capsici* en plantas de ají en estructuras para la producción de cultivos bajo ambiente protegido (invernaderos) cuando la concentración del fitopatógeno fue de  $40 \times 10^4$  conidios/ml y, también reportaron que estas cepas promovieron un mejor crecimiento y desarrollo de las plantas.

García *et al.* (2006) lograron reducciones superiores al 25 % de las enfermedades causadas por *Rhizoctonia solani*, *Fusarium* sp., *Phytophthora* sp. *Sclerotium cepivorum*, *Sclerotium rolfsii*, y *Plasmidiophora* sp. en varios cultivos a nivel de campo, al utilizar una cepa de *Trichoderma harzianum*. Sallam *et al.* (2008) reportaron que formulaciones de *Trichoderma* spp. aplicadas al momento del trasplante o dos semanas antes de éste, en el cultivo de habichuela (*Phaseolus vulgaris* L.), bajo condiciones de producción de cultivos bajo ambiente protegido (invernaderos) y campo, redujeron

significativamente la incidencia de Damping-off causado por *Rhizoctonia solani* y *Fusarium oxysporum* f.sp. *phaseoli*, y a la vez promovieron el rendimiento de la cosecha.

Este estudio se realizó con el objetivo de determinar la efectividad de cepas nativas de *Trichoderma* en el control de las enfermedades causadas por los fitopatógenos *Fusarium oxysporum*, *Phytophthora capsici*, *Rhizoctonia solani* y *Pythium* sp., en plantas de ají (*Capsicum annuum* L.) bajo ambiente protegido.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Localización

El estudio se realizó en estructuras para producción de cultivos bajo ambiente protegido (invernadero) en la Estación Experimental Mata Larga del Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IDIAF), ubicada en San Francisco de Macorís, provincia Duarte, localizada geográficamente en los 19°18'10.00'' latitud N y 70°13'53.06'' longitud O, a 141 msnm.

### Periodo del estudio

La investigación se realizó en dos fases, la primera fase en el período octubre 2018 a marzo 2019 y la segunda fase en el periodo octubre 2019 a mayo 2020.

### *Trichoderma* y fitopatógenos utilizados

Se utilizaron 18 cepas de *Trichoderma* de las especies *T. asperellum*, *T. longibrachiatum*, y *T. harzianum*, y una especie no identificada, *Trichoderma* sp. Estas cepas fueron obtenidas de raíces, sustratos y suelos provenientes de cultivos bajo ambiente protegido de San José de Ocoa y zona baja de La Vega, República Dominicana, durante el período julio a septiembre del 2010, y conservadas en laboratorio de la Estación Experimental Mata Larga. En la primera fase del estudio, se evaluaron ocho cepas de *Trichoderma* y en la segunda fase diez (Tabla 1). En la Figura 1, se muestran algunas de las cepas de *Trichoderma* evaluadas.

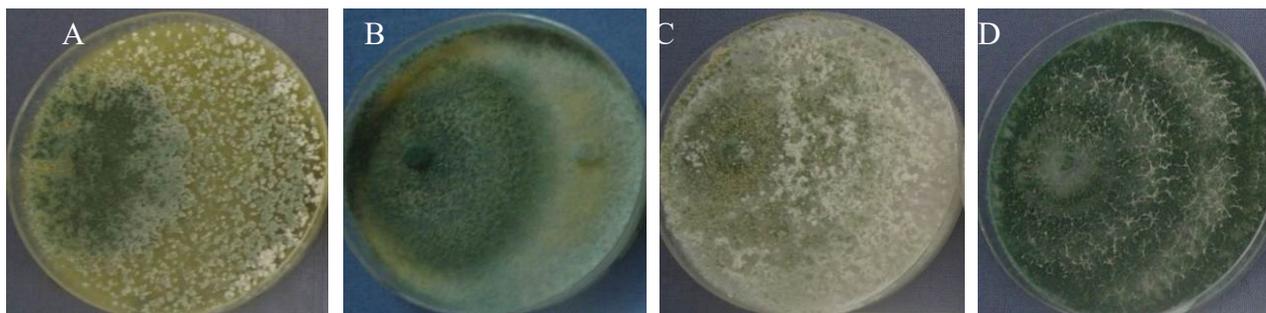


Figura 1. Crecimiento de *Trichoderma* en platos de Petri. A) cepa T12A, B) cepa T13A, C) cepa T19B, D) cepa T28A

Tabla 1. Cepas de *Trichoderma* utilizadas

Fase	Cepa	Especie	Procedencia	
			Planta	Localidad
Primera	T1A	<i>Trichoderma asperellum</i>	Ají morrón (raíz)	San José Ocoa
	T2F	<i>Trichoderma asperellum</i>	Ají morrón (sustrato)	San José Ocoa
	T6B	<i>Trichoderma asperellum</i>	Ají morrón (sustrato)	San José Ocoa
	T7A	<i>Trichoderma asperellum</i>	Tomate (sustrato)	San José Ocoa
	T10A	<i>Trichoderma asperellum</i>	Tomate (sustrato)	San José Ocoa
	T11A	<i>Trichoderma asperellum</i>	Ají cubanella (raíz)	La Vega (zona baja)
	T12A	<i>Trichoderma longibrachiatum</i>	Ají jamaquino (raíz)	La Vega (zona baja)
	T13A	<i>Trichoderma harzianum</i>	Maleza (raíz)	La Vega (zona baja)
	Segunda	T1D	<i>Trichoderma</i> sp.	Ají morrón (raíz)
T16B		<i>Trichoderma harzianum</i>	Ají morrón (raíz)	Jarabacoa
T19B		<i>Trichoderma harzianum</i>	Tomate (suelo)	Jarabacoa
T22C		<i>Trichoderma asperellum</i>	Ají morrón (suelo)	Constanza
T25A		<i>Trichoderma asperellum</i>	Ají cubanella (raíz)	Constanza
T27A		<i>Trichoderma asperellum</i>	Ají morrón (raíz)	Villa Trina
T28A		<i>Trichoderma asperellum</i>	Ají morrón (sustrato)	Villa Trina
T31C		<i>Trichoderma asperellum</i>	Ají cubanella (raíz)	Villa Trina
T36A		<i>Trichoderma asperellum</i>	Ají morrón (sustrato)	Jarabacoa
T37B		<i>Trichoderma asperellum</i>	Ají morrón (sustrato)	Jarabacoa

Los fitopatógenos utilizados fueron de los géneros *Fusarium*, *Phytophthora*, *Pythium* y *Rhizoctonia*, Figura 2, aislados de raíces enfermas de plantas de ajíes y tomate de las localidades La Vega, Constanza y Juan López (Tabla 2) en los años 2016 y 2017. Las cepas de *Trichoderma* y los fitopatógenos estuvieron conservadas en glicerol 30 % a -17 °C.

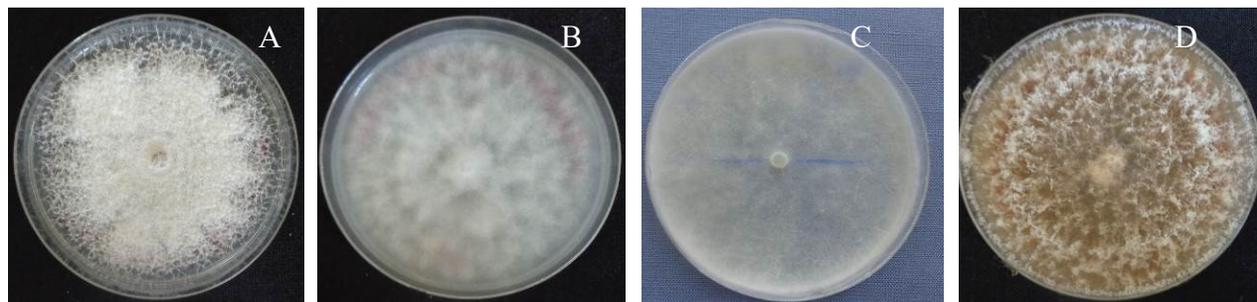


Figura 2. Crecimiento de fitopatógenos en platos de Petri. A) *Fusarium*, B) *Phytophthora*, C) *Pythium*, D) *Rhizoctonia*

Tabla 2. Fitopatógenos utilizados

Cepa	Especie	Procedencia	
		Localidad	Cultivo
F1.L.V.	<i>Fusarium oxysporum</i>	La Vega (zona baja)	Ají morrón
Ph1.L.V.	<i>Phytophthora capsici</i>	La Vega (zona baja)	Ají morrón
Py13.C.	<i>Pythium</i> sp.	Constanza	Tomate de mesa
R2b.J.L.	<i>Rhizoctonia solani</i>	Juan López	Ají cubanela

## Diseño experimental y tratamientos

Se utilizó un diseño completamente al azar (DCA), con 37 tratamientos en la primera fase y 45 tratamientos en la segunda fase. Cada tratamiento contó con cuatro repeticiones, cada unidad experimental constó de tres plantas de ají sembradas en macetas de plástico. Los tratamientos estuvieron conformados por las 18 cepas de *Trichoderma* y los cuatro fitopatógenos, más cuatro testigos relativos de los fitopatógenos y un testigo absoluto sin *Trichoderma* y sin fitopatógeno.

## Manejo del experimento

- Producción de plántulas

Se utilizó ají cubanela, variedad 'Granada'. Las semillas fueron sembradas en bandejas (Figura 3) con sustrato fibra de coco y lombricompost en proporción 5:1, respectivamente, el cual fue previamente esterilizado dos veces en autoclave. Las bandejas se mantuvieron sobre mesa metálica en casa malla. A los 34 y 37 días de germinadas, las plántulas fueron trasplantadas a macetas plásticas color negro (Figura 4) con capacidad 6.5 litros, altura 22 cm, diámetro superior 22 cm, diámetro de base 18 cm. Estas contenían en promedio 6.8 kg de suelo franco arenoso, con pH de 7.68 y conductividad eléctrica de 0.44.



Figura 3. Producción de plántulas de ajíes en bandejas



Figura 4. Plántulas trasplantadas en macetas

- Reactivación de *Trichoderma* y los fitopatógenos

Las cepas *Trichoderma* fueron reactivadas enfrentándolas al fitopatógeno *Fusarium solani* en cultivo dual en PDA 20 % en platos Petri. Los fitopatógenos fueron reactivados mediante postulados de Koch, con pruebas de patogenicidad en plántulas de ajíes y tomates, reislamiento y purificación, Figura 5.



Figura 5. Reactivación de fitopatógeno mediante inoculación en plántula de ají en laboratorio. **A:** Visión general de plántula inoculada, **B:** Acercamiento de la inoculación, en donde se nota el avance de la lesión en el cuello de la plántula.

- Cultivo e inoculación de *Trichoderma* y los fitopatógenos

*Trichoderma* y los fitopatógenos fueron cultivados en PDA (papa dextrosa agar) al 20 % en platos de Petri. *Trichoderma* fue cultivado durante 10 y 13 días a temperatura ambiente y los fitopatógenos durante 4 y 22 días en la oscuridad a temperaturas entre 24 y 30 °C. Se realizaron varias inoculaciones de *Trichoderma* y una sola de los fitopatógenos. En la primera fase, en invernadero se realizaron cuatro inoculaciones (aplicaciones) de *Trichoderma*, y en la segunda fase se realizaron tres aplicaciones. De los fitopatógenos se realizó una aplicación en cada fase. En ambas fases, la primera inoculación de *Trichoderma* se realizó de manera preventiva a los cuatro días (primera fase) y siete días (segunda fase) después del trasplante (ddt) de las plántulas a las macetas y antes de la inoculación de los

fitopatógenos. La segunda inoculación, 22 días (primera fase) y 30 días (segunda fase) después de la primera, la tercera inoculación, 10 y 32 días después de la segunda inoculación y la cuarta (última) 14 días después de la tercera. Los fitopatógenos fueron inoculados después de la primera inoculación de *Trichoderma* a los nueve y a los siete días, en la primera y segunda fase respectivamente. En la Figura 6, se muestra la forma de inoculación de *Trichoderma* y en la Figura 7, la forma de inoculación de los fitopatógenos.



Figura 6. Inoculación de *Trichoderma*



Figura .7 Inoculación de fitopatógeno

Para la inoculación de *Trichoderma* se preparó una suspensión madre de esporas con cada una de las cepas. A cada plato de Petri con el cultivo de *Trichoderma* se le aplicó 25 ml de agua destilada estéril y se removieron y recogieron las esporas con una varilla de cristal tipo "L". A la suspensión madre preparada se le aplicó Polysorbate 20, N.F. (polyoxyethylene (20) sorbitan monolaurate) J.T.Baker, al 0.01 % (v/v) y se realizó el conteo de las esporas en la cámara de Neubauer del hematocitómetro. *Trichoderma* fue inoculado en 10 ml de suspensión líquida aplicados al pie o cuello de la planta, con una concentración de  $1.2 \times 10^8$  esporas/planta; mientras que, los fitopatógenos fueron inoculados en cuatro discos de micelios colocados sobre las raíces en los cuatro lados de la planta.

- Control de malezas y riego

La eliminación manual de malezas dentro de las macetas se realizó cada 7 y 14 días, y fuera de las macetas (en el invernadero) entre 20 y 25 días. El riego se suministró cada 3 o 4 días, según los requerimientos de las plantas.

- Fertilización y control de insectos

### Primera Fase

Las plántulas en bandejas recibieron dos aplicaciones de fertilizante de las formulaciones comerciales Plamtar nitrógeno 26-6-14 + 6 (S) y Plamtar fósforo 14-37-10 + 4 (S), en forma de drench. La primera a una dosis de 1.5 g/litro de agua de Plamtar nitrógeno y 1.5 g/litro de agua de Plamtar fósforo, mientras la segunda a una dosis de 3.0 g/litro de agua de Plamtar nitrógeno y 2.0 g/litro de agua de Plamtar fósforo.

En las macetas las plántulas recibieron un total de seis aplicaciones de Plamtar nitrógeno 26-6-14 + 6 (S) y Plamtar fósforo 14-37-10 + 4 (S), cada 8 a 10 días, cinco en drench y una foliar. Se aplicaron 100 ml/planta de la mezcla de Plamtar nitrógeno 26-6-14 + 6 (S) y Plamtar fósforo 14-37-10 + 4 (S), a una dosis de 28.3 g/litro de agua cada uno.

Se realizaron dos aplicaciones de insecticida del producto comercial Engeo 24.7 SC, neonicotinodepiretroide (Tiametoxam + Lambdacialotrina) en dosis de 0.5 ml/litro de agua. La primera aplicación se hizo siete ddt y la segunda 15 días después de la primera.

### Segunda Fase

En las bandejas, las plántulas recibieron una aplicación de insecticida Engeo 24.7 SC (Tiametoxam + Lambdacialotrina) a los 15 días después de la germinación, en dosis de 0.5 ml del producto por litro de agua. En las macetas, las plántulas recibieron dos aplicaciones de fertilizantes Plamtar nitrógeno 26-6-14 + 6 (S) y Plamtar fósforo 14-37-10 + 4 (S). Estos fertilizantes se disolvieron en agua utilizando una dosis de 28.31 g/litro agua de cada uno, y de esta suspensión se aplicaron 100 ml a cada planta de ají en maceta, en forma de drench. La primera aplicación se realizó a los 27 días después del trasplante (ddt) y la segunda a los 30 días después de la primera.

Se realizaron tres aplicaciones de insecticidas, dos de Engeo 24.7 SC en dosis de 0.5 ml/litro de agua, y una de Vertimec 1.8 EC (abamectina) a igual dosis. La primera aplicación en la primera semana después del trasplante, la segunda, cuatro semanas después de la primera y la tercera dos semanas después de la segunda. En la Figura 8, se observa el proceso aplicación de fertilizante a las plantas.



Figura 8. Fertilización de plántulas de ajíes en macetas

- Re aislamiento de agente causal

Las plántulas con síntomas de enfermedad (lesión del cuello, marchitamiento y pudrición de raíces) fueron procesadas en el laboratorio en donde se observó y confirmó la presencia del agente causal o fitopatógeno inoculado (Figuras 9 y 10).



Figura 9. Plántula muerta con lesión en el cuello



Figura 10. Tejidos enfermos en platos Petri de plántulas muertas para confirmación del agente causal

### Variable evaluada

Se evaluó la mortalidad de plantas (número promedio de plantas muertas/tratamiento), cada siete días a partir de la inoculación de los fitopatógenos, durante 10 semanas.

### Análisis de datos

Se realizó análisis de varianzas y comparaciones de medias con Kruskal Wallis ( $p \leq 0.05$ ) para cada fitopatógeno por separado enfrentado con las cepas de *Trichoderma*. Se utilizó el programa estadístico Infostat 2016. El coeficiente de variación (CV) se tomó del análisis de varianzas con Tukey.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Primera Fase

En la primera fase, los análisis estadísticos no mostraron diferencias significativas entre los tratamientos de *Trichoderma* y los testigos relativos dentro de cada fitopatógeno (tablas 3, 4, 5 y 6). Lo que indica que las cepas de *Trichoderma* T1A, T2F, T6B, T7A, T10A, T11A, T12A y T13A no mostraron efecto de control sobre los fitopatógenos *Fusarium oxysporum*, *Phytophthora capsici*, *Pythium* sp. y *Rhizoctonia solani*. Resultados similares obtuvieron Avilés *et al.* (2017) al evaluar en invernadero el efecto de tres cepas nativas de *Trichoderma* en el control de *Fusarium solani*, *Phytophthora capsici*, *Rhizoctonia solani* y *Sclerotium rolfsii* en plantas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.).

Tabla 3. Porcentaje de plantas muertas de ají (*Capsicum annum* L.) en tratamientos *Trichoderma* vs. *Fusarium* en la primera fase del estudio

Trat.	Descripción	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
0	Testigo absoluto	4	0.00	A	0.00	6.02	0.13
5	T1A vs. <i>Fusarium</i>	4	0.00	A	0.00		
9	T2F vs. <i>Fusarium</i>	4	0.00	A	0.00		
21	T10A vs. <i>Fusarium</i>	4	0.00	A	0.00		
29	T12A vs. <i>Fusarium</i>	4	0.00	A	0.00		
33	T13A vs. <i>Fusarium</i>	4	0.00	A	0.00		
13	T6B vs. <i>Fusarium</i>	4	8.25	A	16.50		
17	T7A vs. <i>Fusarium</i>	4	16.50	A	19.05		
25	T11A vs. <i>Fusarium</i>	4	25.00	A	32.03		
1	<i>Fusarium</i> (Testigo relativo)	4	25.00	A	32.03		

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ ) Kruskal Wallis. CV= 59.62

**Leyenda:** N=repetición, D.E.=desviación estándar, H=estadístico de la prueba, p=nivel de probabilidad

En los tratamientos con *Phytophthora*, el análisis estadístico presentó diferencias significativas ( $p=0.007$ ), sin embargo, las mismas fueron con respecto al testigo absoluto y no con respecto al tratamiento *Phytophthora* (Testigo relativo), con el cual los tratamientos con *Trichoderma* se comportaron estadísticamente iguales.

Tabla 4. Porcentaje de plantas muertas de ají (*C. annum* L.) en tratamientos *Trichoderma* vs. *Phytophthora* en la primera fase del estudio

Trat.	Descripción	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
0	Testigo absoluto	4	0.0	A	0.0	12.9	0.007
6	T1A vs. <i>Phytophthora</i>	4	83.5	A B	19.1		
18	T7A vs. <i>Phytophthora</i>	4	91.8	B	16.5		
26	T11A vs. <i>Phytophthora</i>	4	91.8	B	16.5		
22	T10A vs. <i>Phytophthora</i>	4	91.8	B	16.5		
34	T13A vs. <i>Phytophthora</i>	4	91.8	B	16.5		
30	T12A vs. <i>Phytophthora</i>	4	100.0	B	0.0		
2	<i>Phytophthora</i> (Testigo relativo)	4	100.0	B	0.0		
10	T2F vs. <i>Phytophthora</i>	4	100.0	B	0.0		
14	T6B vs. <i>Phytophthora</i>	4	100.0	B	0.0		

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ ) Kruskal Wallis. CV= 14.17

**Leyenda:** N=repetición, D.E.=desviación estándar, H=estadístico de la prueba, p=nivel de probabilidad

Tabla 5. Porcentaje de plantas muertas de ají (*C. annuum* L.) en tratamientos *Trichoderma* vs. *Pythium* en la primera fase del estudio

Trat.	Descripción	N	Medias		D.E.	Medianas	H	p
0	Testigo absoluto	4	0.00	A	0.00	0.00	3.35	0.57
3	<i>Pythium</i> (Testigo relativo)	4	0.00	A	0.00	0.00		
7	T1A vs. <i>Pythium</i>	4	0.00	A	0.00	0.00		
31	T12A vs. <i>Pythium</i>	4	0.00	A	0.00	0.00		
15	T6B vs. <i>Pythium</i>	4	8.25	A	16.50	0.00		
23	T10A vs. <i>Pythium</i>	4	8.25	A	16.50	0.00		
27	T11A vs. <i>Pythium</i>	4	8.25	A	16.50	0.00		
35	T13A vs. <i>Pythium</i>	4	8.25	A	16.50	0.00		
19	T7A vs. <i>Pythium</i>	4	16.75	A	33.50	0.00		
11	T2F vs. <i>Pythium</i>	4	33.50	A	38.68	33.50		

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ ) Kruskal Wallis. CV= 231.29

**Leyenda:** N=repetición, D.E.=desviación estándar, H=estadístico de la prueba, p=nivel de probabilidad

Tabla 6. Porcentaje de plantas muertas de ají (*C. annuum* L.) en tratamientos *Trichoderma* vs. *Rhizoctonia* en la primera fase del estudio

Trat.	Descripción	N	Medias		D.E.	Medianas	H	p
0	Testigo absoluto	4	0.00	A	0.00	0.00	5.78	0.34
8	T1A vs. <i>Rhizoctonia</i>	4	0.00	A	0.00	0.00		
32	T12A vs. <i>Rhizoctonia</i>	4	0.00	A	0.00	0.00		
36	T13A vs. <i>Rhizoctonia</i>	4	0.00	A	0.00	0.00		
20	T7A vs. <i>Rhizoctonia</i>	4	8.25	A	16.50	0.00		
4	<i>Rhizoctonia</i> (Testigo relativo)	4	16.50	A	19.05	16.50		
24	T10A vs. <i>Rhizoctonia</i>	4	16.50	A	19.05	16.50		
12	T2F vs. <i>Rhizoctonia</i>	4	16.75	A	33.50	0.00		
16	T6B vs. <i>Rhizoctonia</i>	4	25.00	A	32.03	16.50		
28	T11A vs. <i>Rhizoctonia</i>	4	25.00	A	32.03	16.50		

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ ) Kruskal Wallis. CV= 189.14

**Leyenda:** N=repetición, D.E.=desviación estándar, H=estadístico de la prueba, p=nivel de probabilidad

## Segunda Fase

En la segunda fase, el análisis estadístico mostró diferencias significativas ( $p=0.017$ ) entre los tratamientos de *Trichoderma* y el testigo relativo *Phytophthora* (Tabla 7). Las cepas de *Trichoderma* T19B, T22C, T25A y T28A se comportaron estadísticamente iguales entre sí, y tuvieron mortalidad de plantas de 16.7 % (T19B) y 25 % (T22C, T25A y T28A, respectivamente) contra un 83.3 % en el testigo relativo *Phytophthora*. Las demás cepas (T37B, T27A, T36A, T16B, T31C y T1D) tuvieron mortalidad de plantas entre 50.0 y 58.4 % y se comportaron estadísticamente iguales al testigo relativo *Phytophthora*.

Tabla 7. Porcentaje de plantas muertas de ají (*Capsicum annuum* L.) en tratamientos *Trichoderma* vs. *Phytophthora* en la segunda fase del estudio

Trat.	Descripción	N	Medias		D.E.	Medianas	H	p
0	Testigo absoluto	4	0.0	A	0.0	0.0	21.3	0.017
18	T19B vs. <i>Phytophthora</i>	4	16.7	A B	19.2	16.7		
19	T22C vs. <i>Phytophthora</i>	4	25.0	A B	16.7	33.3		
20	T25A vs. <i>Phytophthora</i>	4	25.0	A B	16.7	33.3		
22	T28A vs. <i>Phytophthora</i>	4	25.0	A B	31.9	16.7		
25	T37B vs. <i>Phytophthora</i>	4	50.0	B C	43.0	50.0		
21	T27A vs. <i>Phytophthora</i>	4	50.0	B C	19.3	50.0		
24	T36A vs. <i>Phytophthora</i>	4	58.3	B C	50.0	66.7		
17	T16B vs. <i>Phytophthora</i>	4	58.4	B C	16.7	66.7		
23	T31C vs. <i>Phytophthora</i>	4	58.4	B C	16.7	66.7		
16	T1D vs. <i>Phytophthora</i>	4	58.4	B C	16.7	66.7		
2	<i>Phytophthora</i> (Testigo relativo)	4	83.3	C	33.4	100.0		

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ ) Kruskal Wallis. CV=63.26

**Leyenda:** N=repetición, D.E.=desviación estándar, H=estadístico de la prueba, p=nivel de probabilidad

El análisis estadístico, arrojó también, diferencias significativas ( $p=0.047$ ) entre los tratamientos de *Trichoderma* con el fitopatógeno *Pythium* (Tabla 8). Sin embargo, estas diferencias no son atribuibles a efecto de control de alguna de las cepas de *Trichoderma* sobre el fitopatógeno, ya que el tratamiento *Pythium* (Testigo relativo) no presentó mortalidad de plantas. Tampoco presentaron plantas muertas los tratamientos con las cepas de *Trichoderma* T28A, T31C y T37B; mientras que, en los tratamientos con las demás cepas de *Trichoderma* (T36A, T16B, T22C, T19B, T27A, T25A y T1D) la mortalidad de plantas estuvo entre 16.7 y 66.7%. Estos resultados sugieren que estas últimas siete cepas de *Trichoderma* pueden haber favorecido los daños por *Pythium*. En este contexto, Menzies (1993) reportó que una cepa de *Trichoderma viride* fue patogénica en plántulas de pepino, ají y tomate en laboratorio e invernadero. Li Destri Nicosia *et al.* (2015) reportaron que aislados de *Trichoderma viride* causaron 30 a 80 % de mortalidad en plántulas de *Pinus nigra* de dos años de edad.

Tabla 8. Porcentaje de plantas muertas de ají (*Capsicum annuum* L.) en tratamientos *Trichoderma* vs. *Pythium* en la segunda fase del estudio

Trat.	Descripción	N	Medias		D.E.	Medianas	H	p
33	T28A vs. <i>Pythium</i>	4	0.0	A	0.0	0.0	11.4	0.047
34	T31C vs. <i>Pythium</i>	4	0.0	A	0.0	0.0		
36	T37B vs. <i>Pythium</i>	4	0.0	A	0.0	0.0		
0	Testigo absoluto	4	0.0	A	0.0	0.0		
3	<i>Pythium</i> (Testigo relativo)	4	0.0	A	0.0	0.0		
35	T36A vs. <i>Pythium</i>	4	8.3	A B	16.7	0.0		
28	T16B vs. <i>Pythium</i>	4	8.3	A B	16.7	0.0		
30	T22C vs. <i>Pythium</i>	4	8.3	A B	16.7	0.0		
29	T19B vs. <i>Pythium</i>	4	16.7	A B	33.4	0.0		
32	T27A vs. <i>Pythium</i>	4	25.0	A B	31.9	16.7		
31	T25A vs. <i>Pythium</i>	4	33.3	A B	27.2	33.3		
27	T1D vs. <i>Pythium</i>	4	66.7	B	47.1	83.4		

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ ) Kruskal Wallis. CV=160.03

**Leyenda:** N=repetición, D.E.=desviación estándar, H=estadístico de la prueba, p=nivel de probabilidad

Los análisis estadísticos de los tratamientos con los fitopatógenos *Fusarium* y *Rhizoctonia* no arrojaron diferencias significativas (Tablas 9 y 10).

Tabla 9. Porcentaje de plantas muertas de ají (*Capsicum annuum* L.) en tratamientos *Trichoderma* vs. *Fusarium* en la segunda fase del estudio

Trat.	Descripción	N	Medias		D.E.	Medianas	H	p
0	Testigo absoluto	4	0.0	A	0.0	0.0	13.1	0.224
1	<i>Fusarium</i> (Testigo relativo)	4	50.0	A	19.3	50.0		
5	T1D vs. <i>Fusarium</i>	4	66.7	A	38.5	66.7		
6	T16B vs. <i>Fusarium</i>	4	66.7	A	27.2	66.7		
7	T19B vs. <i>Fusarium</i>	4	66.7	A	47.1	83.4		
8	T22C vs. <i>Fusarium</i>	4	50.0	A	43.0	50.0		
9	T25A vs. <i>Fusarium</i>	4	66.7	A	27.2	66.7		
10	T27A vs. <i>Fusarium</i>	4	58.4	A	41.9	66.7		
11	T28A vs. <i>Fusarium</i>	4	66.7	A	27.2	66.7		
12	T31C vs. <i>Fusarium</i>	4	83.3	A	33.4	100.0		
13	T36A vs. <i>Fusarium</i>	4	66.7	A	27.2	66.7		
14	T37B vs. <i>Fusarium</i>	4	41.7	A	31.9	50.0		

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ ) Kruskal Wallis. CV= 57.32

**Leyenda:** N=repetición, D.E.=desviación estándar, H=estadístico de la prueba, p=nivel de probabilidad

Tabla 10. Porcentaje de plantas muertas de ají (*Capsicum annuum* L.) en tratamientos *Trichoderma* vs. *Rhizoctonia* en la segunda fase del estudio

Trat.	Descripción	N	Medias		D.E.	Medianas	H	p
0	Testigo absoluto	4	0.0	A	0.0	0.0	6.18	0.269
4	<i>Rhizoctonia</i> (Testigo relativo)	4	8.3	A	16.7	0.0		
38	T1D vs. <i>Rhizoctonia</i>	4	16.7	A	19.2	16.7		
39	T16B vs. <i>Rhizoctonia</i>	4	0.0	A	0.0	0.0		
40	T19B vs. <i>Rhizoctonia</i>	4	16.7	A	33.4	0.0		
41	T22C vs. <i>Rhizoctonia</i>	4	0.0	A	0.0	0.0		
42	T25A vs. <i>Rhizoctonia</i>	4	16.7	A	19.2	16.7		
43	T27A vs. <i>Rhizoctonia</i>	4	41.7	A	50.0	33.4		
44	T28A vs. <i>Rhizoctonia</i>	4	8.3	A	16.7	0.0		
45	T31C vs. <i>Rhizoctonia</i>	4	0.0	A	0.0	0.0		
46	T36A vs. <i>Rhizoctonia</i>	4	0.0	A	0.0	0.0		
47	T37B vs. <i>Rhizoctonia</i>	4	0.0	A	0.0	0.0		

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ ) Kruskal Wallis. CV= 224.05

**Leyenda:** N=repetición, D.E.=desviación estándar, H=estadístico de la prueba, p=nivel de probabilidad

## CONCLUSIONES

Las cepas de *Trichoderma* T19B, T22C, T25A y T28A fueron estadísticamente efectivas en el control de la mortalidad de plantas de ajíes causada por el fitopatógeno *Phytophthora capsici* bajo condiciones para la producción de cultivos bajo ambiente protegido (invernaderos)

Varias cepas de *Trichoderma* probablemente pudieron haber contribuido con los daños causados por los fitopatógenos en las plantas de ajíes, al incrementarse la mortalidad de plantas en presencia de estas cepas

## AGRADECIMIENTOS

A los estudiantes de término de la carrera de agronomía de la Universidad Autónoma de Santo Domingo (UASD), Amaury J. Infante Balbi, Emmanuel de la Rosa Gómez y Manuela Tavares del Orbe, por su participación en la instalación del experimento y en las evaluaciones. Así como también, al señor Wellington Cuello Monegro por su contribución con las labores del cultivo y a la ingeniera agrónoma Nelsida Martínez Monegro por su colaboración en las evaluaciones.

## LITERATURA CITADA

Avilés, E.; García, S.; Moya, J.; Núñez, P.; Andújar, F. 2017. Determinación de alternativas biológicas para el control de patógenos de suelo en la producción de vegetales en invernadero. *En*: Socialización de resultados de investigación en cultivos bajo ambiente controlado. Consejo Nacional de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (CONIAF). Volumen 6. Santo Domingo, DO. Pp. 94-138. (En línea). Revisado el 30 de mayo 2019. Disponible en: <https://coniaf.gob.do/index.php/documentos-digitales/category/74-diciembre?download=39:socializacion-de-resultados-de-investigacion-2011-vol-2>

Barnett H; Hunter, B. 1972. Illustrated genera of imperfect fungi. 3 ed. Burgess Publishing Company. Minnesota, USA. 241 p.

García, R.; Riera, R.; Zambrano, C.; Gutiérrez, L. 2006. Desarrollo de un fungicida biológico a base de una cepa del hongo *Trichoderma harzianum* proveniente de la región andina venezolana. Instituto de Investigaciones de Sanidad Vegetal. Fitosanidad 10 (2): 115-121. La Habana, Cu.

Göker, M.; García-Blázquez, G.; Voglmayr, H.; Tellería, M.; Martín, M. 2009. Molecular Taxonomy of Phytopathogenic Fungi: A Case Study in *Peronospora*. PLoS One 4(7): e6319.

Guigón-López, C.; González-González, P. 2004. Selección de cepas nativas de *Trichoderma* spp. Con actividad antagónica sobre *Phytophthora capsici* Leonian y promotoras de crecimiento en el cultivo de chile (*Capsicum annuum* L). Obregón, Mexico. Revista Mexicana de Fitopatología 22:117-124.

Harman, G. 2006. Overview of mechanisms and uses of *Trichoderma* spp. Phytopathology 96:190-194.

Harman, G.; Björkman, T.; Ondik, K.; Shores, M. 2008. *Trichoderma* spp. for biocontrol. Changing paradigms on the mode of action and uses of *Trichoderma* spp. for biocontrol. Outlooks on Pest Management 19(1): 24-29

- Hubert, R. 2008. Diagnóstico de manejo e identificación de microorganismos patógenos presentes en el cultivo de ají (*Capsicum annuum* L.) bajo invernadero en San José de Ocoa, República Dominicana. Tesis para optar por el título de Máster en Ciencias Manejo Integrado de Plagas. Universidad Autónoma de Santo Domingo (UASD). Santo Domingo, DO. 70 p.
- Leslie, J; Summerell, BA. 2006. The *Fusarium* Laboratory Manual. Blackwell Publishing. 389 p.
- Li, D.; Nicosia, M.; Mosca, S.; Mercurio, R.; Schena, L. 2015. Dieback of *Pinus nigra* seedlings caused by a strain of *Trichoderma viride*. Plant Dis. 99:44-49.
- MA (Ministerio de Agricultura). 2019. Estadísticas agropecuarias. Exportación de vegetales. 2016-2018 (en línea). Santo Domingo, DO. (En línea). Consultado el 30 mayo 2019. Disponible en: <http://agricultura.gob.do/category/estadisticas-agropecuarias/estadisticas-agropecuarias-anuales-de-otras-instituciones-del-sector-y-relacionadas-con-valor-agregado-del-ma-pib-exprt-import-financ-y-poblacion/2-exportaciones-agropecuarias-totales-y-por-producto/exportaciones-por-pais-de-destino/productos-agricolas/>
- Menzies, J. 1993. A strain of *Trichoderma viride* pathogenic to germinating seedling of cucumber, pepper, and tomato. Plant Pathology. (En línea). Consultado el 10 junio de 2021. Disponible en: <https://bsppjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1365-3059.1993.tb01565.x>
- Ramírez, J.; Pérez, Q. 2017. Calidad fitosanitaria del agua de riego en producción de ají (*Capsicum annuum* L.) en invernaderos de Jarabacoa, La Vega, República Dominicana. En: Socialización de resultados de investigación en cultivos bajo ambiente controlado. Consejo Nacional de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (CONIAF). Santo Domingo. p. 32-75. (En línea). Revisado el 30 de mayo 2019. Disponible en: <https://coniaf.gob.do/index.php/documentos-digitales/category/74-diciembre?download=39:socializacion-de-resultados-de-investigacion-2011-vol-2>
- Sallam, N.; Abo-Elyousr, K.; Hassan, M. 2008. Evaluation of *Trichoderma* species as biocontrol agents for Damping-off and wilt diseases of *Phaseolus vulgaris* L. and efficacy of suggested formula. Egypt. J. Phytopathol. 36 (1-2): 81-93.
- Stefanova, M. 2007. Introducción y eficacia técnica del biocontrol de fitopatógenos con *Trichoderma* spp. en Cuba. Instituto de Investigaciones de Sanidad Vegetal. La Habana, CU. Fitosanidad 11 (3): 75-79.
- Watanabe, T. 2002. Pictorial atlas of soil and seed fungi. Morphologies of cultured fungi and key to species. 2<sup>nd</sup>. ed. CRC press, Lewis Publishers. USA. 486 p.
- Weber, R. 2009. Recent Developments in the Molecular Taxonomy of Fungi. Physiology and Genetics, 1st ed. 410 p. Eds. Anke T. and Weber, D. © Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Weiland, J.; Sundsbak, J. 2000. Differentiation and detection of sugar beet fungal pathogens using PCR amplification of actin coding sequences and the ITS region of the rRNA gene. PlantDis. 84:475-482.

