

# Trichoderma spp. como estrategia de biocontrol para reducir la incidencia de moniliasis en plantaciones de cacao

Trichoderma spp. as a biocontrol strategy to reduce the incidence of frosty pod rot in cocoa plantations

 Beltran-Carguacundo, Karen<sup>1</sup>

 Rodríguez-Maldonado, Eduardo<sup>1</sup>

 Santamaría-Poveda, Katheryne<sup>1</sup>

 Román-Ramos, Andrea<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Universidad Estatal de Bolívar, Guaranda, Ecuador

Recibido: 24 Nov. 2025 | Aceptado: 30 Dic. 2025 | Publicado: 20 Ene. 2026

Autor de correspondencia\*: aroman@ueb.edu.ec

Cómo citar este artículo: Beltran-Carguacundo, K., Rodríguez-Maldonado, E., Santamaría-Poveda, K. & Román-Ramos, A. (2026).

Trichoderma spp. como estrategia de biocontrol para reducir la incidencia de moniliasis en plantaciones de cacao. *Revista Agropecuaria Amazónica*, 6(1), e1287. <https://doi.org/10.51252/raa.v6i1.1287>

## RESUMEN

El cacao (*Theobroma cacao* L.) es un cultivo de gran importancia económica en Ecuador, con un rendimiento promedio de 0,75 t ha<sup>-1</sup>. No obstante, su producción se ve afectada por enfermedades fúngicas, destacando la moniliasis, causada por *Moniliophthora roreri*, que puede ocasionar pérdidas de hasta el 76% en zonas endémicas. Esta investigación evaluó la eficacia de productos comerciales a base de *Trichoderma* spp. (Trichotic, TrichoBio WG y Tricomix) como control biológico frente a *M. roreri* en condiciones de campo, mediante un diseño de bloques completos al azar en Los Ríos, Ecuador. Se registraron diferencias significativas en número y tamaño de lesiones, así como en el área bajo la curva de progreso de la enfermedad (ABCDEt), destacando Tricomix como el tratamiento más eficaz, seguido por Trichotic y Tricho Bio WG. El control biológico con Tricomix redujo la incidencia de la enfermedad en 49% y 66% respecto a los testigos de poda sanitaria y manejo convencional, respectivamente. La eficacia se asocia a los mecanismos de acción de *Trichoderma* spp., como micoparasitismo, antibiosis, competencia y resistencia inducida. En conclusión, *Trichoderma* spp. representa una alternativa sostenible y eficaz para el manejo integrado de la moniliasis en cacao, mejorando la productividad y sostenibilidad del cultivo.

**Palabras clave:** CCN-51; control biológico; incidencia; poda

## ABSTRACT

Cocoa (*Theobroma cacao* L.) is a crop of great economic importance in Ecuador, with an average yield of 0.75 t ha<sup>-1</sup>. However, its production is affected by fungal diseases, particularly frosty pod rot, caused by *Moniliophthora roreri*, which can cause yield losses of up to 76% in endemic areas. This study evaluated the efficacy of commercial products based on *Trichoderma* spp. (Trichotic, Tricho Bio WG, and Tricomix) as biological control agents against *M. roreri* under field conditions, using a randomized complete block design in Los Ríos, Ecuador. Significant differences were recorded in the number and size of lesions, as well as in the area under the disease progress curve of lesion size (ABCDEt), with Tricomix being the most effective treatment, followed by Trichotic and Tricho Bio WG. Biological control with Tricomix reduced disease incidence by 49% and 66% compared to sanitary pruning and conventional management, respectively. The efficacy is associated with the action mechanisms of *Trichoderma* spp., including mycoparasitism, antibiosis, competition, and induced resistance. In conclusion, *Trichoderma* spp. represents a sustainable and effective alternative for the integrated management of frosty pod rot in cocoa, contributing to improved crop productivity and sustainability.

**Keywords:** CCN-51; biological control; incidence; pruning

## 1. INTRODUCCIÓN

El cacao (*Theobroma cacao* L.) es un cultivo de gran importancia económica y social en las regiones tropicales, constituyendo una fuente fundamental de ingresos para miles de pequeños agricultores, particularmente en América Latina (Sarwan et al., 2024). En el Ecuador 612453 ha de producción con un rendimiento de 0,75 t ha<sup>-1</sup> (SIPA-MAGP, 2024) impulsa la economía de agricultores, debido a que es una materia prima para la industria chocolatera global. Sin embargo, su producción se ve constantemente amenazada por una serie de plagas y enfermedades que comprometen significativamente el rendimiento y la calidad del grano (Ploetz, 2016).

Siendo, las enfermedades fúngicas las más limitantes en el cultivo de cacao, con el potencial de devastar plantaciones enteras si no se manejan de manera efectiva (Díaz-Valderrama et al., 2020; Ploetz, 2016). En este contexto la moniliasis, causada por el hongo hemibiotrófico *Moniliophthora roreri*, es una enfermedad que afecta al cultivo de cacao; este patógeno se distingue por su ciclo de vida particular, en el que inicialmente establece una relación con las células vivas del huésped y posteriormente invade el tejido muerto (Bailey et al., 2018). La infestación se hace evidente cuando el hongo provoca daños necróticos en el tejido interno del fruto, lo que en la mayoría de los casos lleva a la pérdida total del mismo (Bailey et al., 2018). En las regiones donde la enfermedad es endémica, la afectación de la cosecha puede oscilar entre el 76%, lo que representa una severa limitación para la productividad (Marelli et al., 2019).

El manejo de la moniliasis consiste principalmente en la remoción de restos del cultivo, frutos momificados y otros donde la acumulación de inoculo del patógeno, aunque suele ser costosa y en algunos casos no muy efectiva (Bailey et al., 2018; Marelli et al., 2019). En este contexto, la utilización de controladores biológicos ha mostrado efecto sobre el manejo de la enfermedad (Evans, 2016). La eficacia de *Trichoderma* sp. como agente de biocontrol de *M. roreri* ha sido reportada en estudios bajo condiciones de laboratorio, por ejemplo, cepas de *T. parareesei*, *T. lentiforme*, *T. orientale*, *T. asperelloides*, *T. inhamatum*, *T. zelobreve*, *T. afarasin*, *T. ghanense*, *T. rifaii*, y *T. breve* mostraron el mejor potencial de biocontrol contra este patógeno (Leiva et al., 2020). De manera similar, al aislar microorganismos nativos del agroecosistema del cacao se encontró que aislados de *Trichoderma* sp. presentaron potencial para el control de *Moniliophthora roreri* (Reyes-Figueroa et al., 2016).

La actividad biocontroladora de *Trichoderma* se fundamenta en una serie de mecanismos de acción complejos y sinérgicos que regulan el desarrollo de los hongos fitopatógenos como: micoparasitismo, antibiosis, competencia y endofitismo y resistencia inducida (Kumar & Ashraf, 2017). Además de su capacidad antagónica, se ha reportado que *Trichoderma* actúa como un bioestimulante natural del crecimiento de las plantas, lo que lo convierte en una herramienta valiosa para un manejo integrado de enfermedades (Tyśkiewicz et al., 2022).

Si bien los resultados en el laboratorio son alentadores, la transición del éxito in vitro a la eficacia en condiciones de campo presenta desafíos significativos. No obstante, varios estudios de campo han demostrado el potencial de *Trichoderma* en la reducción de la enfermedad. Estudios en campo han demostrado efectividad en el manejo, por ejemplo, en plantaciones de cacao afectadas por la enfermedad hay ser aplicadas con una mezcla que contenía *Trichoderma* y suelo esterilizado redujo la incidencia de la moniliasis en un 11% en solo 35 días en comparación con el control, lo que se tradujo en un aumento significativo de la productividad de 198 kg de grano seco por hectárea (John Seng, 2014). De manera más reciente, la aplicación de cepas de *Trichoderma* en forma de microcápsulas, demostró una protección excepcional en frutos jóvenes, logrando un 0% de afectación externa e interna en frutos de 15 días de edad (Avilés et al., 2023).

Además, se ha demostrado que la integración de *Trichoderma* con otros agentes biocontroladores podría ser más efectiva. La combinación de hongos endófitos como *Trichoderma* con bacterias del género *Bacillus* ha mostrado una mejor acción contra *M. roreri* en comparación con la aplicación de un solo agente (Varas

Carvajal et al., 2024). Esta acción sinérgica puede atacar al patógeno desde múltiples frentes, superando las limitaciones de un solo mecanismo de control. Por esta razón la hipótesis de este trabajo es la aplicación de *Trichoderma* spp. como agente de control biológico en el cultivo de cacao disminuye significativamente la incidencia, y número de lesiones causadas por *M. roreri* bajo condiciones de campo.

El control biológico con *Trichoderma* spp. representa una estrategia viable, prometedora y sostenible para el manejo de la moniliasis del cacao, ya que no solo por su menor impacto ambiental, sino también por su capacidad de integrarse en un sistema de producción de cacao tanto holístico como sostenible. Por lo tanto, el objetivo de esta investigación fue evaluar la eficacia de *Trichoderma* spp. como agente de control biológico de *Moniliophthora roreri* en cacao en condiciones de campo.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1. Localización del ensayo y condiciones climáticas

La presente investigación se realizó en la Provincia de los Ríos, cantón Buena Fe parroquia Guayacanes, latitud 0°45" 51" S y longitud 79°15" 17" W, altitud de 125 msnm, temperatura media de 32°C y con una precipitación anual de 2667 mm.

### 2.2. Material vegetal

En el área de estudio se seleccionó el material experimental fue una plantación de cacao CCN-51 de 3 años de edad, de las cuales luego de los diferentes tratamientos se seleccionaron mazorcas de cacao para los experimentos en laboratorio.

### 2.3. Diseño y manejo del experimento

El diseño experimental utilizado para este experimento fue de bloques completos azar (DBCA) con tres repeticiones. La investigación se realizó de marzo a septiembre de 2024. Primero se realizó una limpieza mediante la eliminación de residuos vegetales, a través de una poda sanitaria del área experimental. La fertilización se realizó en todos los tratamientos incluido el testigo así, empleando el abono cacao + plus [La colina Agrotecnología] en una dosis de 3 kg por planta en la corona de cada árbol.

En este experimento se utilizaron los productos comerciales Trichotic en una dosis de 5 g L<sup>-1</sup> [Farmagro; *Trichoderma harzianum*, *Trichoderma viride*, *Trichoderma rossicum*, *Trichoderma brevicompactum*, *Trichoderma cremeum*, *Trichoderma reseii*, *Trichoderma theobramicola*, *Trichoderma koningii*], Tricho Bio WG en una dosis de 10 cc L<sup>-1</sup> [BIOAMECSA, Bioquímica de América S.A.; *Trichoderma yunnanense*] y Tricomix en una dosis de 0,0054 g L<sup>-1</sup> [BIOSEB ORGANICS; *Trichoderma viride* y *Trichoderma harzianum*]. Se realizó la verificación del número de esporas del producto comercial antes de usar. Para este experimento se utilizó un testigo absoluto sin aplicación empleando solamente poda sanitaria un testigo agricultor, en el cual se realizaron labores culturales propuestas por los agricultores de la zona como poda, aplicación de Chlorpyrifos [Clorpilaq 48] en una dosis de 10 cc L<sup>-1</sup> y sal de grano 3,19 g L<sup>-1</sup>.

La aplicación de los tratamientos en drench sobre el suelo y cerca del tallo de cada árbol, se realizó cada siete días con una bomba de mochila manual [JACTO PJH, N/A], utilizando 10 L del producto comercial para cada tratamiento. Se realizó la aplicación de los controladores biológicos nueve días después del inicio de las labores culturales. El control de malezas se realizó con una moto guadaña en el contorno de cada planta.

### 2.4. Evaluación de la incidencia de monilla (IM)

Para las evaluaciones se seleccionaron frutos tomando en cuenta el tamaño, grosor y peso de cada tratamiento solamente frutos de primera categoría: peso 880 g, color rojizo o amarillo, aroma dulce, los cuales fueron cortados con tijera en horas de la mañana; luego de 48 horas de la aplicación en los tratamientos en campo. Se tomaron 4 frutos de cada tratamiento y se colocaron en cajas de madera 32 × 45 cm, las mismas fueron colocadas en un área acondicionada con 85% humedad y 28 °C ± 2°C temperatura

para la observación de los síntomas. En total se hicieron 4 recolecciones de frutos luego de cada tratamiento. Las evaluaciones se realizaron cada 24 horas a partir de las 24 hasta 364 horas. Para cada intervalo de tiempo, se registró el tamaño de la lesión (TL) y el número de lesiones (NL). Con el TL se calculó el área bajo la curva de enfermedad del tamaño de la lesión (ABCDEtl), que representa la progresión acumulativa del tamaño de la lesión a lo largo del tiempo.

## 2.5. Análisis de datos

Para el análisis de datos se procedió a verificarlos supuestos de normalidad con la prueba de Shapiro-Wilks y homocedasticidad con la prueba de Levene. Una vez cumplidos los supuestos se procedió a realizar análisis de varianza y la separación de medias con la prueba de Tukey ( $p < 0,05$ ), con la utilización del software estadístico Infostat (Di Rienzo et al., 2011). Para la visualización y análisis exploratorio de datos se utilizó el paquete ggplot 2 del programa RStudio 4.0.2 (RStudio, 2021).

## 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1, se evidencian diferencias significativas en el número y tamaño de las lesiones, confirmando el efecto de los tratamientos sobre la progresión de la enfermedad. A partir de las 48 h, los tratamientos con *Trichoderma* spp. mostraron valores más consistentes en comparación con el control agricultor y poda. La reducción de los coeficientes de variación a lo largo del tiempo refleja una menor dispersión de la enfermedad y mayor estabilidad en la respuesta, lo que aporta evidencia clave para el diseño de estrategias de manejo más eficientes en cacao.

**Tabla 1.** Análisis de varianza del número de lesiones (NL), tamaño de la lesión (TL) y el área bajo la curva de la enfermedad del tamaño de lesión (ABCDEtl)

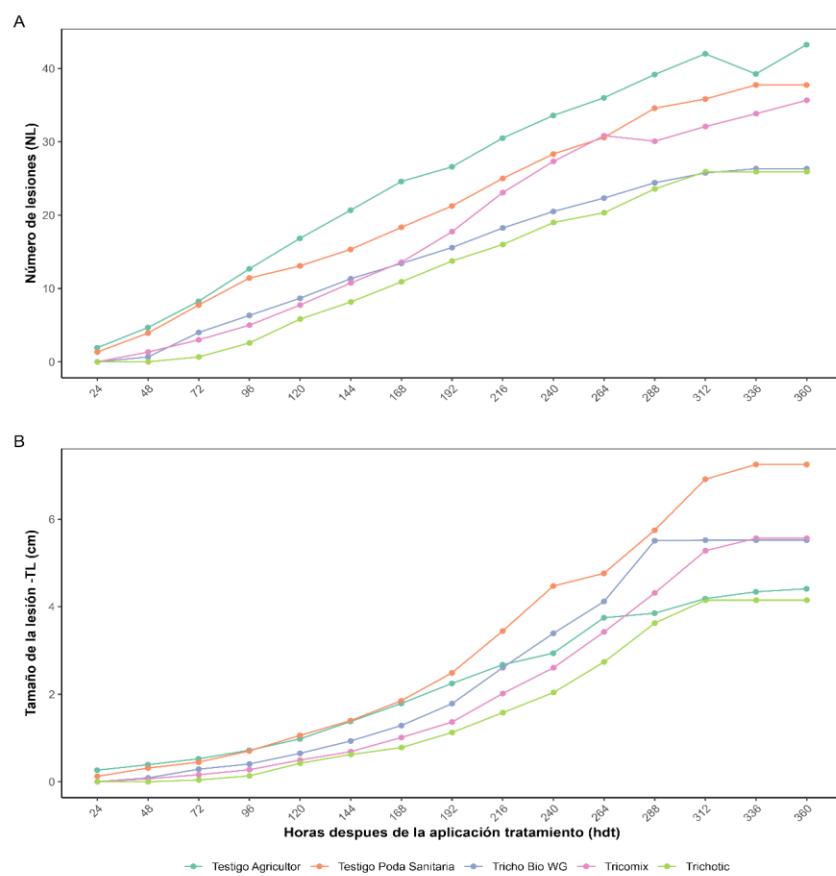
Variable	F	p-valor	CV%
NL (*)	4,42	0,035	12,13
TL (*)	4,63	0,031	10,68
ABCDEtl (**)	6,27	0,01	9,8

Significativo al \*\*\* $p < 0,001$ ; \*\* $p = 0,01$ ; \*  $p < 0,05$ ; ns = no significativo.

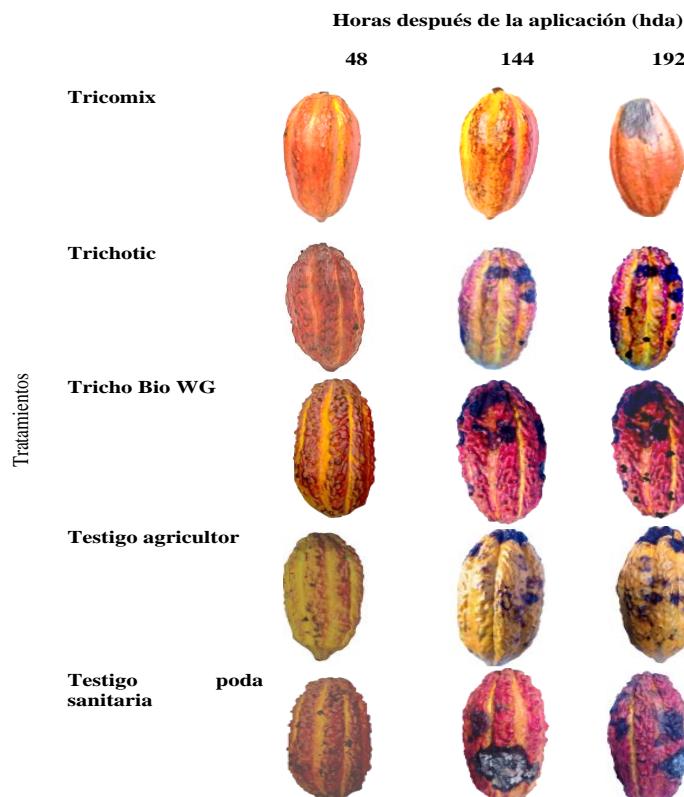
La Figura 1A presenta las medias comparativas de cada tratamiento para la variable número de lesiones (NL) entre las 24 y 192 horas, donde se observaron diferencias estadísticamente significativas. Los resultados indican que los tratamientos con *Trichoderma* spp. (particularmente Tricomix y Tricho Bio WG) fueron significativamente más eficaces en la reducción del número de lesiones ocasionadas por *M. roreri* en comparación con los testigos.

De manera similar, la Figura 1B muestra las medias comparativas para la variable tamaño de lesiones (TL) en el mismo intervalo temporal, evidenciando diferencias significativas. En este caso, los tratamientos con *Trichoderma* spp. también redujeron de forma notable el tamaño de las lesiones respecto a los controles. Esta eficacia puede atribuirse a los múltiples mecanismos de acción de *Trichoderma*, que incluyen micoparasitismo, producción de compuestos antibióticos, competencia por nutrientes y espacio, así como la inducción de defensas en la planta.

En contraste, los tratamientos testigos (manejo tradicional y poda sanitaria) no lograron una reducción significativa en el número ni en el tamaño de las lesiones, lo que enfatiza la necesidad de implementar alternativas de control más efectivas y sostenibles.



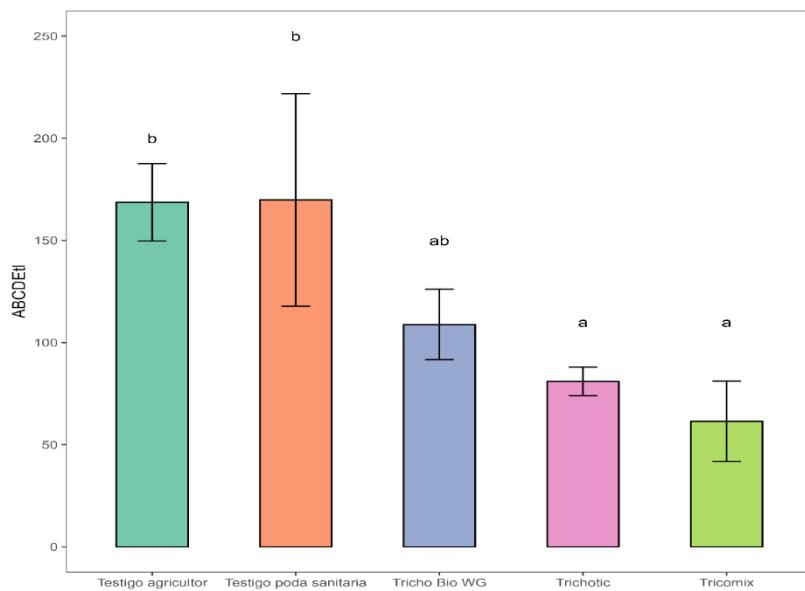
**Figura 1.** Evolución del número de lesiones (NL) (A); y evolución de tamaño de la lesión (TL) (B) horas después de la aplicación de los tratamientos (hdt) con los productos comerciales Tricomix, richo Bio WG, Trichotic y los testigos



**Figura 2.** Evolución del número de lesiones de las 48, 144 y 192 horas después del tratamiento del tratamiento Tricomix (T3), Trichotic (T4) y Tricho Bio WG (T5), Testigo agricultor (T1) y Testigo poda sanitaria (T2)

En la Figura 2 se observa la evolución y desarrollo de la enfermedad moniliásis en las mazorcas de cacao, observando el efecto de cada tratamiento de *Trichoderma* spp aplicado a las 48, 144 y 192 horas. Las imágenes evidencian el constante crecimiento de la lesión, sin embargo, en los casos donde se aplicó el biocontrolador, se observa una retardación en el incremento del tamaño de la lesión en comparación con los testigos de poda sanitaria y agricultor.

Mientras que las mazorcas tratadas con *Trichoderma* spp. (T3, T4, T5) muestran un crecimiento más lento y menos severo de las lesiones, las mazorcas de los testigos sin tratamiento (T1, T2) exhiben un aumento más rápido y severo de las lesiones, resaltando la efectividad de los tratamientos biocontroladores en la mitigación de la enfermedad.



**Figura 3.** Comparación de medias entre tratamientos para el área bajo la curva de progreso de la enfermedad (ABCDEt)

De acuerdo con la Figura 3, los tratamientos Tricomix y Trichotic, mostraron las ABCDEt más bajas que con los tratamientos testigo. Sin embargo, cualquiera de las alternativas de control biológico funcionaría igual, por lo que se debería considerar el precio del producto o la disponibilidad del mismo.

## Discusión

La moniliásis es una de las principales enfermedades que afecta al cultivo de cacao en el Ecuador (Solís Hidalgo & Suárez Capello, 2004). Varias propuestas de manejo han sido planteadas para reducir el daño de la enfermedad entre las principales está el control biológico. En la presente investigación se demuestra que el control biológico específicamente con *Trichoderma* sp. tiene un efecto en la reducción de la incidencia en cacao. En nuestro estudio la utilización de productos como Trichotic con una mezcla de *Trichoderma harzianum*, *T. viride*, *T. rossicum*, *Trichoderma brevicompactum*, *T. cremeum*, *T. reseii*, *T. theobramicola*, *T. koningii* y Tricomix con *T. viride* y *T. harzianum*. Este hallazgo confirma el potencial de los agentes de biocontrol como alternativa viable para el manejo de la moniliásis en cacao.

Los resultados obtenidos en la presente investigación demuestran que los tratamientos con una mezcla de especies de *Trichoderma* spp. redujeron significativamente el tamaño de las lesiones causadas por *Moniliophthora roreri* en comparación con los testigos. La eficacia observada podría atribuirse a los múltiples mecanismos de acción descritos para *Trichoderma* spp.: micoparasitismo, producción de metabolitos antifúngicos, competencia por nutrientes y espacio, así como la inducción de defensas naturales en la planta (Leiva et al., 2022).

En este contexto Reyes-Figueroa et al. (2016) mostraron que el efecto de micoparasitismo varió entre el 0% y el 100%, y la antibiosis varió entre el 6,8% y el 55,5% y el antagonismo potencial, entre el 3,4% y el 69%, por lo que *Trichoderma virens* y *T. harzianum* mostraron el mayor potencial de biocontrol in vitro contra *M. roreri*. De la misma forma, se observó que cepas nativas de la región de Amazonas Perú, mostraron el efecto sobre la moniliasis donde pruebas in vitro mostraron que el micoparasitismo varió del 32% al 100%, la antibiosis del 33,36% al 57,92% y el antagonismo potencial del 42,36% al 78,64%, redujeron el daño de la enfermedad, además de pruebas de campo que confirman el potencial contra *M. roreri* (Leiva et al., 2022). Estas características, junto con su rápido crecimiento, alta capacidad de esporulación y adaptación a distintos sustratos, explican en parte su eficiencia como agente de control biológico frente a la moniliasis.

En concordancia con estos resultados, investigaciones previas han reportado efectos similares de especies nativas de *Trichoderma* en diferentes cultivos. Por ejemplo, *T. atroviride* y *T. harzianum* reducen significativamente los síntomas de *Fusarium oxysporum f. sp. cepae* en cebollas cultivadas en invernadero (Bunbury-Blanchette & Walker, 2019). De manera similar, en otros aislados seleccionados de *T. harzianum* y *T. koningiopsis* promovieron significativamente el crecimiento del tomate, posiblemente mediante la producción de giberelinas y ácido indol-3-acético, e indujeron resistencia sistémica contra *B. cinerea* (You et al., 2016). Asimismo, estudios con la utilización de microcápsulas elaboradas con solución de esporas de *Trichoderma* spp. la severidad en los frutos de 15 días de edad mostró 0% de afectación externa e interna de *M. roreri* (Avilés et al., 2023).

La investigación respecto de este antagonista se alinea con los obtenidos en el presente trabajo y refuerzan su valor como biocontrolador. En conjunto, se sugiere que *Trichoderma* spp. constituye una herramienta prometedora para el manejo sostenible de la moniliasis en cacao, particularmente en cultivares comerciales como CCN-51. Sin embargo, futuras investigaciones deben profundizar en la estandarización de dosis, formulaciones y condiciones de aplicación en diferentes ambientes productivos, así como en la evaluación de sinergias con otros agentes biocontroladores, para consolidar su uso dentro de programas integrados de manejo de enfermedades en cacao.

## CONCLUSIONES

El análisis del número y tamaño de lesiones a lo largo del tiempo evidenció que Tricomix fue el tratamiento más efectivo en limitar el progreso de la moniliasis en cacao, seguido por Trichotic y Tricho Bio WG. La reducción del área bajo la curva de la enfermedad del tamaño de la lesión (ABCDEt) confirma que Tricomix mantuvo consistentemente menores valores en comparación con los demás tratamientos y con los testigos (agricultor y poda sanitaria). Estos resultados resaltan la capacidad de Tricomix para controlar de manera más eficiente el avance de la enfermedad, mostrando un efecto superior y sostenido en todas las evaluaciones realizadas. Si bien Trichotic y Tricho Bio WG presentaron un desempeño menor, ambos tratamientos también lograron reducciones significativas en el tamaño de las lesiones, lo que los posiciona como alternativas viables en ausencia de Tricomix. En conjunto, los hallazgos confirmaron que el uso de biocontroladores basados en *Trichoderma* spp. constituye una estrategia prometedora y sostenible para el manejo integrado de la moniliasis en el cultivo de cacao.

## AGRADECIMIENTO

Los investigadores de este estudio agradecen al Laboratorio de Fitopatología para el desarrollo del mismo.

## FINANCIAMIENTO

Los autores no recibieron ningún patrocinio para llevar a cabo este estudio-artículo.

## CONFLICTO DE INTERESES

No existe ningún tipo de conflicto de interés relacionado con la materia del trabajo.

## CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

Conceptualización: Beltran-Carguancho, K. y Román-Ramos, A.

Curación de datos: Román-Ramos, A. y Rodríguez-Maldonado, E.

Ánalisis formal: Beltran-Carguancho, K. y Rodríguez-Maldonado, E.

Adquisición de fondos: Beltran-Carguancho, K.

Investigación: Beltran-Carguancho, K.

Metodología: Beltran-Carguancho, K. y Román-Ramos, A.

Administración del proyecto y Recursos: Román-Ramos, A.

Software: Román-Ramos, A. y Rodríguez-Maldonado, E.

Supervisión: Román-Ramos, A.

Validación: Román-Ramos, A. y Rodríguez-Maldonado, E.

Visualización: Santamaria-Poveda, K., Román-Ramos, A. y Rodríguez-Maldonado, E.

Redacción - borrador original: Beltran-Carguancho, K., Santamaria-Poveda, K. y Rodríguez-Maldonado, E.

Redacción - revisión y edición: Román-Ramos, A., Santamaria-Poveda, K. y Rodríguez-Maldonado, E.

## DISPONIBILIDAD DE DATOS DEPOSITADOS

Los datos de esta investigación se encuentran disponibles en el repositorio abierto del Laboratorio de Fitopatología de la Universidad Estatal de Bolívar en la siguiente dirección web: <https://doi.org/10.17605/OSF.IO/JRGKX>

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Avilés, D., Espinoza, F., Villao, L., Alvarez, J., Sosa, D., Santos-Ordóñez, E., & Galarza, L. (2023). Application of microencapsulated *Trichoderma* spp. against *Moniliophthora roreri* during the vegetative development of cocoa. *Scientia Agropecuaria*, 14(4), 539–547. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2023.045>
- Bailey, B. A., Evans, H. C., Phillips-Mora, W., Ali, S. S., & Meinhardt, L. W. (2018). *Moniliophthora roreri*, causal agent of cacao frosty pod rot. *Molecular Plant Pathology*, 19(7), 1580–1594. <https://doi.org/10.1111/mpp.12648>
- Bunbury-Blanchette, A. L., & Walker, A. K. (2019). *Trichoderma* species show biocontrol potential in dual culture and greenhouse bioassays against *Fusarium* basal rot of onion. *Biological Control*, 130, 127–135. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2018.11.007>
- Di Rienzo, J. A., Balzarini, M., Gonzalez, L., Casanoves, F., & Tablada, M. (2011). *Software Estadístico InfoStat* (2024 ver.). <https://www.infostat.com.ar/>
- Díaz-Valderrama, J. R., Leiva-Espinoza, S. T., & Aime, M. C. (2020). The History of Cacao and Its Diseases in the Americas. *Phytopathology®*, 110(10), 1604–1619. <https://doi.org/10.1094/PHYTO-05-20-0178-RVW>
- Evans, H. C. (2016). Frosty Pod Rot (*Moniliophthora roreri*). In *Cacao Diseases* (pp. 63–96). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-24789-2\\_3](https://doi.org/10.1007/978-3-319-24789-2_3)
- John Seng, J. S. (2014). Use of *Trichoderma* fungi in spray solutions to reduce *Moniliophthora roreri* infection of *Theobroma cacao* fruits in northeastern Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 62(3),

899. <https://doi.org/10.15517/rbt.v62i3.14059>

Kumar, M., & Ashraf, S. (2017). Role of *Trichoderma* spp. as a Biocontrol Agent of Fungal Plant Pathogens. In *Probiotics and Plant Health* (pp. 497–506). Springer Singapore. [https://doi.org/10.1007/978-981-10-3473-2\\_23](https://doi.org/10.1007/978-981-10-3473-2_23)

Leiva, S., Oliva, M., Hernández, E., Chuquibala, B., Rubio, K., García, F., & Torres de la Cruz, M. (2020). Assessment of the Potential of *Trichoderma* spp. Strains Native to Bagua (Amazonas, Peru) in the Biocontrol of Frosty Pod Rot (*Moniliophthora roreri*). *Agronomy*, 10(9), 1376. <https://doi.org/10.3390/agronomy10091376>

Leiva, S., Rubio, K., Díaz-Valderrama, J. R., Granda-Santos, M., & Mattos, L. (2022). Phylogenetic Affinity in the Potential Antagonism of *Trichoderma* spp. against *Moniliophthora roreri*. *Agronomy*, 12(9), 2052. <https://doi.org/10.3390/agronomy12092052>

Marelli, J.-P., Guest, D. I., Bailey, B. A., Evans, H. C., Brown, J. K., Junaid, M., Barreto, R. W., Lisboa, D. O., & 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>

Ploetz, R. (2016). The Impact of Diseases on Cacao Production: A Global Overview. In *Cacao Diseases* (pp. 33–59). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-24789-2\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-319-24789-2_2)

Reyes-Figueroa, O., Ortiz-García, C. F., Torres-de la Cruz, M., Lagunes-Espinoza, L. del C., & Valdovinos-Ponce, G. (2016). Especies de *Trichoderma* del agroecosistema cacao con potencial de biocontrol sobre *Moniliophthora roreri*. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y Del Ambiente*, 22(2), 149–163. <https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2015.08.036>

RStudio. (2021). *RStudio: Integrated Development Environment for R*. RStudio, PBC, Boston, MA. <http://www.rstudio.com/>

Sarwan, J., Sahani, S., Nair, M. V., Bhargav, S., Kumar, S., Singh, R., Mittal, K., Jaglan, P., Uddin, N., & Bose, K. J. C. (2024). Multiple factors influencing *Theobroma* cacao and their impact on the chocolate market worldwide. In L. C. García, N. R. Maddela, F. Z. Gavilanes, & C. Aguilar Duarte (Eds.), *Sustainable Cacao Cultivation in Latin America*. Routledge. [https://doi.org/https://doi.org/10.4324/9781003381761](https://doi.org/10.4324/9781003381761)

SIPA-MAGP. (2024). *Información Productiva Territorial*. <https://sipa.agricultura.gob.ec/index.php/sipa-estadisticas/tablero-dinamico/cifras-agroproductivas>

Solís Hidalgo, Z. K., & Suárez Capello, C. (2004). Uso de *Trichoderma* spp para control del complejo Moniliásis Escoba de Bruja del cacao en Ecuador. *INIAP*. <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/3368>

Tyśkiewicz, R., Nowak, A., Ozimek, E., & Jaroszuk-Ściseł, J. (2022). Trichoderma: The Current Status of Its Application in Agriculture for the Biocontrol of Fungal Phytopathogens and Stimulation of Plant Growth. *International Journal of Molecular Sciences*, 23(4), 2329. <https://doi.org/10.3390/ijms23042329>

Varas Carvajal, I. A., Macías Holguín, C. J., Mendoza Thompson, J. U., Cárdenas Briones, D. K., & Bravo Díaz, L. F. (2024). Biocontrol de *Moniliophthora roreri* con *Trichoderma harzianum* y *Bacillus subtilis* en cacao CCN-51. *Código Científico Revista de Investigación*, 5(E4), 77–92. <https://doi.org/10.55813/gaea/ccri/v5/nE4/462>

You, J., Zhang, J., Wu, M., Yang, L., Chen, W., & Li, G. (2016). Multiple criteria-based screening of *Trichoderma* isolates for biological control of *Botrytis cinerea* on tomato. *Biological Control*, 101, 31–38. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2016.06.006>