



Efectividad biológica de cepas de *Trichoderma* contra el clavo de la guayaba (*Pestalotiopsis clavispora*) en condiciones *in vitro* y de campo †

[Biological effectiveness of *Trichoderma* spp. strains against guava scab disease (*Pestalotiopsis clavispora*) under *in vitro* and field conditions]

Ernesto González-Gaona¹, Karla Vanessa De Lira-Ramos¹,
Olga Lidia Rivera-Dávila² Roberto Sánchez-Lucio^{3*},
Lucila Perales-Aguilar⁴ and Efraín De La Cruz-Lázaro⁵

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Pabellón, km 32.5 Carr. Ags.-Zac., 20660, Pabellón de Arteaga, Aguascalientes, México, Email: gaonzalez.ernesto@inifap.gob.mx

² Centro de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma de Aguascalientes, Av. Universidad No. 940 CP 20131, Aguascalientes, Ags, México, Email: olrida@hotmail.com

³ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. C.E. Santiago, Santiago Ixcuintla, Nayarit, CP 63300, Email: roberto_sanchez_lucio@yahoo.com.mx

⁴ Instituto Tecnológico de Pabellón de Arteaga (ITPA), Carretera a la estación de Rincón Km 1 CP 20670, Pabellón de Arteaga, Ags., México, Email: lucila.pa@pabellon.mx

⁵ Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, División Académica de Ciencias Agropecuarias. Carretera Villahermosa-Teapa km 25. CP 86280 Villahermosa, Tabasco, México. Email: efrain.delacruz@ujat.mx

*Corresponding author

SUMMARY

Background: Guava scab is a disease caused by *Pestalotiopsis clavispora*, and chemical agents are used for its control. An alternative is the use of antagonistic fungi such as *Trichoderma* spp., which has been extensively studied and has a low environmental impact. **Objective:** In this study, the biological effectiveness of *Trichoderma* strains against *Pestalotiopsis* sp. was evaluated. **Methodology:** Dual bioassays were established, where mycelial discs of *Trichoderma* and *Pestalotiopsis* were placed equidistantly on PDA medium to evaluate the antagonist's behavior against the pathogen. In the field, six *Trichoderma* strains, two fungicides, one insecticide, and the wateronly control were evaluated. At harvest, the incidence and severity of the disease, as well as the biological effectiveness of the treatments, were determined. **Results:** The bioassays showed that most *Trichoderma* strains are good competitors for colonizing the medium. They also showed mycoparasitism and reduced *Pestalotiopsis* growth. **Implication:** In the field, two *Trichoderma* strains achieved a reduction in the percentage of damaged fruit, lower severity, and greater effectiveness, similar to one of the fungicides and the insecticide. **Conclusion:** These strains can be considered in field level management for guava stem blight control, with a lower environmental impact.

Key words: Biological control; antagonist fungus; dual bioassays; field evaluation.

RESUMEN

Antecedentes: El clavo de la guayaba es una enfermedad causada por *Pestalotiopsis clavispora*, para su control se utilizan productos químicos. Una alternativa es el empleo de hongos antagonistas como *Trichoderma*, que ha sido ampliamente estudiado con bajo impacto ambiental. **Objetivo:** En este estudio, se evaluó la efectividad biológica de cepas de *Trichoderma* contra *Pestalotiopsis*. **Metodología:** Se establecieron bioensayos duales por triplicado donde se colocaron discos miceliales de *Trichoderma* y *Pestalotiopsis* en

† Submitted July 11, 2025 – Accepted September 4, 2025. <http://doi.org/10.56369/tsaes.6451>



medio PDA de forma equidistante para evaluar el comportamiento del antagonista frente al patógeno. En campo, se evaluaron seis cepas de *Trichoderma*, dos fungicidas, un insecticida, y el testigo con solo agua. En la cosecha, se determinó la incidencia y la severidad de la enfermedad, así como la efectividad biológica de los tratamientos. **Resultados:** Los bioensayos mostraron que la mayoría de las cepas de *Trichoderma* son buenos competidores para colonizar el medio, además mostraron micoparasitismo y reducción del crecimiento de *Pestalotiopsis*. **Implicaciones:** En campo, dos cepas de *Trichoderma* lograron una reducción del porcentaje de frutos con daño, menor severidad y mayor efectividad, similar a uno de los fungicidas y del insecticida. **Conclusión:** Dichas cepas pueden ser consideradas en un manejo de control del clavo de la guayaba a nivel campo con un menor impacto ambiental.

Palabras Clave: Control biológico; hongos antagonísticos; bioensayos duales; evaluación de campo.

INTRODUCCIÓN

El cultivo del guayabo (*Psidium guajava* L.), es afectado por más de 180 organismos fitopatógenos, los hongos sobresalen con 174 especies; 93 afectan frutos, 61 dañan el follaje y/o ramas y 20 atacan el sistema radical (Prakash y Pandey, 2007). Dentro de los que causan enfermedades a los frutos, destacan *Pestalotiopsis* spp., que ocasionan el clavo de la guayaba y cánceres (Kaushick *et al.*, 1972; Montiel, 1997; Keith *et al.*, 2006), *Colletotrichum gloeosporoides* asociado a antracnosis, (Rahman *et al.*, 2003; Amusa *et al.*, 2006, Ramírez *et al.*, 2008) y *Dothiorella* sp. que produce la pudrición marrón apical del fruto (Cedeño *et al.*, 1998; Castellano *et al.*, 2003).

Para el combate de clavo de la guayaba se emplean productos de síntesis química; sin embargo, la presencia de residuos en frutos y la restricción del empleo de Malatión en guayabas para exportación, así como para la elaboración de alimentos de infantes, complican el manejo de la enfermedad (González, 2018). La problemática generada con los productos de síntesis química promovió la búsqueda de alternativas biológicas y/o de bajo impacto ambiental, igual de efectivas pero biodegradables o inocuas, con las que se puedan producir frutas sanas y con los mismos recursos presentes en las huertas de guayaba.

Una alternativa es el hongo antagonista *Trichoderma*, que se emplea como un agente de control biológico para combatir las enfermedades de plantas ocasionadas por hongos fitopatógenos. Este hongo afecta el desarrollo de los fitopatógenos al entrar en competencia por el recurso para alimentarse, además de producir antibiosis, así como al alimentarse de ellos mediante la producción de enzimas líticas y micoparasitismo (Fravel, 1988; Ghrisalberty y Sivacithamparam, 1991; López-Ferrer *et al.*, 2017), induce mecanismos de resistencia al producir fitoalexinas, flavonoides y derivados fenólicos (Vinale *et al.*, 2010; Mukerjee *et al.*, 2013), y promueve el crecimiento vegetal al producir sideróforos que facilitan la absorción de

nutrientes y fitohormonas (Castro y Revillas, 2005; Ortuño *et al.*, 2013; Candellero *et al.*, 2015), favoreciendo el combate de los fitopatógenos tanto hongos como nematodos noduladores (spp. Jensen y Wolffhechel, 1995; Martínez *et al.*, 2013; Candellero *et al.*, 2015).

Trichoderma presenta una amplia distribución y es fácil de aislar del suelo y puede ser cultivado en medios de cultivo artificiales y/o en sustratos alternativos de reciclaje por lo cual su propagación masiva es factible y se ha demostrado que no ocasiona enfermedades en plantas (Jensen y Wolffhechel, 1995; Harman, 1996; Pineda-Insuasti *et al.*, 2017; Michel-Aceves *et al.*, 2008).

Las cepas de *Trichoderma* más comercializadas pertenecen a las especies *T. viride*, *T. polysporum* y *T. harzianum*, aunque por mucho la última, es la más empleada en el control biológico de fitopatógenos (Harman, 2000; Ávila-Miranda *et al.*, 2006; Rojo *et al.*, 2007).

González *et al.* (2009), mencionan que, en la zona productora de guayaba de Zitácuaro, Michoacán, emplearon al hongo antagonista *Trichoderma lignorum* para el combate de clavo de guayaba obteniendo daños del 4.03% que fue inferior al daño obtenido cuando se emplearon fungicidas (7%), aunque superiores al tratamiento con Malatión (3.14%), lo cual sugiere que es debido al control de un vector de la enfermedad.

El objetivo del presente estudio fue evaluar la efectividad biológica de diferentes cepas de *Trichoderma* para el control del clavo de la guayaba, *Pestalotiopsis clavispora*, aislado de frutos de guayaba de la zona de Calvillo, Aguascalientes.

MATERIALES Y MÉTODOS

Obtención de las cepas de *Trichoderma*

Se estableció un cepario de 35 aislamientos de *Trichoderma* spp. (Tabla 1) con aportaciones realizadas por investigadores del INIFAP-Campo

Tabla 1. Cepas de *Trichoderma* evaluadas para el control de *Pestalotiopsis clavispora* en guayaba.

Cepa	Identificación	Origen	Aislamiento
1	C3 <i>Trichoderma</i> sp.	Aguascalientes	Madera
2	R21 <i>Trichoderma</i> sp.	Las Varas, Nayarit	Suelo
3	R14 <i>Trichoderma</i> sp.	CESIX, Nayarit	Suelo
4	C2 <i>Trichoderma harzianum</i> .	San Luis Potosí, S.L.P.	Comercial
5	R13 <i>Trichoderma</i> sp.	Calvillo, Aguascalientes	Suelo, Guayaba
6	R15 <i>Trichoderma</i> sp.	CESIX, Nayarit	Suelo
7	R16 <i>Trichoderma</i> sp.	CESIX, Nayarit	Suelo
8	R23 <i>Trichoderma</i> sp.	Las Varas, Nayarit	Suelo
9	EG 28 <i>Trichoderma</i> sp.	Pabellón de A. Ags.	Suelo, Pasto
10	R4 <i>Trichoderma</i> sp.	CESIX, Nayarit	Suelo
11	C1 <i>Trichoderma</i> sp.	Irapuato, Guanajuato	Comercial
12	R5 <i>Trichoderma</i> sp.	CESIX, Nayarit	Suelo
13	R6 <i>Trichoderma</i> sp.	CESIX, Nayarit	Suelo
14	R4a <i>Trichoderma</i> sp*	Calvillo, Aguascalientes	Suelo, Guayaba
15	TM2 <i>Trichoderma</i> sp.	Morelia, Michoacán	Contaminante, PDA
16	TM1 <i>Trichoderma</i> sp.	Morelia, Michoacán	Contaminante, PDA
17	TM3 <i>Trichoderma</i> sp.	Morelia, Michoacán	Contaminante, PDA
18	ATR1 <i>Trichoderma atroviridae</i>	Irapuato, Guanajuato	ND
19	AU1 <i>Trichoderma auroviridae</i>	Irapuato, Guanajuato	ND
20	V1 <i>Trichoderma viridae</i>	Irapuato, Guanajuato	ND
21	V2 <i>Trichoderma viridae</i>	Irapuato, Guanajuato	ND
22	V3 <i>Trichoderma viridae</i>	Irapuato, Guanajuato	ND
23	AU2 <i>Trichoderma auroviridae</i>	Irapuato, Guanajuato	ND
24	LIG1 <i>Trichoderma lignorum</i>	Irapuato, Guanajuato	ND
25	THGTO1 <i>Trichoderma harzianum</i>	Irapuato, Guanajuato	ND
26	M15 <i>Trichoderma</i> sp.	Zacatecas, Zacatecas	Suelo, Chile
27	M2 <i>Trichoderma</i> sp.	Zacatecas, Zacatecas	Suelo, Chile
28	M16 <i>Trichoderma</i> sp.	Zacatecas, Zacatecas	Suelo, Chile
29	M10 <i>Trichoderma</i> sp*	Zacatecas, Zacatecas	Suelo, Chile
30	C4 <i>Trichoderma</i> sp.	Pabellón de A. Ags.	Suelo
31	EG1 <i>Trichoderma</i> sp.*	Asientos, Aguascalientes	Suelo
32	EG2 <i>Trichoderma</i> sp.	Asientos, Aguascalientes	Suelo
33	EG3 <i>Trichoderma</i> sp.*	Asientos, Aguascalientes	Suelo
34	EG4 <i>Trichoderma</i> sp.*	Asientos, Aguascalientes	Suelo
35	L35 <i>Trichoderma</i> sp.	Calvillo, Aguascalientes	Suelo, Guayaba

* No incluidas en los bioensayos duales

Experimental Pabellón (CEPAB), Aguascalientes, Campo Experimental Santiago Ixcuintla (CESIX), Nayarit, y de la Universidad Autónoma de Zacatecas; con cepas de las regiones de Aguascalientes, Guanajuato, Nayarit, San Luis Potosí y Zacatecas. Las cepas se incrementaron en medio de cultivo PDA. Una vez que se obtuvieron cultivos puros, se realizaron discos miceliales de 0.6 cm de diámetro con un sacabocados dentro de una campana de flujo laminar y se conservaron en tubos falcón de 10 mL en agua estéril y se mantuvieron en refrigeración a 5 °C hasta su uso en los bioensayos.

para remover los restos del cloro y al final se secaron con papel absorbente estéril. Posteriormente, el tejido previamente desinfectado, se sembraron en medios de cultivo PDA y Agar

Aislamiento de *Pestalotiopsis clavispora*

Se recolectaron frutos afectados por el clavo de la guayaba en huertos de guayaba de la región de Calvillo, Aguascalientes. Los frutos se trasladaron al Laboratorio de Sanidad Forestal y Agrícola del Campo Experimental Pabellón (CEPAB) en bolsas de plástico dentro de hieleras. De los frutos con lesiones, se cortaron pequeñas porciones de tejido donde se presentó el avance de la enfermedad, éstos se desinfectaron con hipoclorito de sodio al 2% por un minuto y después se realizaron dos lavados con agua estéril por un minuto

Sabouraud en una campana de flujo laminar. Los cultivos se incubaron a 28 °C por diez días para después realizar resiembras y obtener cultivos puros. Para corroborar la identidad del patógeno,

se realizaron montajes temporales tomando una pequeña muestra del crecimiento fúngico a partir del medio de cultivo y se revisaron bajo microscopio. Se utilizó la descripción Keith *et al.* (2006), donde describen que la presencia de esporas con apéndices es característico de *Pestalotiopsis*. Los aislamientos que resultaron positivos para *Pestalotiopsis* se incrementaron y se realizaron discos miceliales de 0.6 cm de diámetro y se almacenaron como se describió en la sección anterior. Se obtuvieron cepas provenientes de la zona productora de Calvillo de “El rodeo”, “El sauz”, “Colomos 1”, “Las moras” y “el Chiquihuitero”; de estas, la última fue la empleada en los bioensayos debido a su mejor desarrollo.

Bioensayos duales

Los discos miceliales de cepas de *Trichoderma* (antagonista) y *Pestalotiopsis* (patógeno) se sembraron bajo campana de flujo laminar en cajas Petri con PDA, equidistantes entre sí, para de esta manera evaluar el comportamiento del antagonista frente al patógeno. Se evaluaron durante 7 días y se determinó el porcentaje de reducción del crecimiento del fitopatógeno en presencia del antagonista con respecto al crecimiento del fitopatógeno sin antagonista (Royse y Ries, 1978). También se evaluó el efecto antagónico mediante la utilización de una escala de medición para el análisis de Baker y Cook, utilizada por Bell *et al.* (1982). Los datos se transformaron a raíz cuadrada de $X+0.5$ para disminuir la varianza y los datos se analizaron bajo un diseño completamente al azar con tres repeticiones y la prueba de medias se realizó con la DMS 0.05% utilizando el programa Statistical Analysis Systems, versión 9.1 (SAS, 2013). Además, se realizó un análisis de regresión por pares entre las variables analizadas.

Evaluación en campo

Se estableció un experimento de control de clavo el 19 de noviembre de 2016, en la localidad “Las Moras” del área de Mesa Grande, Calvillo, Aguascalientes propiedad del Sr. Joaquín Velasco Luevano con coordenadas en $21^{\circ} 47' 09.4''$ y 102° con una altitud de 1,827 msnm, donde se detectó una infestación de la enfermedad en frutos de 2.0 cm \varnothing y presencia de ninfas y adultos de *Monalonia* sp. (Hemiptera: Miridae). Se empleó un diseño de bloques al azar con tres repeticiones y se “blanqueó” el experimento quitando todos los frutos dañados al inicio del estudio. Se realizaron en total seis aplicaciones de *Trichoderma* con una periodicidad semanal (19 de noviembre, 01, 08, 14, 22 y 28 de diciembre).

Se consideraron los siguientes tratamientos 1) Cepa 9, *Trichoderma* sp., 2) Cepa 4, *Trichoderma harzianum*, 3) Cepa 18, *Trichoderma artroviridae*, 4) Cepa 19, *Trichoderma auroviridae*, 5) Cepa 35, *Trichoderma* sp., 6) Cepa 6, *Trichoderma* sp., 7) Testigo con solo agua, 8) Insecticida Malatión® a dosis de $3.0 \text{ mL}^{-1} \text{ L}^{-1}$, 9) Fungicida sistémico Metalaxil + Mancozeb (Ridomil Gold®) a dosis de 3.0 gr L^{-1} , y 10) Deltametrina (Biotrin®) a dosis de 5.0 mL L^{-1} .

Las cepas se aplicaron en una concentración de 1.0×10^{-8} esporas mL^{-1} . Los tratamientos se aplicaron con una aspersora de comprensión portátil Pacto 5® de 4.0 L, con boquilla de cono para insecticidas empleando aproximadamente 1.0 l por árbol.

A todas las preparaciones se les adicionó 5.0 cc de adherente-humectante Tamis® y 3 gotas de dispersante Tween® 20 por litro de agua para mejorar la emulsión de los componentes y propiciar una mayor adherencia a la planta.

Una semana posterior a la última aplicación se contabilizó toda la fruta presente en cada árbol y se cosecharon todos los frutos afectados. Se determinó la incidencia (frutos sanos-frutos dañados) y la severidad determinada con la siguiente escala 0= no daño, 1= ligera 1-3 clavos <10% de daño, 2= moderada 5-7 clavos alrededor de 15 a 20% de daño, 3= fuerte >10 clavos y 40-60% de daño y 4= muy fuerte >10 clavos y >70% de daño (González *et al.*, 2009). Los datos obtenidos se transformaron a media ponderada de la infección (Townsend y Heuberger, 1943) mediante la siguiente fórmula:

$$PI = \left[\frac{\sum n \cdot v}{\text{CM} \cdot N} \right] * 100$$

donde: PI= media ponderada de infección, n= número de frutos por cada clase en la escala, v= valor numérico de cada clase, CM= categoría mayor, N= número total de frutos en la muestra. Para su análisis, los datos se transformaron a raíz cuadrada de $X+0.5$ para disminuir la varianza y se analizaron mediante el programa JMP de SAS y las diferencias entre medias se compararon mediante Tukey al 0.05%. Para determinar la efectividad biológica de los tratamientos, se aplicó la fórmula de Abbott (1987): $\%E = [(IT - It) / IT] * 100$ donde %E = porcentaje de efectividad, IT= infección en el testigo, It= infección en el tratamiento.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Bioensayos duales

El ANVA detectó diferencias significativas ($p \leq 0.05$) para el efecto antagónico de las cepas (empleando la escala de Baker y Cook) y en el micoparasitismo, mientras que para la reducción del crecimiento no se observó diferencia estadística. Las medias de las tres variables analizadas se muestran en la tabla 2.

Respecto al efecto antagónico de las cepas empleando la escala de Baker y Cook, la mayoría se ubicaron en la clase 1, lo cual indica que son buenos competidores para colonizar el medio, con excepción de la cepa 18, la cual fue estadísticamente diferente al resto de las cepas con un valor clase de 3.0. Por otra parte, la mayoría de las cepas de *Trichoderma* mostraron algún grado de micoparasitismo sobre *Pestalotiopsis* con excepción de las cepas 9, 18, 23 y 24, que no expresaron ningún grado de micoparasitismo sobre el hongo causante del clavo de la guayaba. En contraste, las cepas con mayor porcentaje de micoparasitismo fueron la 4, 12, 3 y 1 con 100, 77, 66 y 64% respectivamente. Respecto a la reducción del crecimiento de *Pestalotiopsis* se

observó un rango del 6 al 39% no detectándose diferencias estadísticas en este aspecto, los mayores porcentajes de reducción se observaron en las cepas 3, 27 y 4 con reducciones del 39, 33 y 31% respectivamente. Resultados similares fueron reportados por Rubio-Tinajero *et al.* (2021) y Savin-Molina *et al.* (2021) quienes mencionan una actividad antagónica in vitro de cepas de *Trichoderma* spp. hacia hongos fitopatógenos como: *Fusarium oxysporum*, *F. solani*, *Rhizoctonia solani*, *Colletotrichum gloeosporioides* y *Alternaria alternata*, con porcentajes de inhibición mayores al 60% por lo que pueden ser una alternativa para el biocontrol de enfermedades ocasionadas por hongos fitopatógenos.

La relación entre el grado de micoparasitismo y la reducción del crecimiento de las cepas de *Trichoderma* spp. sobre *P. clavispora* bajo condiciones de laboratorio se muestra en la Figura 1. Aun cuando el valor del coeficiente de determinación fue bajo ($R^2=0.3152$), se puede apreciar una tendencia a que mientras más alto sea el grado de micoparasitismo, se esperaría una mayor reducción del crecimiento *P. clavispora*, como en las cepas 3, 12 y 4 que alcanzaron los valores más altos en ambas variables.

Tabla 2. Medias del efecto antagónico (empleando la escala de Baker y Cook), micoparasitismo y reducción del crecimiento de cepas de *Trichoderma* sobre *Pestalotiopsis clavispora* bajo condiciones de laboratorio.

Cepa*	Clase ^a	Micoparasit. ^b	Reducción ^c	Cepa	Clase ^a	Micoparasit. ^b	Reducción ^c
1	1.33	64.00	22.01	17	1.00	33.00	8.95
2	1.67	22.33	27.62	18	3.00	0.00	13.72
3	1.67	66.67	38.91	19	1.00	22.00	15.09
4	1.00	100.00	30.80	20	1.67	11.67	14.09
5	1.33	11.00	16.32	21	1.00	22.00	9.37
6	1.33	22.00	19.05	22	1.67	11.00	17.36
7	1.00	55.67	26.02	23	1.33	0.00	18.98
8	1.00	33.00	23.03	24	1.00	0.00	16.40
9	1.00	0.00	16.30	25	1.00	22.00	18.46
10	1.00	55.67	18.10	26	1.00	33.00	21.64
11	1.00	33.00	27.28	27	1.00	33.33	33.10
12	1.00	77.67	29.18	28	1.00	55.67	27.48
13	1.00	33.33	23.12	30	1.00	55.33	22.68
15	1.33	33.33	12.40	32	1.00	44.67	17.57
16	1.00	33.00	6.66	35	1.00	11.00	20.82

* Media de tres repeticiones. ^a $DMS_{0.05} = 0.210$; ^b $DMS_{0.05} = 4.24$; ^c No Significativo.

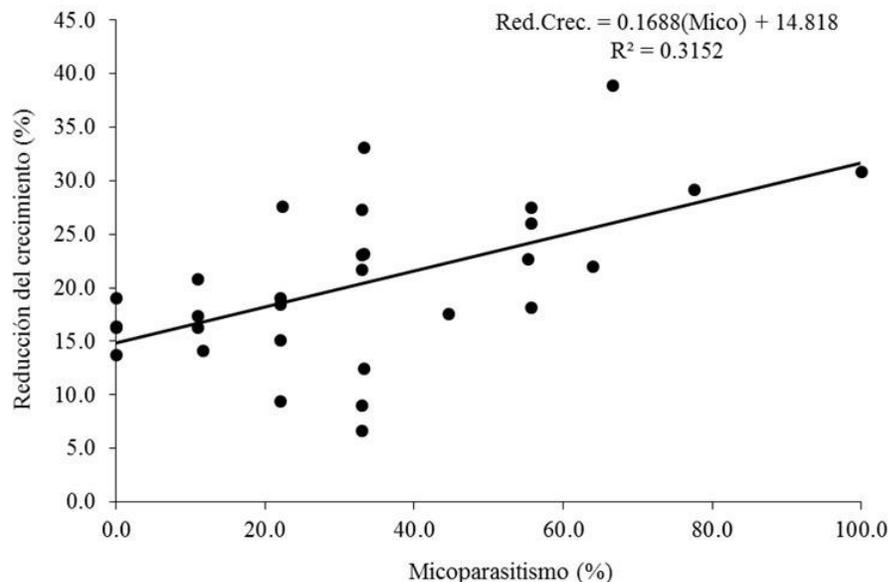


Figure 1. Relación entre micoparasitismo y la reducción del crecimiento de cepas de *Trichoderma* sobre *Pestalotiopsis clavisporea* bajo condiciones de laboratorio.

Experimento en campo

Los árboles de guayaba bajo tratamiento presentaron en promedio 737 frutos (rango de 138 a 1,817), en el establecimiento del experimento presentaban 90 frutos/árbol con incidencia de clavo, con un rango de 4 a 537 frutos dañados por árbol representando una incidencia promedio del 17%. Después de la aplicación de los tratamientos, la incidencia independientemente de los tratamientos fue 27 frutos dañados/árbol con un rango de 0.0 a 102 frutos dañados por árbol representando una incidencia promedio del 4.1%.

En la tabla 3, se muestra el promedio de frutos dañados por árbol, donde se observa que los tratamientos con el menor número fueron la cepa 19 y cepa 18 de *Trichoderma* y los plaguicidas Ridomil Gold y Malatión con 10, 11, 15 y 17 frutos dañados por árbol respectivamente. Los de mayor número de frutos afectados fueron: Biotrín, y las cepas 9, cepa 35, cepa 6 y cepa 4 de *Trichoderma* con 44, 43, 37, 33 y 30 frutos dañados por árbol que son superiores al testigo con 27 frutos dañados. Cabe mencionar que el Biotrín es un insecticida botánico que se comercializa en la zona productora de Calvillo, Aguascalientes. Al transformar el número de frutos dañados por árbol a porcentaje respecto del total por árbol, los mayores porcentajes de daño se observaron en las Cepa 35, y Cepa 9 de *Trichoderma*, Biotrín y el testigo con agua con 7.97, 7.10, 5.27 y 4.37% respectivamente, mientras que los de menor daño

fueron el Ridomil Gold, Malatión y las cepas 18 y 19 con 1.93, 2.10, 2.20 y 2.33% respectivamente. Aunque al realizar la comparación estadística de las medias mediante la prueba de Tukey no se detectaron diferencias estadísticas por la variación entre las unidades experimentales. Lo que puede atribuirse a la baja incidencia general de la enfermedad registrada en el huerto, así como a la variabilidad natural entre árboles y la práctica de “blanqueo” inicial de frutos dañados. Estos factores reducen la capacidad del análisis estadístico para discriminar diferencias entre cepas de *Trichoderma* y plaguicidas. Resultados similares han sido reportados en evaluaciones a campo abierto, donde la efectividad del biocontrol se observa en tendencias de reducción de incidencia, pero no siempre alcanza significancia estadística debido a la heterogeneidad de la enfermedad en condiciones naturales (González *et al.*, 2009; Eraso *et al.*, 2014).

El porcentaje de infección en el experimento fue bajo y fluctuó de 0.77 a 3.85, con la mayor infección en cepa 35, cepa 9 de *Trichoderma* y Biotrín que fueron mayor que la infección en el testigo (Tabla 3) y por lo tanto su efectividad se muestra como negativa. Los menores porcentajes de infección se observaron en los tratamientos Ridomil Gold, y las cepas 18, cepa 19 de *Trichoderma* y Malation con valores de 0.77, 0.85, 0.97 y 1.006 respectivamente y representaron efectividades en el control del 44 al 57%.

Tabla 3. Efectividad biológica de cepas de *Trichoderma* para el control de *Pestalotiopsis clavispora* en campo.

Tratamientos	Frutos afectados por clavo		PI**	Efectividad***
	Número	%*		
Cepa 9	43.33	7.10a	3.29	-81.77
Cepa 4	30.67	3.9a	1.70	6.08
Cepa 18	11.67	2.20a	0.85	53.04
Cepa 19	10.67	2.33a	0.97	46.41
Cepa 35	37.67	7.97a	3.85	-112.71
Cepa 6	33.33	3.47a	1.48	18.23
Testigo	27.67	4.37a	1.81	0.0
Malation	17.0	2.10a	1.006	44.42
Metalaxyl + Clorotalonil	15.0	1.93a	0.77	57.46
Biotrin	44.67	5.27a	2.34	-29.28

*Media de porcentaje de frutos dañados por árbol, medias seguidas por la misma letra no son diferentes estadísticamente mediante Tukey-Kramer al 0.05%.

**Porcentaje de infección de acuerdo con Townsend y Heuberger, 1943.

***Efectividad de tratamientos acorde a la fórmula de Abbot, 1987.

Respecto de la severidad (**Figura 2**) se observó que la mayoría de los frutos afectados presentaban infestaciones de ligera a media con más de 10 frutos en estas categorías a excepción de los tratamientos: cepa 18, cepa 19 de *Trichoderma*, Malatión y Ridomil Gold. También la cepa 18 y 19 mostraron menos de 2 frutos con daño fuerte y no tuvieron frutos con daños muy fuertes. Los tratamientos cepa 9 y Biotrin presentaron la mayor cantidad de frutos con daños fuertes. En condiciones de campo, cepas de *Trichoderma*, también han sido evaluadas en cultivos anuales

como chícharo (*Pisum sativum* L.) y soya (*Glycine max* L.) como agentes de biocontrol contra hongos fitopatógenos como *Fusarium oxysporum*, mostrando que *Trichoderma* permitió un mejor desarrollo de las raíces y parte aérea (Eraso *et al.*, 2014; Cruz *et al.*, 2017). En un estudio en condiciones de campo (González *et al.*, 2009) emplearon al hongo antagonista *Trichoderma lignorum* para el combate del clavo de la guayaba, reportando menor daño comparado al daño cuando se emplearon fungicidas síntesis química.

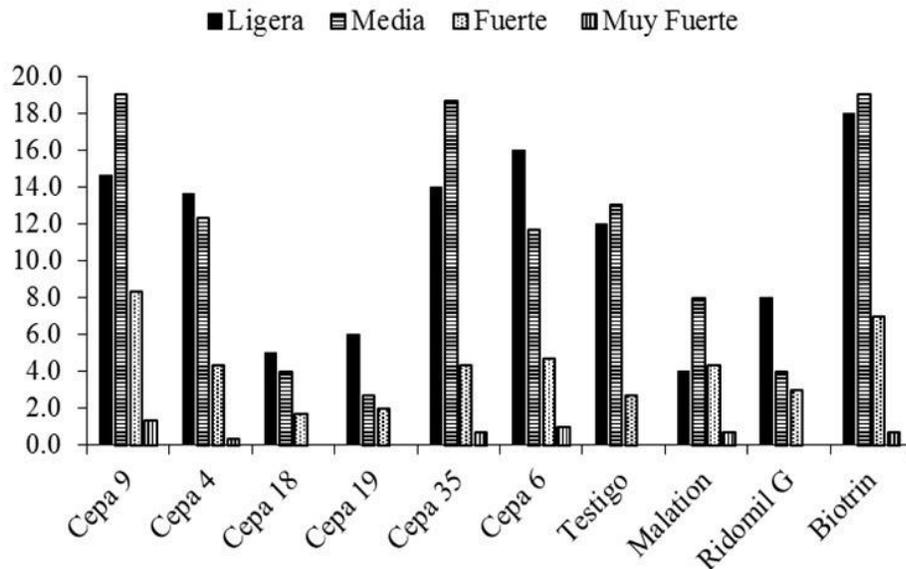


Figure 2. Promedio del grado de severidad en los daños ocasionados por *Pestalotiopsis clavispora* a frutos de guayaba en experimento de control con cepas de *Trichoderma* en Calvillo, Aguascalientes.

CONCLUSIONES

Las cepas de *Trichoderma* spp. evaluadas mostraron un comportamiento antagónico contra *Pestalotiopsis clavispora* bajo condiciones *in vitro*, principalmente mediante micoparasitismo y competencia, lo que confirma su potencial como agentes de biocontrol. En campo, aunque no se detectaron diferencias estadísticas entre tratamientos, se observaron tendencias favorables con las cepas 18 y 19, que redujeron la incidencia y severidad del clavo de la guayaba a niveles similares a los plaguicidas convencionales. Estos resultados indican que las cepas seleccionadas pueden ser consideradas en programas de manejo integrado con bajo impacto ambiental. Se recomienda continuar con estudios de validación multianuales y en diferentes regiones productoras para fortalecer la evidencia de su efectividad a nivel comercial.

Agradecimientos

Al M.C. Jaime Antonio Ocampo Hernández del CESAVG por facilitar las cepas de *Trichoderma* spp. del Estado de Guanajuato.

Funding. Does not apply.

Conflict of Interest. The authors declare that they do not have conflicts of interest.

Compliance with ethical standards. Not applicable.

Data availability. Data are available upon reasonable request to the corresponding author (roberto_sanchez_lucio@yahoo.com.mx).

Author contribution statement (CRediT). **E. González-Gaona** – Conceptualization, Datacuration, Writing–Review and Editing. **K.V. Lira-Ramos** – Methodology, Datacuration, Writing, Review and Editing. **O.L. Rivera-Dávila** – Writing, Review and Editing. **R. Sánchez-Lucio** – Conceptualization, Formal analysis, writing, draft and editing. **L. Perales-Aguilar** - Supervision, Writing original draft, review and editing. **E De La Cruz-Lázaro** – Writing, Review and Editing, Formal analysis.

REFERENCES

- Abbot, W.S., 1987. Classic Paper: Abbott's Formula. A Method of computing the effectiveness of an insecticide. *Journal American Mosquito Control Association*, 3(2), pp. 302-303. <http://doi.org/10.1146/annurev.en.39.0101.94.000323>
- Amusa, N.A., Ashaye, O.A., Amadi, J. and Oladapo, O., 2006. Guava fruit anthracnose and the effects on its nutritional and market values in Ibadan, Nigeria. *Journal of Applied Sciences*, 6(3), pp. 539-542. <http://doi.org/10.3923/jas.2006.539.542>
- Ávila-Miranda, M.E., Herrera-Estrella, A. and Peña-Cabriales, J.J., 2006. Colonization of the rhizosphere, rhizoplane and endorhiza of garlic (*Allium sativum* L.) by strains of *Trichoderma harzianum* and their capacity to control allium white-rot under field conditions. *Soil Biological and Biochemistry*, 38, pp. 1823-1830. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2005.110.36>
- Bell, D., Well, H. and Markham, C., 1982. "In vitro" antagonism of *Trichoderma* species against six fungal plant pathogens. *Phytopathology*, 72, pp. 379-382. <http://doi.org/10.1094/Phyto-72-379>.
- Candellero, D.J., Cristóbal, A.J., Reyes, R.A., Tun, S.J.M., Gamboa, A.M.M. and Ruiz, S.E., 2015. *Trichoderma* spp. promotoras del crecimiento en plántulas de *Capsicum chinense* Jacq. y antagónicas contra *Meloidogyne incognita*. *Phyton (Buenos Aires)*, 84(1), pp. 113-119.
- Castellano, G., Quijada, O., Guanipa, N., Camacho, R. and Fonseca, Y., 2003. Control de la pudrición apical del fruto y secamiento del árbol mediante manejo integral del cultivo del guayabo (*Psidium guajava* L.). *Bioagro*, 15(2), pp. 135-142. <http://doi.org/85715209>
- Castro, A.M. and Revillas, C.A., 2005. Biorregulación de *Rhizoctonia solani* en germinadores de café. Boletín CENICAFÉ. Avance técnico No. 336. <https://www.cenicafe.org/es/publications/avt0336.pdf>
- Cedeño, L., Carrero, C.R. Santos and Quinter, N., 1998. Podredumbre marrón en frutos de guayabo causada por *Dothiorella*, fase conidial de *Botryosphaeria dothidea* en los estados de Mérida y Zulia, Venezuela. *Fitopatología Venezolana*, 11(1), pp. 16-22. <https://www.saber.ula/bitstream/handle/123456789/36016/26pdf?sequence1&isAllowed=y>

- Cruz T.A., Rivero, D.G., Martínez, B.C., Echevarría, A.H. and Tania, A.R., 2017. Evaluación de la actividad antifúngica de *Trichoderma asperellum* Samuels ante patógenos fúngicos que afectan al cultivo de la soya (*Glycine max* L.). *Cultivos Tropicales*, 38(4), pp. 15- 21.
- Eraso I.C., Acosta, J.R., Salazar, C.G. and Betancourth C.G., 2014. Evaluación de cepas de *Trichoderma* spp. para el manejo del amarillamiento de arveja causado por *Fusarium oxysporum*. *Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 15(2), pp. 237-249.
- Ghrisalberty, E.L. and Sivacithamparam, K., 1991. Antifungal antibiotic produced by *Trichoderma* spp. *Soil Biology and Biochemistry*, 23, pp.1011-1020. [https://doi.org/10.1016/0038-0717\(91\)90036](https://doi.org/10.1016/0038-0717(91)90036)
- Fravel, D.R., 1988. Role of antibiosis in the biocontrol of plant diseases. *Annual Review of Phytopathology*, 26, pp. 75-91. <https://doi.org/10.1146/annurev.py.26.090188.000451>
- González, G.E., Padilla R.J.S. and Perales de la Cruz, M.A., 2009. *Estrategias para el Manejo del Clavo de la Guayaba (Pestalotiopsis psidii)*. Folleto Técnico Núm. 40. INIFAP-CIRNOC-Campo Experimental Pabellón, Pabellón de Arteaga, Ags. México. 29 p. <https://isbn.cloud/9786074251784/estrategias-para-el-manejo-del-clavo-de-la-guayaba-pestalotiopsis-psidii/>
- González, G.E., 2018. Biodiversidad de artrópodos y plantas para el manejo fitosanitario del agroecosistema guayaba. Tesis Doctorado en Ciencias en Biotecnología en Procesos Agropecuarios. Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico El Llano, Aguascalientes 164 p.
- Harman, G.E., 2000. Myths and dogmas of biocontrol changes in perceptions derived from research on *Trichoderma harzianum* T-22. *Plant disease*. 84(4), pp. 377-393. <https://doi.org/10.1094/PDIS.2000.84.4.377>
- Harman, G.E., 1996. *Trichoderma* for biocontrol of plant pathogens: from basic research to commercialized products. In: Proceedings of the Cornell Community Conference on Biological Control, Ithaca. NY. Vol. 1113.
- Jensen, D.F. and Wolffechele, H. 1995. *Biological Control: Benefits and Risks*. In: The use of fungi, particularly *Trichoderma* spp. and *Gliocladium* spp., to control root and damping-off diseases. M.T.H. Heikki and J.M. Lynch, eds. Cambridge: Cambridge University Press. pp 177-189.
- Kaushik, C.D., Thakur, D.P. and Chand, J.N., 1972. Parasitism and control of *Pestalotia psidii* causing cankerous disease of ripe guava fruits. *Indian Phytopathology*, 25, pp. 61 - 64.
- Keith, L.M., Velásquez, M.E. and Francis T. 2006. Identification and Characterization of *Pestalotiopsis* spp. causing scab disease of guava *Psidium guajava* in Hawaii. *Plant disease*, 90, pp.16-23
- López-Ferrer, U.C., Brito-Vega, H. López-Morales, D. Salaya-Domínguez, J.M. and Gómez-Méndez, E., 2017. Papel de *Trichoderma* en los sistemas Agroforestales Cacaotal como agente antagónico. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 20(1), pp. 91-100. <http://dx.doi.org/10.56369/tsaes.2278>
- Martínez, B., Infante, D. and Reyes, Y., 2013. *Trichoderma* spp. y su función en el control de plagas en los cultivos. *Revista de Protección Vegetal*, 28(1), pp. 1-11.
- Michel-Aceves, A.C., Otero-Sánchez, M.A., Martínez-Rojero, R.D., Rodríguez-Moran, N.L., Araiza-Flores, R. and Barrios-Ayala, A., 2008. Producción masiva de *Trichoderma harzianum* Rifai en diferentes sustratos orgánicos. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 14(2), pp. 185-191.
- Montiel, C.A., 1997. *Pestalotiopsis psidii* (Pat.) Mordue causante de necrosis de frutos de guayabo (*Psidium guajava* L.) en plantaciones de los municipios Baralt y Mara del Estado de Zulia. *Revista de la Facultad de Agronomía. Luz*, 14, pp. 341 – 347.
- Ortuño, N., Miranda, C. and Claras, M., 2013. Selección de cepas de *Trichoderma* spp. generadoras de metabolitos secundarios de interés para su uso como promotores

- de crecimiento en plantas cultivadas. *Journal of the Selva Andina Biosphere*, 1(1), pp. 16-32.
- Pineda-Insuasti, J.A., Benavides-Sotelo, E.N., Duarte-Trujillo, A.S., Burgos-Rada, C.A., Sotelo-Arroyave, C.P., Pineda-Soto, C.A., Fierro-Ramos, F.J., Mora-Muñoz, E.S. and Álvarez-Ramos, E.E., 2017. Producción de biopreparados de *Trichoderma* spp. una revisión. *ICIDCA Sobre los derivados de la caña de azúcar*, 5(1), pp. 47-52. <https://www.redalyc.org/pdf/2231/223153894008.pdf>
- Prakash, O.M. and Pandey, B.K. 2007. *Current scenario of guava diseases in India and their integrated management*. In: I International Guava Symposium. 735, pp 495-505.
- Ramírez Arredondo, J.A., Sanchez Sanchez, A. and Samaniego Russo, J.A., 2008. *Enfermedades del guayabo (Psidium guajava) en el sur de Sonora*. Folleto Técnico Núm. 59. INIFAP - CIRNO - Campo Experimental Valle del Yaqui - Sitio Experimental Valle del Mayo. 18 p. SIACON-SIAP.
- Rahman, M.A., Ansari, T.H., Meah, M.B. and Yoshida, T., 2003. Prevalence and pathogenicity of guava anthracnose with special emphasis on varietal reaction. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 6(3), pp. 234-241.
- Rojo F.G., Reynoso M.M., Ferez M., Chulze S.N. and Torres A.M., 2007. Biological control by *Trichoderma* species of *Fusarium solani* causing peanut brown root rot under field conditions. *Crop Protection*, 26, pp. 549-555
- Royse, D.J. and Ries, S.M., 1978. The influence of fungi isolated from peach twigs on the pathogenicity of *Cytospora cincta*. *Phytopathology*, 68, pp. 603-607.
- Rubio-Tinajero S., Osorio-Hernández, E., Estrada-Drouaillet, B., Silva-Espinosa, J.H.T., Rodríguez-Mejía, Ma. De L. and Nava-Juárez, R.A., 2021. *In vitro* antagonist biocontrol of *Fusarium oxysporum* and *Dickeya chrysanthemi*. *Mexican Journal of Phytopathology*, 39(3), pp. 515-528.
- SAS Institute, 2013. Statistical Analysis Software [en línea]. Versión 9.1.3, edit. SAS Institute Inc. Cary, N.C., USA, 2013. [disponible en]: http://www.sas.com/en_us/software/analytics/stat.html#
- Savín-Molina J., Hernández-Montiel, L.G., Ceiro-Catasú, W., Ávila-Quezada, G.D., Palacios-Espinosa, A., Ruiz-Espinoza, F. and Romero-Bastidas, M., 2021. Morphological characterization and biocontrol potential of *Trichoderma* species isolated from semiarid soils. *Mexican Journal of Phytopathology*, 39(3), pp. 435-451.
- Townsend, G.R. and Heuberger, J.W., 1943. Methods for estimating losses caused by diseases in fungicidal treatments. *Plant Disease Reporter*, 27, pp. 340-343.
- Vinale, F., Ghisalberti, E.L., Flematti, G., Marra, R., Lorito, M. and Sivasithamparam, K., 2010. Secondary metabolites produced by a root inhabiting sterile fungus antagonistic towards phyto-pathogens fungi. *Letters in Applied Microbiology*, 50, pp. 380-385.