Fecha de recibido: 13-03-2024
Fecha de aceptado:05-09-2024
DOI: 10.22490/21456453.7700

EVALUACIÓN DE CEPAS DE *Trichoderma* SPP. PARA EL CONTROL DE *Phytophthora* spp. EN *Theobroma cacao* L. EN EL SUR DE COLOMBIA

EVALUATION OF *Trichoderma* SPP. STRAINS FOR THE CONTROL OF *Phytophthora* spp. ON *Theobroma cacao* L. IN SOUTHERN COLOMBIA

Claudia Parra Cortes [1]
Valentín Murcia Torrejano [2]
Alexandra Cerón Endo [3]
Guillermo Caicedo Díaz [4]

[1] MsC. Universidad Nacional de Colombia, Neiva, Colombia. claudia.parraco@unad.edu.co

[2] Estudiante de Agronomía, Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD, Neiva, Colombia. murciat@unadvirtual.edu.co

[3] MsC. Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD, Neiva, Colombia. aceronen@gmail.com

4 MsC. Universidad de Nariño, Neiva, Colombia. guillicadi@yahoo.es

Citación: Parra, C., Murcia, V., Cerón, A., y Caicedo, G. (2025). Evaluación de cepas de *Trichoderma* spp. para el control de *Phytophthora* spp. en *Theobroma cacao* L. en el sur de Colombia. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 16(1), 143 - 156. https://doi.org/10.22490/21456453.7700

RESUMEN

Contextualización: las enfermedades fungosas causan grandes pérdidas en la producción a escala mundial, la pudrición parda de la mazorca o mazorca negra es la enfermedad del cultivo de cacao (*Theobroma cacao)* más importante, la cual es causada por varias especies de *Phytophthora*.

Vacío de conocimiento: en Colombia son pocos los estudios en el manejo de *Phytophthora* spp. en cacao. Se han realizado avances investigativos por parte de Agrosavia en otras regiones del país, pero se requiere de este tipo de estudios para control biológico en la zona de influencia del proyecto.

Propósito: el objetivo del presente estudio fue evaluar la efectividad de dos productos comerciales *Trichoderma viride* frente a la mezcla de *Trichoderma asperellum, Trichoderma otroviride, Trichoderma harzianum* en el control de *Phytophthora* spp. en *T. cacao* en fincas de cacao orgánico en el sur de Colombia.

Metodología: se emplearon parámetros de evaluación para incidencia y severidad de *Phytophthora* spp. en plantaciones de *T. cacao* con producción orgánica. Enfermedad tratada con: T1: (*Trichoderma asperellum, Trichoderma atroviridae, Trichoderma harzianum*). Presentación polvo mojable PW. T2: (*Trichoderma viride*) presentación líquida suspensión concentrada SC. T3: Testigo, sin ninguna aplicación, en dos épocas de producción del año.

Resultados y Conclusiones: como resultados se encontró el género *Trichoderma* es efectivo para el control de *Phytophthora* spp., se identificó que la cepa el T. *viride* tiene mayor control biológico que la mezcla de *Trichodermas*

Palabras clave: control biológico, enfermedad fungosa, hongo, pudrición negra

ABSTRACT

Contextualization: Fungal diseases cause major production losses worldwide. Brown rot of the pod or black pod is the most important cocoa crop disease, which is caused by several species of *Phytophthora*.

Knowledge gap: There is little research on the management of Phytophthora spp. in cocoa in Colombia. Research advances have been made by Agrosavia in other regions of the country, but this type of study is needed

for biological control around influence of the project.

Purpose: The objective of the present study was to evaluate the effectiveness of two commercial products Trichoderma viride versus the mixture of Trichoderma asperellum, Trichoderma otroviride, Trichoderma harzianum in the control of Phytophthora spp. on *T. cacao* in organic cocoa farms in southern Colombia.

Methodology: Evaluation parameters were used for incidence and severity of *Phytophthora* spp. in *T. cacao* plantations in organic cocoa farms. Disease treated with: T1: (*Trichoderma asperellum, Trichoderma atroviridae, Trichoderma harzianum*). Presentation wettable powder PW. T2: (*Trichoderma viride*) liquid presentation concentrated suspension SC. T3: Control, without any application; in two periods of production of the year.

Results and conclusions: As result it was found that *Trichoderma* is effective for the control of *Phytophthora* spp., it was identified that *T. viride* has greater biologic control than the mixture of *Trichoderm*as.

Keywords: biological control, black pod rot, fungal disease, fungi

RESUMEN GRÁFICO

Fuente: autores.

1 INTRODUCCIÓN

El cacao (*Theobroma cacao* L.) es uno de los cultivos industriales de mayor importancia en el mundo debido a su uso en la elaboración del chocolate, confiterías, productos cosméticos y farmacéuticos. Entre los países productores en la región sudamericana, Colombia es el quinto según la International Cocoa Organization (ICCO, 2022). El cultivo del cacao se ha convertido en una prioridad del gobierno colombiano, pues es uno de los cultivos que se promueven en el desarrollo de programas dirigidos a favorecer la paz en regiones de posconflicto y sustitución de cultivos anteriormente utilizados con fines ilícitos (Rodríguez-Medina *et al*., 2019).

El departamento del Huila es el cuarto productor de cacao en Colombia, este se ubica en el sur del país y cuenta con condiciones agroecológicas propicias para el desarrollo del cultivo, haciéndolo un estado con una gran proyección de expansión del cultivo, en la actualidad hay sembradas cerca de 8.000 hectáreas de cacao, en su mayoría por pequeños productores, aproximadamente 2.500 familias distribuidas en los 35 de sus 37 municipios según FICCA (2023).

Las enfermedades fungosas causan grandes pérdidas en la producción de cacao a escala mundial, la pudrición parda de la mazorca o mazorca negra es la enfermedad del cacao más importante, es causada por varias especies de *Phytophthora*, las cuales causan daño significativo de hasta un 30% a las mazorcas y ocasiona la muerte de hasta un 10 % de los árboles anualmente (Perrine-Walker, 2020). Algunos de los agentes causales, como *P. palmivora*, están distribuidos globalmente, el género *Phytophthora* es un oomiceto hemibiotrófico, las dos principales especies de *Phytophthora* que causan enfermedades en el cacao son *P. palmivora y P. megakarya* (Marelli *et al*., 2019). Infecta muchas partes de la planta de cacao, incluido el fruto, causando la enfermedad de la pudrición negra de la mazorca.

Los pequeños agricultores producen más del 80 % de toda la producción de cacao en sistemas agroforestales de cultivo intercalado o seminaturales (Perrine-Walker, 2020); lo cual implica una mayor humedad que favorece el desarrollo de la enfermedad causado por *Phytophthora spp*. Para su manejo ellos emplean fungicidas que impactan fuertemente en la microflora de los ecosistemas agrarios, destruyendo microbios benéficos como bacterias y hongos endófitos, así como animales importantes para la calidad de los suelos (Acurio y Montes, 2018; Ramos y Pineda, 2020). Una alternativa de manejo es el uso de agentes de control biológico que son organismos vivos introducidos o residentes para contener o suprimir poblaciones de patógenos (Ferraz *et al*., 2019).

Entre los biocontroladores estudiados para el manejo de enfermedades en cacao, el hongo del género *Trichoderma* ha mostrado un buen potencial de control biológico sobre *Moniliophthora roreri, P. megakarya* y *P. palmivora*. Se reporta que aplicaciones de *T. asperellum* combinado con aceites vegetales

lograron una protección contra *P. megakarya* de hasta el 55 % de los frutos (Peñaherrera *et al.,* 2020). El presente trabajo tuvo como objetivo evaluar la efectividad de *T. viride* frente a la mezcla compuesta por tres especies de *Trichoderma* (*T. asperellum, T. otroviride, T. harzianum*) para el control de *Phytophthora* spp. en *T. cacao* para los pequeños productores de Algeciras, Huila, sur de Colombia.

2 MATERIALES Y MÉTODOS

Tipo de estudio y sitio

Está investigación es de tipo experimental en bloques al azar, realizada en el municipio de Algeciras, departamento del Huila, Colombia.

Se desarrolló en dos fincas productoras de cacao orgánico del estado de Huila, municipio de Algeciras, sur de Colombia, con condiciones geoclimáticas descritas en la Tabla 1. Las cuales contaban con presencia de *Phytophthora* spp. Se reconoció en campo siguiendo los síntomas y escalas de severidad reportadas en la literatura. La madurez de las mazorcas se basó en la experiencia del productor, por observación, teniendo en cuenta características propia de cada clon como el tamaño y color de la mazorca.

Tabla 1.
Condiciones geoclimáticas sitios de estudio

Sitio	Altitud	Temperatura promedio	Precipitaciones	Coordenadas	Edad cultivo
Finca 1	1100 m.s.n.m	22°C	1.500 mm	2° 33′ 15″ W 75° 16′ 59″ N	18 años
Finca 2	1200 m.s.n.m	22°C	1.500 mm	2° 29′ 57″ W 75° 20′ 59″ N	25 años

Fuente: autores.

Para el estudio se empleó un diseño de bloques al azar con tres parcelas replicadas por tratamiento. Cada parcela tenía 50 árboles de cacao en un diseño de parcela similar al utilizado por Hidalgo *et al.* (2003). La unidad experimental estaba conformada por 18 árboles internos, que se usaron para evaluar los tratamientos y los 25 árboles circundantes, aunque tratados, funcionaron para eliminar los efectos de borde. Las fincas evaluadas contaban con los clones de cacao:" EET 8, SCC 61, TSH 565, ICS 39, ICS 1, ICS 95, HIBRIDO, IMC 67, ICS 60 y CCN 51". En la Tabla 2 se detallan los tratamientos y las aplicaciones de los productos.

Tabla 2. Tratamientos empleados en el ensayo

Tratamientos	Ingrediente activo	Presentación	Dosis Utilizada, recomendada por el fabricante	Aplicaciones fase I	Aplicaciones fase II
Tratamiento 1	*Trichoderma asperellum, Trichoderma atroviridae, Trichoderma harzianum*	Polvo mojable PW	100 gramos/20 litros de agua	Durante tres semanas consecutivas, cada 8 días (13, 20 y 27 de diciembre) Época Seca-Temperatura 22 °C	Durante tres semanas consecutivas, cada 8 días (14, 21 y 28 de mayo) Época de lluvia-Temperatura 19 °C
Tratamiento 2	*Trichoderma viride*	Líquida suspensión concentrada SC	100 ml/20 litros de agua		
Testigo	Sin ninguna aplicación	N/A	N/A	Sin ninguna aplicación	Sin ninguna aplicación

Fuente: autores.

Los bioproductos comerciales usados en el presente ensayo cuentan con registro Ica vigente y por temas comerciales no se presenta su nombre o marca en el artículo.

Toma y procesamiento de datos

La recolección de datos se hizo durante tres semanas posterior a la aplicación final.

La incidencia de la enfermedad se calculó con la Ecuación 1:

$$\%\ Incidencia = \frac{No\ mazorcas\ enfermas}{N°\ mazorcas\ sanas}\ x\ 100$$

Ecuación 1

Se consideró el estado de madurez de las mazorcas y el desarrollo de la enfermedad en mazorcas verdes y maduras.

La severidad externa se calculó en primer lugar, con base en el porcentaje de tejido afectado en el fruto, para esto en el Figura 1 se ajustó la escala propuesta por Villamil *et al.*, (2015) dada en grados y porcentaje de daño (Grado 1= 0 fruto sano; Grado 2= 1-25 protuberancia; Grado 3= 26-50 inicio de mancha; Grado 4= 51-75 mancha; Grado 5= 76-100 esporulación) y luego se empleó la Ecuación 2:

$$Severidad = \frac{\sum_i}{N}\ X\ Vmax$$

Ecuación 2

Donde:
∑i = Sumatoria grados de daño en porcentaje.
N = Número total de datos.
Vmax = mayor dato del porcentaje de severidad de la escala.

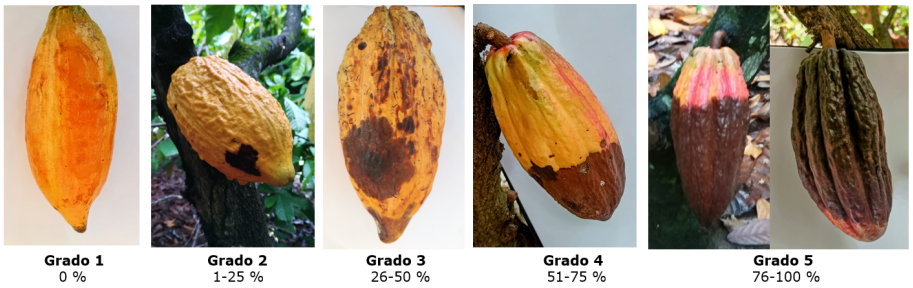

Figura 1. Escala en grados y porcentaje de tejido afectado en el fruto por *Phytopthora* spp.

Fuente: autores.

Con los datos obtenidos en los bioensayos se obtuvo la incidencia y severidad. La comparación entre la fracción de mazorca sana y de los rendimientos de los diferentes tratamientos, se hizo por medio de la prueba de Kruskal-Wallis, luego uso de la prueba post hoc Ranks para indicar las diferencias significativas observadas en el estudio, se utilizó el paquete estadístico InfoStat.

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis de la incidencia de la enfermedad

Perrine-Walker (2020) reporta un estudio llevado a cabo en 12 genotipos diferentes de cacao, demostrando que las zoosporas germinativas de *P. palmivora* podían penetrar a través de las estomas, la base de los pelos epidérmicos, la cicatriz y por penetración directa en las mazorcas. Este estudio también ratifica lo encontrado en campo en la presente investigación y expuesto en la escala de severidad, que los síntomas comienzan con una mancha relativamente concéntrica de color marrón o negra en la mazorca que se extiende hasta cubrir toda la mazorca.

Al observar la incidencia en las dos etapas de evaluación, Fase I y Fase II, las mazorcas maduras evaluadas presentaban menor incidencia de *Phytophthora* spp., su afectación fue mayor en las mazorcas verdes Fase I (10,2 %) y Fase II (18,6 %), recordemos que para una mejor comprensión del comportamiento del patógeno es necesario evaluar los dos estados (mazorcas verdes y maduras), el porcentaje de frutos maduros infectados en el campo está determinado no sólo por la resistencia del fruto a la infección, sino también por fenómenos de escape, como el

ciclo de fructificación el cual suele explicar alrededor del 43 % del variación en el nivel de infección (Rodríguez y Vera, 2015).

Respecto a la incidencia presentada en la Tabla 4 se realizó la prueba de Kruskal-Wallis con la totalidad de las mazorcas (verdes y maduras) identificando que en la primera fase no presentó diferencias significativas. En el análisis de la fase II el tratamiento 2 Líquido presenta una menor incidencia, indicando una diferencia significativa con los demás tratamientos (Figura 2), demostrando que el *T. viride* tiene una alta efectividad para el control *Phytophthora* spp.; lo que concuerda con el ensayo realizado en Camerún en parcelas con árboles de *T. cacao* de 50 años con presencia de *P. megakarya*, los cuales fueron tratados con una formulación a base de aceite de *T. asperellum* PR11 y comparado con un fungicida químico, donde *T. asperellum* PR11 proporcionó una protección más consistente y duradera de las mazorcas de cacao en las parcelas experimentales (Mbarga *et al*., 2020). Así como Villamil *et al*. (2015) menciona que el control biológico no elimina a los patógenos, sino que reduce las poblaciones de este, y como consecuencia reduce la incidencia de la enfermedad, como se observa en nuestro ensayo.

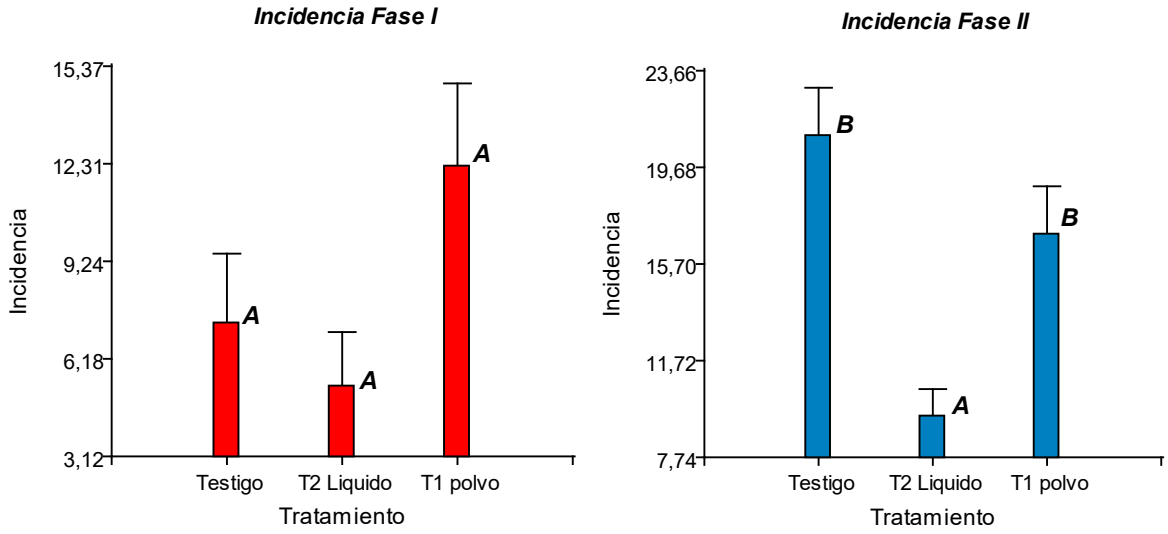

Figura 2. Respuesta a los tratamientos evaluados Fase I y Fase II. Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Fuente: autores.

Análisis de severidad de la enfermedad

Se evaluó la severidad *Phytophthora* spp. luego de la aplicación de los tratamientos para establecer su eficacia, se valoró la plantación en dos fases diferentes empleando la escala descrita en la metodología, determinando valores de 1 a 5 según el porcentaje de avance de la enfermedad. La Tabla 3 presen-

ta el análisis con Kruskal-Wallis al 5% para la fase I y fase II se muestra un mayor control el tratamiento T2 Líquido, corresponde a *T. viride* en presentación líquida SC.

Tabla 3.

Efecto de los tratamientos evaluados sobre la severidad externa de *Phytophthora* spp. en frutos de cacao en condiciones de campo. Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Tratamiento	Fase I	Fase II
T2 Líquido	12,97 A	15,14 A
Testigo	29,97 AB	75,86 B
T1 Polvo	34,72 B	35,63 AB

Fuente: autores.

Tabla 4.

Prueba de Kruskal-Wallis para la incidencia de Phytophthora spp en plantas de cacao tratadas con *Trichoderma* spp. en presentación en polvo y líquido en dos épocas de producción fase I y Fase II

Prueba de Kruskal Wallis

		Fase I					
Variable	**Tratamiento**	**N**	**Medias**	**D.E.**	**Medianas**	**H**	**p**
Severidad	T1 polvo	6	34,72	20,99	35,97	4,78	0,0915
Severidad	T2 Líquido	6	12,97	13,29	7,84		
Severidad	Testigo	6	29,97	17,17	25,35		

Tratamiento	**Medias**	**Ranks**		
T2 Líquido	12,97	5,67	A	
Testigo	29,97	10,83	A	B
T1 polvo	34,72	12		B

Fase II							
Variable	**Tratamiento**	**N**	**Medias**	**D.E.**	**Medianas**	**H**	**p**
Severidad	T1 polvo	6	35,63	21,65	35,09	7,94	0,0189
Severidad	T2 Líquido	6	15,14	8,74	17,18		
Severidad	Testigo	6	75,86	44,74	76,83		

Tratamiento	**Medias**	**Ranks**		
T2 Líquido	15,14	5,33	A	
Testigo	35,63	9,17	A	B
T1 polvo	75,86	14		B

Nota. Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05).

Fuente: autores.

Al analizar los tratamientos empleados: T1: (*T. asperellum*, *T. atroviridae*, *T. harzianum*) en presentación polvo mojable PW y T2: (*T. viride*) presentación líquida Suspensión concentrada SC. Los dos tratamientos incidieron en reducir la severidad (Tabla 4), siendo el tratamiento T2: (*T. viride*) el que presentó mayor control sobre el patógeno de estudio, lo que concuerda con Sriwati *et al.* (2019) quienes observaron que *T. virens* redujo hasta en 40,6 % la infección en los frutos de cacao infectados con *P. palmivora* hasta la semana 12 después de la aplicación.

En estudio hecho por Barboza-García *et al.* (2022) con los hongos *T. viride* y *T. harzianum* presentaron un efecto antagónico significativo contra el crecimiento *in vitro* de *P. cinnamomi*. Estas dos especies presentan diversos mecanismos para el control de patógenos como el desarrollo de compuestos orgánicos volátiles, enzimas específicas como polifenol oxidasa, quitinasas y glucanasas que afectan el crecimiento de los hongos fitopatógenos. Por lo que el *Trichoderma* spp. se convierte en una alternativa biológica para el manejo y control de enfermedades como *Phytophthora* spp. en cultivos de interés económico como el cacao.

La Spada *et al.* (2020) evaluaron la capacidad de dos cepas seleccionadas de *T. asperellum* y *T. atroviride* para el control *P. nicotianae*. En donde identificaron que la cepa de *T. atroviride* tiene una alta capacidad antagónica en el control biológico de la pudrición de raíz y corona causado por *P. nicotiana*, confirmando que *Trichoderma* spp. puede ser una herramienta eficaz en las estrategias de manejo integrado de enfermedades.

Coincidimos con lo propuesto por Ndoungue *et al.* (2018) en que, para aumentar la eficiencia del control de la podredumbre negra de la mazorca del cacao, el uso de *Trichoderma* no debería restringirse su aplicación únicamente a las mazorcas, sino que también debería dirigirse al reservorio primario

de inóculo que es el suelo y ser parte de una estrategia de control verdaderamente integrada.

Aunque no se presenta en este trabajo, el análisis de rendimiento de los árboles tratados con el bioproducto, este aumentó en 100 kilogramos de cacao en baba recolectados aproximadamente en los tratamientos T1 y T2.

El manejo de las enfermedades causadas por *Phytophthora* spp. en *T. cacao* se lleva a cabo mediante la selección de genotipos, controles culturales y químicos; el control biológico, poco explorado, es donde el *Trichoderma* es un buen aliado (Marelli *et al.*, 2019). Lo anterior plantea la necesidad de desarrollar alternativas para el control de la enfermedad bajo la normativa de la producción orgánica (Ramos y Pineda, 2020). Los productos para control biológico deben demostrar que son inocuos para las personas o los animales, fácilmente degradables para que su prevalencia en los ecosistemas agrícolas no suponga un riesgo por acumulación en el tiempo, y no ecotóxicos para que puedan priorizar las funciones ecosistémicas (Ferraz *et al.*, 2019).

4 CONCLUSIONES

En campo el control biológico con el tratamiento T2: (*T. viride*) es apropiado al presentar mayor control biológico sobre el patógenos de estudio, recordemos que en campo *Phytophthora* spp. se puede controlar con fungicidas, lo que genera costos económicos y ambientales para los productores. Por lo que el control biológico es una alternativa viable acompañaba del control cultural como la recolección de frutos y restos vegetales enfermos que son fuente de inóculos; manejo de poda, el manejo de arvenses y drenajes para la reducción de la alta humedad y evitar el exceso de agua.

Con estos reportes se puede concluir que las diferentes cepas de *Trichoderma* tienen efecto control sobre *Phytophthora* spp. También se debe considerar lo dicho por Rodríguez-Medina *et al.* (2019) quienes indican que, en Colombia es necesario realizar mayores esfuerzos para mejorar el nivel de resistencia de los clones de cacao entregadas a los agricultores, ya que algunos de los clones de mayor rendimiento parecen ser susceptibles por lo menos a una de las principales enfermedades (*Moniliasis* o *Phytopthora*) que afectan al país. En este sentido, la resistencia genética varietal sigue siendo la opción más económica y ambientalmente sostenible para el manejo de esta (Peñaherrera *et al.*, 2020).

Finalmente, se resalta que las fincas del estudio cuentan con la certificación orgánica de Mayacert y Ecocert Organic Standard, es de señalar que depende del tipo de mercado al cual va dirigido el cacao se es permitido el uso de productos como *Trichoderma* spp. El auditor evalúa la viabilidad del insumo con ficha técnica, hoja de seguridad, registro ICA y declaraciones del fabricante.

CONTRIBUCIÓN DE LA AUTORÍA

Claudia Parra Cortes: metodología, investigación, análisis de datos, conceptualización, escritura. **Valentín Murcia Torrejano:** metodología, investigación, conceptualización, análisis de datos, escritura, borrador original. **Alexandra Cerón Endo:** administrador del proyecto, supervisión conceptualización, escritura, revisión y edición. **Guillermo Caicedo Díaz:** análisis de datos, revisión y edición.

AGRADECIMIENTOS

A los productores de la Asociación de Cacaoteros del municipio de Algeciras APROCALG, quienes permitieron el desarrollo de la investigación y el ingreso a sus fincas. Al grupo de investigación INYUMACIZO.

FINANCIAMIENTO

El artículo se originó del proyecto PIE N.2021/00113/001 aprobado en Convocatoria 2 Cohorte 1 de 2021 de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD.

LITERATURA CITADA

Acurio, O. K., y Montes, D. J. (2020*). Aplicación de los biofungicidas orgánicos en el control de la mazorca negra (Phytophthora spp.) en cultivo de cacao (Theobroma cacao) en el cantón valencia* [Tesis de grado]. La Maná, Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC)

Barboza-García, Adrián, Pérez-Cordero, Alexander, y Anaya-Chamorro, Leonardo. (2022). Especies nativas de *Trichoderma* aisladas de plantaciones de aguacate con actividad inhibitoria contra *Phytophthora cinnamomi*. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, 20*(2), 101-116. https://doi.org/10.18684/rbsaa.v20.n2.2022.1852

Feria Internacional de Café, Cacao y Agroturismo. (FICCA). (2023). *El Huila Cacaotero*.

Ferraz P, Cássio, F. and Lucas, C. (2019) Potential of Yeasts as Biocontrol Agents of the Phytopathogen Causing Cacao Witches' Broom Disease: Is Microbial Warfare a Solution? *Front. Microbiol. 10*:1766. 10.3389/fmicb.2019.01766

Hidalgo, E., Bateman, R., Krauss, U., Ten Hoopen, M. y Martínez, A. (2003). *A field investigation into delivery systems for agents to control Moniliophthora roreri*. E*uropean Journal of Plant Pathology, 109*(9), 953-961. http://doi.org/10.1023/B:EJPP.0000003746.16934.e2

International Cocoa Organization. (ICCO). (2022). *Reporte anual de estadística del cacao*. http://www.icco.org/

La Spada, F., Stracquadanio, C., Riolo, M., Pane, A., & Cacciola, SO (2020). *Trichoderma Counteracts* the Challenge of *Phytophthora nicotianae* Infections on Tomato by Modulating Plant Defense Mechanisms and the Expression of Crinkler, *Necrosis-Inducing Phytophthora* Protein 1, and Cellulose-Binding Elicitor Lectin Pathogenic Effectors. *Front. Plant Sci. 11*:583539. http://doi.org/10.3389/fpls.2020.583539

Mbarga, J. B., Begoude, B. A. D., Ambang, Z., Meboma, M., Kuaté, J., Ewbank, W., & Ten Hoopen, G. M. (2020). Field testing an oil-based Trichoderma asperellum formulation for the biological control of cacao black pod disease, caused by Phytophthora megakarya. *Crop protection*, *132*, 105134. https://doi.org/10.1016/j.cropro.2020.105134

Marelli, J. P., Guest, D. I., Bailey, B. A., Evans, H. C., Brown, J. K., Junaid, M., ... & Puig, A. S. (2019). *Chocolate under threat from old and new cacao diseases. Phytopathology*, *109*(8), 1331-1343. https://doi.org/10.1094/PHYTO-12-18-0477-RVW

Ndoungue, M., Petchayo, S., Techou, Z., Nana, W. G., Nembot, C., Fontem, D., & Ten Hoopen, G. M. (2018). The impact of soil treatments on black pod rot (caused by *Phytophthora megakarya)* of cacao in Cameroon. *Biological Control*, *123*, 9-17. https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2018.04.016

Peñaherrera, S., Cedeño, G., Solórzano, F., Cedeño-García, G., y Terrero, P. (2020). Eficacia de mezclas de *Trichoderma spp.* y aceite de palma en el manejo de *Moniliophthora roreri Cif & Par en cacao. Centro Agrícola, 47*(2), 5-15.

Perrine-Walker, F. (2020). Interacción Phytophthora palmivora-cacao. *Journal of Fungi, 6*(3), 167. http://doi.org/10.3390/jof6030167

Ramos Z., B. A., y Pineda, R. (2020). *Efecto de fungicidas minerales aplicados al fruto del cacao (Theobroma cacao L.) para el control de Moniliophthora roreri y Phytophthora palmivora*. ZAMORANO6729: Escuela Agrícola Panamericana, 2020. https://bdigital.zamorano.edu/handle/11036/6729

Rodríguez, P. E., y Vera, R. A. G. (2015). Identificación y manejo de la pudrición parda de la mazorca *(Phyto-*

phthora sp.) en cacao. Corpoica. https://doi.org/10.15446/acag.v71n2.88841

Rodríguez-Medina, C., Arana, A. C., Sounigo, O., Argout, X., Alvarado, G. A., & Yockteng, R. (2019). Cacao breeding in Colombia, past, present and future. *Breeding Science, 69*(3), 373-382. https://doi.org/10.1270/jsbbs.19011

Sriwati, R., Chamzurni, T., Soesanto, L. And Munazhira, H. (2019). Field Application of Trichoderma Suspension to Control Cacao Pod Rot *(Phytophthora palmivora). AGRIVITA Journal of Agricultural Science, 41*(1), 175-182.

Villamil, J., Viteri, S. y Villegas, W,. (2015). Aplicación de Antagonistas Microbianos para el Control Biológico de *Moniliophthora roreri Cif* & Par en *Theobroma cacao L.* Bajo Condiciones de Campo. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín, 68*(1), 7441-7450. https://doi.org/10.15446/rfnam.v68n1.47830

Conflicto de intereses
Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Licencia de Creative Commons
Revista de Investigación Agraria y Ambiental is licensed under a Creative Commons Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual 4.0 Internacional License.