

<https://doi.org/10.69639/arandu.v13i1.2005>

Tendencias sobre la eficacia de *Trichoderma* spp. en el control de la moniliasis en mazorcas de cacao

Trends in the efficacy of Trichoderma spp. in the control of moniliasis in cocoa pods

Katherine Marianela Cordova Alvarado

kcordovaalvarado@hotmail.com

<https://orcid.org/0009-0008-0032-4968>

Universidad Estatal de Milagro
Ecuador

Manuel Alberto Segobia Muñoz

albertosegobia19@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-6057-1476>

Universidad Estatal de Milagro
Ecuador

Jhon Luis Cano Maquilon

jcanom@utb.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0001-8872-2873>

Universidad Técnica de Babahoyo
Ecuador

Fanor Emmanuel Vera Jurado

fveraj@utb.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0002-7907-3757>

Supervisor de Departamento Técnico de Insigth Banano
Ecuaquimica

Wimper Manuel Santana Troya

wsantanat@utb.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0007-5702-730X>

Supervisor de Departamento Técnico de Insigth Banano
Ecuaquimica

Artículo recibido: (la fecha la coloca el Equipo editorial) - Aceptado para publicación:

Conflictos de intereses: Ninguno que declarar

RESUMEN

La moniliasis, que es provocada por el hongo *Moniliophthora roreri*, es una de las mayores amenazas para el cultivo de cacao en Ecuador. Este estudio examina las investigaciones más recientes sobre el uso de *Trichoderma* spp. como un agente que controla biológicamente esta enfermedad, analizando cuán efectivas son diferentes cepas locales. Las cepas de *Trichoderma* tienen un efecto importante en disminuir la gravedad de la moniliasis, logrando un control de hasta el 77 % tanto en condiciones controladas como en el campo. Además, mezclar cepas de *Trichoderma* con prácticas agroecológicas, como podar plantas enfermas y quitar frutas infectadas, mejora mucho los resultados. Esto resalta la importancia de incluir el control biológico en estrategias sostenibles. Así mismo, se muestra que las cepas nativas se adaptan mejor al lugar

donde crecen, lo que ayuda que se mantengan y sean efectivas en el campo, aún hay desafíos para usarlo ampliamente, como las diferencias en los resultados en distintos lugares y la falta de normas en los biopreparados. La investigación destaca la necesidad de seguir haciendo estudios que mejoren los métodos de uso, con el objetivo de garantizar que *Trichoderma* spp. sea efectivo y útil. como una opción ecológica para combatir la moniliasis, lo que ayuda a tener una agricultura más rentable y amigable con el medio ambiente.

Palabras claves: trichoderma, moniliasis, *moniliophthora roreri*, biocontrol, agricultura sostenible

ABSTRACT

Moniliasis, caused by the fungus *Moniliophthora roreri*, is one of the greatest threats to cacao cultivation in Ecuador. This study examines the most recent research on the use of *Trichoderma* spp. as a biological control agent for this disease, analyzing the effectiveness of different local strains. *Trichoderma* strains have a significant effect on reducing the severity of moniliasis, achieving up to 77 % control in both controlled and field conditions. Furthermore, combining *Trichoderma* strains with agroecological practices, such as pruning diseased plants and removing infected fruit, greatly improves results. This highlights the importance of including biological control in sustainable strategies. The study also shows that native strains are better adapted to their growing environment, which helps them persist and remain effective in the field. However, challenges remain for widespread use, such as differences in results across locations and the lack of standardized regulations for biopreparations. The research highlights the need for further studies to improve application methods, aiming to ensure that *Trichoderma* spp. is effective and useful as an environmentally friendly option for combating moniliasis, thus contributing to more profitable and sustainable agriculture.

Keywords: trichoderma, moniliasis, *moniliophthora roreri*, biocontrol, sustainable agriculture

Todo el contenido de la Revista Científica Internacional Arandu UTIC publicado en este sitio está disponible bajo licencia Creative Commons Atribución 4.0 International. 

INTRODUCCIÓN

En Ecuador, el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) es uno de los pilares del sector agrícola del país por su relevancia económica y su posición en el mercado internacional fuertemente asociado a la calidad del grano. No obstante, la productividad del cultivo se reduce significativamente por la incidencia de plagas y enfermedades que afectan el desarrollo normal de las mazorcas en diversas etapas de crecimiento e impactan negativamente en la rentabilidad, especialmente cuando no se aplican estrategias adecuadas para manejarlo (El Salous et al., 2020).

Entre las enfermedades más perjudiciales figura la moniliasis, ocasionada por *Moniliophthora roreri*, un patógeno que infecta los tejidos del fruto hasta destruirlos alterando su crecimiento y maduración provocando deformaciones, necrosis y finalmente la descomposición de la mazorca, lo que facilita la liberación y dispersión de esporas, generando pérdidas significativas en la producción e incluso el abandono de áreas cultivadas cuando la incidencia supera el 80% (Gómez-López et al., 2020).

Ante esta situación, el protocolo estándar basado en fungicidas químicos implica limitaciones asociadas a los costos, efectos ambientales y la reducción de la eficacia a largo plazo (Cadena y Poma, 2022). Es en este contexto que el uso de microorganismos no patógenos surge como una alternativa viable dentro de sistema de agricultura sostenible (Hariharan et al., 2022). Los microorganismos endófitos, específicamente, establecen una relación funcional con la planta hospedera puesto que contribuye a su desarrollo, fortaleciendo mecanismos de defensa propio de las mismas y favoreciendo el equilibrio microbiológico del medio agrícola (Guerrero et al., 2020).

Dentro de esta categoría se presentan los hongos del género *Trichoderma*, que han sido ampliamente estudiados por su capacidad antagonista frente a diversos agentes causantes de enfermedades en las plantas. Estos actúan mediante la competencia por espacio y nutrientes, la micoparasitación y la producción de compuestos con actividad antifúngica, que ha permitido su aplicación como biocontroladores en diferentes cultivos agrícolas (Cobos Mora et al., 2024).

Diversos estudios han demostrado que ciertas cepas de *Trichoderma* muestran altos niveles de inhibición del crecimiento de *M. roreri* tanto en condiciones controladas como en campo, lo que evidencia su capacidad para integrarse en proyectos de manejo fitosanitario en sistemas cacaoteros a pequeña y mediana escala, (Guerrero et al., 2025). Sin embargo, su eficacia como controlador biológico no es homogénea y puede variar debido a factores como su origen, condiciones ambientales y el sistema de manejo implementado.

Investigaciones actuales han señalado que la caracterización y selección adecuada de cepas es necesaria para optimizar el rendimiento de los biocontroladores, principalmente, debido a que existen diferencias significativas en la capacidad antagonista entre aislados de *Trichoderma* (Leiva et al., 2020). Algunas investigaciones realizadas en Ecuador han demostrado que la integración del control biológico con prácticas agrícolas complementarias, como la poda

fitosanitaria, puede influir en la disminución del daño causado por la infección (Pilaloa David et al., 2021) .

Aun con los avances registrados, la aplicación de *Trichoderma* en condiciones de campo enfrenta limitaciones relacionadas con las variaciones de su comportamiento al enfrentarse a factores climáticos y del suelo, lo que hace necesario profundizar en investigaciones que analicen su desempeño en diversos procesos productivos (Carvajal et al., 2024). Razón por la que, el uso de cepas nativas adaptadas a las condiciones locales ha sido propuesto como una estrategia clave para mejorar la eficacia y estabilidad de los biocontroladores (Valenzuela-Cobos et al., 2023).

Bajo este concepto, la presente investigación tiene como objetivo identificar tendencias actuales relacionadas con el uso de *Trichoderma spp.* usadas en el control de la moniliasis del cacao, mediante una revisión sistemática de artículos científicos actuales, con el fin de aportar una base de conocimiento que fortalezca el manejo de esta enfermedad.

METODOLOGÍA

La investigación realizada es un estudio documental con un alcance descriptivo-analítico y un enfoque cualitativo. El análisis se basó en una revisión sistemática de artículos científicos, con el objetivo de examinar las tendencias en la eficacia del uso de *Trichoderma spp.* en el control de la moniliasis del cacao, causada por el hongo *Moniliophthora roreri*.

Este estudio se centró principalmente en artículos científicos publicados en revistas académicas de libre acceso con el fin de integrar información relevante tanto a nivel local como internacional, incluyendo también informes técnicos de organizaciones internacionales y tesis de maestría sobre biotecnología, enfermedades vegetales y control biológico en el cultivo del cacao.

Su desarrollo se llevó a cabo con estudios realizados en Ecuador, específicamente en las principales regiones productoras de cacao donde la incidencia de moniliasis es alta, del mismo modo, se incluyeron estudios de países vecinos como Colombia y Perú, cuyas prácticas agrícolas y de producción son similares a las del país. Las búsquedas bibliográficas se realizaron en bases de datos académicas como Scopus, Redalyc, SciELO, Google Académico y ScienceDirect.

Los artículos se revisaron y seleccionaron de acuerdo a la información revelada en los títulos y resúmenes, excluyendo aquellos que no cumplían los criterios establecidos, no estaban disponibles en su totalidad o eran duplicados, dando prioridad a aquellos artículos relacionados con el uso de *Trichoderma* como biocontroladores de moniliasis en cultivos de cacao publicados entre 2020 y 2025. Finalmente, se recopilaron 19 artículos y se realizó un análisis bibliométrico con el software VOSviewer para identificar patrones de coocurrencia entre términos de búsqueda clave.

Población, criterios de inclusión y muestreo

Este estudio consideró el uso de artículos científicos que analizaban el uso de hongos de la familia *Trichoderma* para controlar la moniliasis del cacao, una enfermedad causada por

Moniliophthora roreri, principalmente aquellos que se realizaron en las diferentes provincias productoras de cacao en Ecuador, con un rango de tiempo de cinco años desde el 2020 hasta el vigente 2025.

La revisión incluyó artículos completos, revisados por pares y publicados en español, portugués e inglés, donde abordaron el tratamiento de la moniliasis con el uso de *Trichoderma ssp.*, y manejaran un diseño experimental claro, una correcta evaluación de cepas y resultados contundentes. Se excluyeron los artículos con evidencia científica insuficiente, contenido incompleto, contenido duplicado y aquellos que no tenían relación directa con los objetivos del estudio.

Finalmente, se utilizó una técnica de muestreo no probabilístico con un método de selección estándar o dirigido al determinar las investigaciones con temáticas relevantes, una metodología rigurosa y científicamente significativa. Este enfoque permitió realizar un análisis sistemático y detallado de estudios representativos puesto que, el objetivo del estudio no fue resumir la información, sino evaluar el estado actual de la investigación sobre el control biológico del *M. roreri* en el cultivo del cacao.

Análisis estadístico

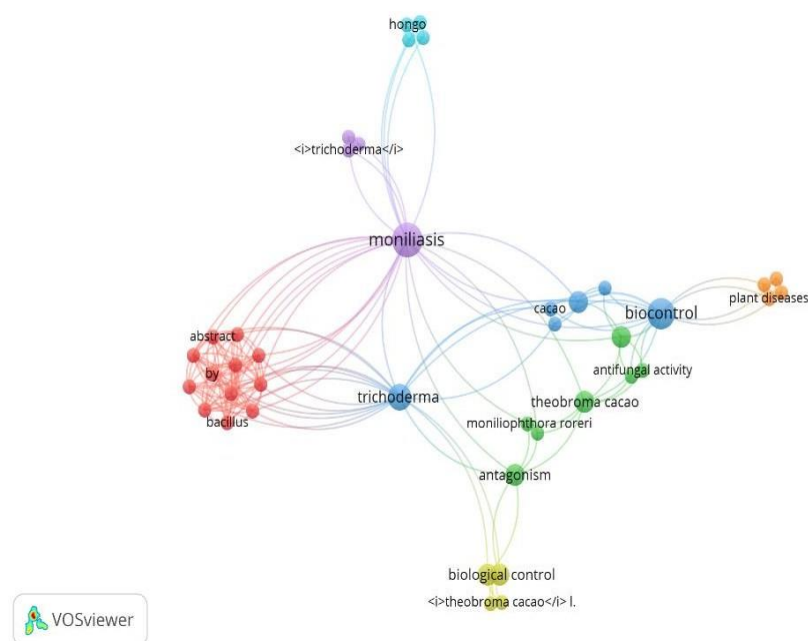
Para el análisis estadístico se usó VOSviewer con el fin de identificar la coocurrencia en palabras clave y establecer una conexión entre ellos en un grupo de publicaciones científicas, apoyándose en datos obtenidos de Mendeley en formato RIS permitiendo examinar patrones de investigación, agrupar temas y entender los cambios de concepto en el área elegida.

Es así como los resultados demuestran que el término “Moniliasis” aparece con frecuencia y está estrechamente relacionado con términos como “*Trichoderma*”, “Control biológico”, “*Theobroma cacao*” y “*Moniliophthora*”, demostrando su importancia en el campo de la investigación.

A continuación, la “Figura 1”, se muestran los resultados de coocurrencia resultantes donde se revelaron siete grupos temáticos que abarcan una gran variedad de áreas de investigación relacionadas con las enfermedades del cultivo del cacao, como la microbiología, los métodos de biocontrol y la agricultura. Algunos grupos contenían términos relacionados con la investigación sobre microorganismos antagonistas, mientras que otros incluían estudios experimentales centrados en el manejo de cultivos y la evaluación de agentes de control biológico.

Figura 1

Mapa que muestra cómo se relacionan las palabras clave en estudios sobre el control de la moniliasis en el cacao



Nota. En el gráfico se pueden identificar los siete clústeres relacionados entre sí mediante los términos “Moniliasis”, “Trichoderma” y “Control biológico”.

Es así como el término Trichoderma se ha consolidado como un nodo central en la red, actuando como nexo entre diferentes grupos temáticos, lo que resalta su importancia en múltiples líneas de investigación y refuerza su relevancia como una herramienta fundamental en el desarrollo de estrategias sostenibles para el control de la moniliasis, así como su potencial para el desarrollo de futuras investigaciones en biotecnología agrícola.

RESULTADOS

Para controlar *Moniliophthora roreri*, Leiva et al. (2020) tras evaluar cinco cepas nativas de *Trichoderma*, evidenciaron que la cepa CP10-3 logró la mayor inhibición radial (71,9 %) en ensayos in vitro, y también destacó en condiciones in vivo al reducir en más del 60 % las lesiones en mazorcas infectadas. Las cepas más eficaces mostraron alta producción de esporas y metabolitos antifúngicos.

Relacionadas con otras especies, Estrela Junior et al. (2022) menciona el uso de *Trichoderma stromaticum* como antagonista de la esporulación de *Moniliophthora perniciosa*, un hongo que parasita el micelio, impidiendo la producción de basidiocarpos al descomponer las retamas reduciendo la esporulación.

Valenzuela et al (2023), analizaron el comportamiento de 50 cepas de *Trichoderma spp.* cultivadas en dos medios agrícolas, PDA y MEA contra *M. roreri* y *M. perniciosus* mediante un análisis PCA y GGE biplot, indicando que cuatro cepas (17, 33, 42 y 44) cultivadas en el medio PDA presentaron altos valores de crecimiento y antagonismo a

Moniliophthora Perniciosa. El ensayo experimental mostró una menor incidencia de moniliasis y mayor rendimiento de la planta al usar *Trichoderma* spp.

Por otro lado, Chóez-Guaranda et al. (2023) evaluaron distintos extractos de especies de *Trichoderma*, evidenciando que *T. spirale* fue bastante eficiente al inhibir el crecimiento de *M. perniciosa* entre 32,97 % y 47,02 % a una concentración de 10 µg/mL, resultados que difieren con los obtenidos de los extractos de *T. reesei* y *T. harzianum*, que mostraron una ligera estimulación del crecimiento de *M. roreri* a concentraciones elevadas.

Con respecto a los ensayos de campo, Guevara-Viejó et al. (2024) reportaron que cinco cepas de la familia *Trichoderma* spp. mejoraron significativamente el rendimiento del cultivo de cacao en comparación con los tratamientos control, por lo que el resultado de eficiencia de los biopreparados osciló entre 51,26 % y 72,46 %, con rendimientos de 677,86 a 976,90 kg/ha, en donde destacó la cepa E29.

Similar a lo que observaron Carvajal et al. (2024) en su proyecto de investigación, donde señalaban cómo el tratamiento con *Trichoderma harzianum* redujo visiblemente los daños producidos por la moniliasis en un 66,39 % durante un periodo de experimentación de 90 días, sin encontrar diferencias significativas en la incidencia de la enfermedad.

Finalmente, Guerrero et al. (2025) reportaron que en su proyecto evaluaron cinco cepas nativas de *Trichoderma* spp. para contrarrestar a *Moniliophthora roreri* teniendo como resultado que la cepa C7-11 mostró una mayor eficiencia de inhibición radial de 77,8 % donde también C5-3 y C6-2 mostraron buenos resultados, con un control entre el 55 % y 66 % respectivamente.

DISCUSIÓN

Tal como indican los estudios analizados, la eficacia de *Trichoderma* spp. frente a *Moniliophthora roreri* no depende solo de su capacidad como agente antagonista en general, sino de una interacción específica entre la cepa, el medio de cultivo y las condiciones ambientales en el área de cultivo. Los resultados demuestran que ciertas cepas, como E29 y C7-11, alcanzaron niveles de inhibición superiores al 70 % tanto en laboratorio como en campo, lo que sugiere que estas presentan una mayor capacidad de adaptación y resiliencia en condiciones productivas reales.

Por tanto, la variación observada en cada uno de los estudios manifiesta que el desempeño de los controladores biológicos no es uniforme, incluso cuando son del mismo género microbiano. Ciertos factores como su origen geográfico, la formulación y las prácticas agrícolas complementarias influyen directamente en los resultados obtenidos, argumento que coincide con lo reportado por (Carvajal et al., 2024) al mencionar la falta de estandarización en la producción y aplicación de biopreparados.

La combinación del uso de *Trichoderma* spp. en conjunto con las prácticas de agricultura

sostenible, como la eliminación de mazorcas infectadas y la poda fitosanitaria, mostró una mejora significativa en el control de la moniliasis, cuyo enfoque permite potenciar el efecto del agente biológico y reducir el desarrollo del patógeno, tal como se visualiza en los estudios ejecutados en las zonas cacaoteras del Ecuador (Pilaloe David et al., 2021).

Esto quiere decir que, aunque los metabolitos antifúngicos producidos por especies como *T. spirale* presentan un alto porcentaje de inhibición, los resultados indican que es necesario optimizar las concentraciones y formulaciones empleadas en su aplicación para evitar que el patógeno reaccione de forma negativa, como la estimulación del crecimiento observada a dosis elevadas en algunos ensayos (Chóez-Guaranda et al., 2023).

En síntesis, los hallazgos revisados refuerzan la teoría sobre la importancia de priorizar el uso de cepas nativas de *Trichoderma spp.*, debido a su capacidad de adaptación a las condiciones ambientales locales y su persistencia en el campo. Sin embargo, debido a las limitaciones técnicas identificadas que podrían abordarse en futuros estudios, se debe estandarizar los protocolos y la evaluación del desempeño de los controladores biológicos bajo distintos escenarios productivos.

CONCLUSIONES

Al presentarse como un microorganismo antagónico, *Trichoderma spp.*, ha demostrado ser una herramienta eficaz al actuar como un controlador biológico de *M. royeri* en el cultivo de cacao, reduciendo significativamente la incidencia de la enfermedad y aumentando el rendimiento de la planta produciendo una mayor cantidad de mazorcas sanas.

Dicho lo anterior, se ha comprobado que las cepas nativas de *Trichoderma spp.* presentan una mayor capacidad de adaptación al entorno local, lo que permite una mejor colonización del patógeno y mayor resistencia en las condiciones de campo, dando mayor viabilidad como estrategia agroecológica.

Indiscutiblemente es importante estandarizar los protocolos de producción y aplicación de productos biológicos preparados a base de *Trichoderma spp.*, así como la ejecución de ensayos experimentales en distintas zonas productoras de cacao, para asegurar su nivel de efectividad en el control de la moniliasis.

En definitiva, el uso de *Trichoderma spp.* como controlador biológico, representa una alternativa sostenible y amigable con el medio ambiente al contribuir al desarrollo de una agricultura significativamente más resistente, sostenible y rentable que beneficie a los pequeños y medianos productores de cacao.

REFERENCIAS

- Cadena M, F. A., & Poma Loza, E. (2022). Manejo de la moniliasis del cacao (*Moniliophthora roreri*) con la aplicación de dos especies de *Trichoderma*. *Revista De Investigación E Innovación Agropecuaria y De Recursos Naturales*, 9(2), 37-43. <https://doi.org/10.53287/toks1912pc491>
- Carvajal, V., Alexandra, I., Holguín, M., John, C., Thompson, M., Ulises, J., Briones, C., Kevin, D., Díaz, B., & Fernando, L. (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>
- Chóez-Guaranda, I., Espinoza-Lozano, F., Reyes-Araujo, D., Romero, C., Manzano, P., Galarza, L., & Sosa, D. (2023). Chemical Characterization of *Trichoderma* spp. Extracts with Antifungal Activity against Cocoa Pathogens. *Molecules* 2023, Vol. 28, Page 3208, 28(7), 3208. <https://doi.org/10.3390/MOLECULES28073208>
- Cobos Mora, F., Montero Flores, P., Gómez Villalva, J., & Pérez Almeida, I. (2024). Eficiencia de agentes antagónicos para el control de *moniliophthora roreri* en el cultivo de cacao. *Magazine de Las Ciencias: Revista de Investigación e Innovación*, 9(2), 16–29. <https://doi.org/10.33262/RMC.V9I2.3100>
- El Salous, A., Marcillo, J., Gómez Vargas, J., & Martínez Alcivar, F. (2020). Mejoramiento de la calidad del cultivo de cacao en Ecuador. *Revista Venezolana de Gerencia: RVG*. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8890912>
- Estrela Junior, A. da S., Solís, K., Pimenta Neto, A. A., Vera, D. I., Garzón, I., Peñaherrera, S., Diorato, V. S., Gramacho, K. P., & Laranjeira, D. (2022). Effect of antagonistic yeasts from cacao tissues on controlling growth and sporulation of *Moniliophthora roreri*. *Biological Control*, 172, 104956. <https://doi.org/10.1016/J.BIOCONTROL.2022.104956>
- Gómez-López, A., Martínez-Bolaños, L., Ortiz-Gil, G., Martínez-Bolaños, M., Avendaño-Arrazate, C. H., & Hernández-Meneses, E. (2020). Bioaceites esenciales inhiben a *Moniliophthora roreri* (Cif. y Par.) Evans et al., causante de la moniliasis en el cultivo del cacao. *Acta Agrícola y Pecuaria*, 6(1). <https://doi.org/10.30973/AAP/2020.6.0061016>
- Guerrero, R., Cevallos, O., Eguez, E., & Peñaherrera, S. (2020). El potencial del uso de microorganismos endofíticos como agentes de control de enfermedades en el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.). *Centrosur Agraria*. <https://centrosuragraria.com/index.php/revista/article/view/33/69>
- Guerrero, R., Palma, R. P., Falquez, O. C., & Mónaco, C. (2025). Efecto de cepas nativas de *Trichoderma* en *Moniliophthora Roreri* Infección en *Theobroma Cacao* L. *Revista de Gestão - RGSA*, 19(2), e011357. <https://doi.org/10.24857/rgsa.v19n2-087>
- Guevara-Viejó, F., Valenzuela-Cobos, J. D., Noriega-Verdugo, D., Garcés-Moncayo, M. F., &

- Basurto Quilligana, R. (2024). Application of Biplot Techniques to Evaluate the Potential of *Trichoderma* spp. as a Biological Control of Moniliasis in Ecuadorian Cacao. *Applied Sciences* 2024, Vol. 14, Page 5481, 14(13), 5481. <https://doi.org/10.3390/APP14135481>
- Hariharan, G., Rifnas, L. M., & Prasannath, K. (2022). Role of *Trichoderma* spp. in Biocontrol of Plant Diseases. *Microbial Biocontrol: Food Security and Post Harvest Management: Volume 2*, 2, 39–78. https://doi.org/10.1007/978-3-030-87289-2_3
- Leiva, S., Oliva, M., Hernández, E., Chuquibala, B., Rubio, K., García, F., & de la Cruz, M. T. (2020). Assessment of the Potential of *Trichoderma* spp. Strains Native to Bagua (Amazonas, Peru) in the Biocontrol of Frosty Pod Rot (*Moniliophthora roreri*). *Agronomy* 2020, Vol. 10, Page 1376, 10(9), 1376. <https://doi.org/10.3390/AGRONOMY10091376>
- Pilaloe David, W., Aguayo, A. A., Vaca, D. P., & Sánchez, S. T. (2021). Manejo agroecológico de la Moniliasis en el cultivo de cacao (*Theobroma cacao*) mediante la utilización de biofungicidas y podas fitosanitarias en el cantón La Troncal. *Revista Alfa*, 5(15), 453–468–453–468. <https://doi.org/10.33996/REVISTAALFA.V5I15.129>
- Valenzuela-Cobos, J. D., Guevara-Viejó, F., Vicente-Galindo, P., & Galindo-Villardón, P. (2023). Eco-Friendly Biocontrol of Moniliasis in Ecuadorian Cocoa Using Biplot Techniques. *Sustainability* 2023, Vol. 15, Page 4223, 15(5), 4223. <https://doi.org/10.3390/SU15054223>