

# **Eficiencia de agentes antagónicos para el control de moniliophthora roreri en el cultivo de cacao**

*Efficiency of antagonistic agents for the control of moniliophthora roreri in cocoa crop*

DOI: <https://doi.org/10.33262/rmc.v9i2.3100>

**Fernando Cobos Mora**<sup>1</sup>

Universidad Técnica de Babahoyo, Ecuador  
fcobos@utb.edu.ec

**Pedro Montero Flores**<sup>2</sup>

Universidad Técnica de Babahoyo, Ecuador  
pmontero@utb.edu.ec

**Juan Gómez Villalva**<sup>3</sup>

Universidad Técnica de Babahoyo, Ecuador  
jgomez@utb.edu.ec

**Iris Pérez Almeida**<sup>4</sup>

Universidad Ecotec, Ecuador  
iperez@ecotec.edu.ec

**DIRECCIÓN PARA CORRESPONDENCIA:** [fcobos@utb.edu.ec](mailto:fcobos@utb.edu.ec)

**Fecha de recepción:** 10 / 01 / 2024

**Fecha de aceptación:** 14 / 03 / 2024

## **RESUMEN**

Una de las limitaciones más importantes de la producción de cacao (*Theobroma cacao* L.) a nivel mundial es la presencia de *Moniliophthora roreri* causante de la enfermedad moniliasis, considerada altamente invasiva y endémica del cacao. El objetivo de este estudio fue describir la eficiencia de agentes antagónicos para el control de *Moniliophthora roreri* en el cultivo de cacao. Los trabajos actuales sobre microorganismos antagonistas evidencian su potencial de empleo en el control de patógenos que afectan a cultivos de importancia económica. En la búsqueda de antagonistas microbianos se evaluaron hongos (*Trichoderma* spp.) y bacterias

(*Pseudomonas* spp., *Bacillus* spp.) para el manejo de *Moniliophthora roreri*. en *Theobroma cacao* L., sugiriendo que pueden representar una alternativa a utilizar en el cultivo.

**Palabras clave:** *Theobroma cacao*, control biológico, *Moniliophthora roreri*, inhibición, antagonistas.

## ABSTRACT

One of the most important limitations of cocoa (*Theobroma cacao* L.) production worldwide is the presence of *Moniliophthora roreri*, which causes the moniliasis disease, considered highly invasive and endemic to cocoa. The objective of this study was to describe the efficiency of antagonistic agents for the control of *Moniliophthora roreri* in the cocoa crop. Current work on antagonistic microorganisms shows their potential for use in the control of pathogens that affect economically important crops. In the search for microbial antagonists, fungi (*Trichoderma* spp.) and bacteria (*Pseudomonas* spp., *Bacillus* spp.) were evaluated for the management of *Moniliophthora roreri*. in *Theobroma cacao* L., suggesting that they may represent an alternative to be used in the crop.

**Keywords:** *Theobroma cacao*, biological control, *Moniliophthora roreri*, inhibition, antagonists.

## INTRODUCCIÓN

El cacao representa un rubro de exportación importante del país por sus características distintivas de aroma y sabor que son apetecidas por los fabricantes de chocolate, donde el país abastece el 63 % de la producción proveniente de la variedad Nacional arriba, cuya calidad de aroma y sabor ha sido reconocido a lo largo del tiempo a nivel mundial, siendo utilizados para la fabricación de chocolates (Escalante y Ureña, 2016).

El cacao en Ecuador se produce en 16 de las 14 provincias, con un total de 590 579 hectáreas plantadas y 527 327 hectáreas cosechadas; la producción de cacao se fundamenta principalmente en las provincias de Los Ríos, Guayas, Manabí, Sucumbíos; teniendo en cuenta que Esmeraldas y El Oro existe una considerable producción de cacao; en el país se cultivan dos tipos de cacao: el cacao CCN-51 y el denominado cacao Nacional que es un cacao fino de aroma conocido como “Arriba”, desde la época colonial (Lascano, 2022; Cobos et al., 2023).

En la producción del cultivo de cacao existen limitantes importantes, como es el caso de la presencia de plagas y enfermedades, siendo el hongo patógeno *Moniliophthora roreri* el causante de pérdidas de producción entre el 30 y 80 % en condiciones de mal manejo del cultivo; este patógeno es endémico del cacao que se propaga fácilmente favorecido por las situaciones climáticas (Terreno et al., 2018).

La Moniliasis o mal de Quevedo, causada por el hongo *M. roreri* (Cif. & Par.) es la principal enfermedad que afecta a los frutos del cacao en el Ecuador, su daño es tan severo que puede llegar a un 60 %, lo que atribuye a uno de los factores limitantes de mayor importancia en la producción de cacao, en lugares donde se lo siembra, especialmente en el litoral ecuatoriano (Cañadas y Sablón, 2019).

Actualmente entre los diferentes métodos de control más empleados para la represión de moniliasis se encuentra el uso de productos químicos, los mismos que resultan ser eficaces en ciertos casos, pero causan graves daños al suelo y al ser humano; al igual que se emplean labores culturales para el control de moniliasis, especialmente la remoción semanal de frutos enfermos, lo cual favorece la reducción de fuentes de inóculo de monilla; sin embargo, la práctica exige un gran esfuerzo e inversión por parte del productor, por lo que la enfermedad persiste dentro del cultivo, lo que faculta a la búsqueda de nuevas alternativas, integrando al manejo de enfermedades la estrategia del control biológico, técnica que se ha venido desarrollando satisfactoriamente de forma eficaz y sostenible, mediante el uso de microorganismos antagonicos con los géneros *Trichoderma* y *Bacillus* (Tirado et al., 2016).

En esta publicación, se hace una revisión de algunos aspectos importantes sobre nuevas alternativas de control para *M. roreri* en el cultivo de cacao, fomentando el control biológico como una base ecológica y amigable con el medio ambiente.

## **METODOLOGÍA**

El análisis propuesto es pertinente, debido a la importancia de la moniliasis en el cultivo de cacao, siendo una de las enfermedades más importantes que afecta a las mazorcas con alta severidad, constituyéndose en uno de los factores limitantes de la producción.

Esto a través de la revisión de información existente relacionada proveniente de fuentes secundarias de carácter bibliográfico e informativo para posteriormente proceder a emitir conclusiones generales.

---

### **Estrategias de control**

Durante la búsqueda de artículos relacionados con los sistemas de control de la moniliasis en el cacao, se encontró que el mayor número de artículos creados sobre este punto apareció en 2008, en naciones como Costa Rica y Brasil (Con mayor producción de cacao en América Latina, junto con Ecuador).

El control es una acción utilizada para disminuir, eliminar o llevar a niveles satisfactorios diversos tipos de organismos vivos que pueden causar enfermedades en los cultivos, por lo tanto, un procedimiento de control es una mezcla de algunas medidas de mediación, en la que se crean diferentes métodos sistémicos para mantener la fuerza de la planta de la producción y de esta manera prevenir la propagación de una enfermedad.

Uno de los sistemas de control utilizados para evitar problemas económicos en los cultivos de cacao de varios países de América Central y del Sur, debido a enfermedades como la moniliasis y la escoba de bruja, es la utilización de productos compuestos, por ejemplo, fungicidas a base de cobre (hidróxido de cobre y oxathiin flutolanil) y otros, por ejemplo, azoxistrobin y propiconazol. No obstante, este tipo de control puede generar gastos significativos y, en ocasiones, puede ser insuficiente, debido a la obstrucción que los microorganismos pueden crear a este tipo de mezclas, sin perjuicio de las consecuencias adversas sobre el bienestar ecológico y humano (López et al., 2009).

Un tipo más de control que se ha creado en los cultivos de cacao es el control fitosanitario o cultural, que comprende la eliminación de brotes y mazorcas con indicios de enfermedad. También se ha ejecutado la suplantación de árboles enfermos con surtidos hereditariamente seguros, metodología considerada adecuada, a pesar de que puede crear un aplazamiento en curso debido al largo patrón de vida del cacao, además de la posibilidad de la pérdida de resistencia contra estas enfermedades (Medeiros et al., 2010).

Una última técnica de control que se ha planteado es la utilización de microorganismos antagónicos (hongos y bacterias). En la actualidad, se ha reportado que estos pueden afectar a diferentes microorganismos patógenos, por lo que fomentan diferentes ciclos orgánicos de hostilidad, como la creación de metabolitos, ejercicios parasitarios y rivalidad por espacio y suplementos contra microorganismos patógenos y la inducción de resistencia en el árbol del cacao (Krauss et al., 2010).

Entre los microorganismos generalmente utilizados de forma ordinaria como especialistas en biocontrol se encuentran organismos, por ejemplo, *Trichoderma* sp. también, microorganismos, por ejemplo, *Bacillus* sp. que pueden fomentar diferentes ciclos

metabólicos que los convierten en el mejor contendiente para su uso como especialistas en control natural.

### **Microorganismos antagonicos en el control de *M. roleri* en cultivos de cacao**

Entre las especies aplicadas en el control biológico que han sido más ampliamente examinadas se encuentran las del género *Trichoderma* sp., la cual utiliza algunos componentes de control natural como parasitismo, antibiosis y rivalidad por espacio y suplementos; adicionalmente está dotada para promover el desarrollo y mejoramiento de la planta y provocar una reacción de defensa en la misma (Cuervo et al., 2011).

Dentro de esta familia existen varias especies, las cuales producen 40 metabolitos distintos con propiedades antimicrobianas y parasitarias que tienen acción inhibitoria sobre el desarrollo de *M. roleri* (Aneja et al., 2005). *Trichoderma harzianum* es un hongo que produce antimicrobianos y compuestos, por ejemplo,  $\beta$ -1,3-glucanasa, quitinasa, proteasa y celulasa, que actúan como degradadores de la pared celular (Cuervo et al., 2011).

Además, como anunciaron Aneja et al. (2005), esta especie produce corrosivo nonanoico (NA), que tiene acción inhibitoria in vitro sobre el desarrollo micelial y la germinación de esporas tanto para *M. perniciososa* como para *M. roleri*. Esto demuestra que NA puede disminuir en un 75% el desarrollo de los dos microorganismos hasta fijaciones increíblemente bajas (0,09 y 0,92  $\mu$ M AN, individualmente). Este concentrado mostró además la viabilidad del NA suministrado por *T. harzianum* a bajos focos, en contraste con la utilización de fungicidas comerciales, por ejemplo, azoxistrobina y propiconazol, que pueden frenar el desarrollo en un 47% y un 75% en *M. roleri* y *M. perniciososa*, individualmente, hasta agrupaciones de 1  $\mu$ M.

Diferentes investigaciones demuestran que *T. harzianum* actúa antagonicamente contra el patógeno, a través de un enfrentamiento dual, en el que las hifas de *T. harzianum* fomentan sobre las de *M. roleri* causando desfiguraciones morfológicas y complicación en el diseño de su pared celular, debido a la descarga de sustancias antifúngicas (compuestos y agentes antiinfecciosos); esto es prueba de una interacción parasitaria de *T. harzianum* sobre el fitopatógeno (Cuervo et al., 2011).

En una revisión realizada por Bailey et al. (2008), se evaluaron 50 desprendimientos de *Trichoderma* sp., especies microbianas endofíticas que poseen diversos tejidos del árbol del cacao, para encontrar su capacidad de crear metabolitos antimicrobianos que hicieran un seguimiento tanto de *M. roleri* como de *M. perniciososa*. Una vez concluidas las pruebas, se evaluó la capacidad de las desconexiones de *Trichoderma* sp. y se estableció la relación

endofítica mediante el registro de colonización (IC), que permitió separar cuál de los aislados introducía una base endofítica competente en el cacao.

A la luz de esto, los científicos tuvieron la opción de reconocer ciertos aislados con la capacidad de colonizar las semillas de cacao. Asimismo, los endófitos con extraordinario potencial para el biocontrol son los siguientes: *T. stromaticum*, *T. hamatum* y *T. asperellum*. *T. stromaticum* tiene acción mico-parasitaria en *M. pernicioso*, en vista de que coloniza tejido necrótico y previene el desarrollo de basidiocarpos a través del movimiento hidrolítico de proteínas emitidas al medio, que producen la fisura de la masa celular del hospedero patógeno (López et al., 2009). *T. hamatum* y *T. asperellum* (así como otros aislados separados de *Trichoderma* sp.) demuestran una alta viabilidad, ya que provocan una reacción de resistencia en el árbol de cacao a las enfermedades (Galarza et al., 2015).

En esta revisión equivalente, se estableció que dichas especies son más productivas cuando se inoculan en semillas de cacao, en la capa externa de los cotiledones y el tallo, en razón de que ocurre una colonización sólida del hospedero (Bailey et al., 2008). Del mismo modo, la ejecución de esta especie contagiosa puede ser complementada con el uso de medidas, por ejemplo, la expulsión de los pinceles creados por *M. pernicioso*, que previene la propagación de la enfermedad en casos sólidos y disminuye la frecuencia de la enfermedad (Medeiros et al., 2010).

*Colletotrichum gloeosporioides* es conocido como un patógeno del cacao, sin embargo, ha demostrado el movimiento de competencia contra escoba de bruja y moniliasis. A pesar de que su actividad no es la más efectiva, impacta en la interacción con el cacao (Mejía et al., 2008). Asimismo, las desconexiones de *Trichoderma* sp. exhiben alcances específicos significativos de acción natural: acción antimicrobiana moderada a baja, movimiento mico-parasitario moderado a alto y capacidad endofítica moderada a alta (Medeiros et al., 2010).

*Trichoderma ovalisporum* es un organismo endofítico que crea enfermedades asintomáticas dentro del árbol sano para enmarcar una interacción beneficiosa mutualista que puede introducir un impacto no amistoso en la esporulación de *M. roreri* y de esta manera salvaguardar los granos de cacao de la enfermedad (Samuels et al., 2006). Uno de los argumentos de Krauss et al. (2010) sobre los especialistas en biocontrol endofíticos como *T. ovalisporium* es que se oponen de forma más general a *M. roreri*, a la luz del hecho de que crecen y entran en la capa externa de la mazorca, y después hacen su base

fundamental en la enfermedad de la unidad con una disminución del 23,8% de la moniliasis en los cultivos de cacao.

*Clonostachys rosea* y *Clonostachys byssicola* en mezcla con *T. asperellum*, *Fusarium* sp. es más, la presencia de organismos contendientes locales tiene resultados constructivos en el control de la moniliasis (Galarza et al., 2015), a la luz del hecho de que tienen un alto límite colonizador y parasitario contra *M. roreri*. Además, los estudios han demostrado que la presencia de sustratos para estos organismos endofíticos disminuye fundamentalmente la presencia de moniliasis, pero también de otras enfermedades que afectan al cacao, por ejemplo, la pudrición de la mazorca causada por *Phytophthora palmivora* (Krauss et al., 2010).

Como se detalla en el escrito, la ejecución de sustratos dulces, por ejemplo, la melaza de caña de azúcar, un complejo saludable con un alto contenido en carbohidratos, aporta beneficios como enmienda de suelo para mejorar el desarrollo de estos parásitos endofíticos. A pesar de que el alto contenido en carbohidratos puede producir una contención de la germinación y desarrollo en los hongos (fungistasis) provocada por la presión del suplemento, las especies de *Trichoderma* sp. responden enfáticamente a este tratamiento con dichos sustratos (Krauss et al., 2010).

Mejía et al. (2008) descubrieron que los hongos endófitos referenciados anteriormente crean diferentes ejercicios *in vitro* tanto para *M. roreri* como para *M. perniciososa*, ya que reprimen el desarrollo de estos patógenos y disminuyen los efectos secundarios de la enfermedad. Por hostilidad de rivalidad de sustrato, la disminución de los dos microorganismos fue del 40 % y del 27 %, individualmente. Los hongos endofíticos crearon un nivel de impedimento del 23 % para *M. roreri* y del 27 % para *M. perniciososa*, y en cuanto a la creación de metabolitos por antibiosis, el nivel de evacuación para las dos infecciones fue del 13 % y del 21 %, individualmente. Sólo uno de los segregados, *Gliocladium catenulatum*, tuvo la opción de disminuir los efectos secundarios de la enfermedad de escoba de bruja en un 70,84 %, mientras que el 16,22 % de los endofitos separados tuvo la opción de reprimir el desarrollo del especialista causal de la infección (*M. perniciososa*) (Rubini et al., 2005).

Otra variable significativa que incide en la clara disminución de las dos enfermedades es la colonización fructífera y moderada de los hongos endófitos en el árbol del cacao, cualidad de estos microorganismos que les permite establecerse de forma competente en el árbol intervenido (Mejía et al., 2008).

Otras agrupaciones microbianas que pueden ejercer antagonismo en el árbol del cacao son las bacterias. Entre ellos destacan los que pertenecen al grupo de los actinomicetos, ya que producen sustancias que actúan directamente en al menos una de las fases del ciclo de vida de los microorganismos o, implícitamente, actuando sobre los sistemas de obstrucción del hospedador frente a los patógenos. Posteriormente, el desarrollo de compuestos líticos, por ejemplo, quitinasas y sideróforos, puede frenar el desarrollo de *M. royeri* y *M. perniciosus* (Macagnan et al., 2006).

*Streptomyces* sp, a través de pruebas dirigidas por Macagnan et al. (2006) muestran que actinomicetos segregados de varios tejidos del árbol del cacao producen mezclas antimicrobianas aptas para frenar la germinación de basidiosporas del microorganismo patógeno. Parte de estos microorganismos pertenecen a la familia *Streptomyces*, de los cuales los más productivos son *S. albobovineus*, *S. griseus* y *S. virginiae*, ya que muestran acción quitinolítica sobre las basidiosporas de *M. royeri*. Además, debido a su capacidad para suministrar sideróforos -que son partículas orquestadas y descargadas por estos microorganismos en circunstancias de falta de hierro para secuestrar el hierro de su circunstancia actual- limitan la accesibilidad del suplemento  $Fe^{3+}$  al microbio (Macagnan et al., 2006).

*Bacillus* sp. según los informes descritos, los diferentes microbios que pueden inducir antagonismo contra los microorganismos patógenos del cacao son los de la clase *Bacillus* sp., ya que pueden colonizar los tejidos del cacao durante un tiempo de 60 días o más, con la consiguiente disminución de las infecciones provocadas por los microorganismos. Un alto nivel de éstos se encuentra en varias piezas del árbol del cacao, tanto en las hojas y las almohadillas de las flores como en las semillas y el tallo, regiones de las que se ha desprendido y reconocido una enorme cantidad de especies productoras de sustancias antitóxicas (Melnick et al., 2011).

A continuación, se presentan una parte de los microorganismos separados que muestran una acción opuesta más prominente, acción quitinolítica *in vitro* y elevados grados de colonización contra *M. royeri* y *M. perniciosus*: *B. cereus*, *B. subtilis*, *B. thuringiensis*, *B. pumilus* y *B. amyloliquefaciens* (Melnick et al., 2011). Este mismo autor demuestra que la mayor parte de los microorganismos aislados presentan un nivel base de inhibición del desarrollo frente a *M. royeri* y *M. perniciosus* del 28,6% y el 38,3%, por separado. No obstante, estas tasas de inhibición, existen tipos de especies similares, segregadas de diversas piezas del árbol del cacao, que presentan un nivel alterno de inhibición, mayor o menor contingente al área de confinamiento. Es la situación de *B. subtilis*, por ejemplo,

de la que se separaron algunas cepas: una de ellas se segregó de la mazorca de cacao e introdujo una inhibición del 40,4% en *M. roleri* y del 60,4% en *M. pernicioso*; una cepa posterior se separó de las hojas de cacao, con la que se obtuvo una inhibición del 100% y del 67,5% en las dos enfermedades por separado, que presenta uno de los mayores ritmos de supresión de la enfermedad (Melnick et al., 2011).

La mezcla de estos consorcios microbianos puede ser utilizada como un control biológico para disminuir eficazmente las dos enfermedades (Melnick et al., 2011). *Xenorhabdus* sp. y *Photorhabdus* sp. son vistos como diferentes tipos de microorganismos que pueden ser utilizados para la prevención infecciosa en el cacao, son bacterias simbióticas de nematodos entomopatógenos que producen metabolitos con propiedades biocidas. En pruebas creadas por San-Blas et al. (2012) se exhibió que microbios confinados de estos géneros afectan inhibitoriamente a *M. roleri*. Una parte de las variedades de especies de bacterias detalladas son *X. bovienii*, *X. nematophila*, *X. innexi*, *X. poinari*, *X. cabanillasii*, *P. luminiscens* y diferentes tipos de *Photorhabdus* sp.

El impacto inhibitorio de estos géneros está relacionado con los exudados que producen, que disminuyen la esporulación de *M. roleri* entre un 70% y un 80%; no obstante, la mezcla de este conjunto de bacterias con endofitos, como *Trichoderma* sp. o también *Bacillus* sp. presenta una actividad superior frente a *M. roleri* que cuando se aplican mezclas fungicidas para controlar las dos infecciones (San-Blas et al., 2012).

Villamil et al. (2015), muestran sobre el impacto adversario de *Trichoderma* sp y *Bacillus* sp contra *M. roleri*, en el cual los tratamientos estudiados son: T1 organismo H5; T2 crecimiento H20; T3, microorganismos B3 y T4, control absoluto. De esta forma, sus resultados mostraron que T2 fue el más increíble en disminuir la gravedad externa e interna del microbio con un nivel de 28 y 19,5%, seguido de T1 con 19,5% y 11,2%, luego T3 con 13,5% y 8,5%, mientras que T4 fue el que menor índice tuvo por separado a los diferentes medicamentos.

Como indica Sierra et al. (2015), en su trabajo de investigación que consistió en evaluar el control de *Moniliophthora roleri* a través del análisis de incidencia y severidad. Donde los tratamientos utilizados fueron cepas nativas de *Trichoderma* spp. (H3, H5 y H20) y tres cepas comerciales distinguidas como Trombo ®W.P (*T. harzianum* + *T. lignorum* + *T. viride* + *Saccharomyces cerevisiae*), ®Protector (i.a *T. harzianum*), More secure Soil ®W.P (i.a *T. asperellum*, *T. atroviride*, *T. harzianum* y *Paecilomyces lilacinus*) y un control compuesto (óxido de cobre). Con respecto a los resultados obtenidos, razonaron que los frutos inoculados con T7 (AP + More secure ground WP®) y T4 (AP +

Trichoderma blend H 0, H3, H5) presentaron las menores tasas de incidencia y severidad, con un mejor rendimiento, en comparación con los demás tratamientos.

González y Soto (2021) se concentraron en el impacto de inhibir la infección de la enfermedad *Moniliophthora roreri* utilizando *Zingiber officinale* extricate, *Aloe vera* y un tratamiento biológico con *Trichoderma* sp.+ *Bacillus subtilis*. Además, se evaluó un tratamiento cultural. Los resultados mostraron un bajo ritmo de enfermedad moniliasis con el uso de los tratamientos 1, 2 y 3 con 20,5%, 17,7% y 14,9%. Así, la utilización de antifúngicos por cerca de 120 días es prescrita para disminuir la incidencia de la enfermedad.

Falcao et al. (2014) comprueban a través de investigaciones dirigidas el desarrollo mejorando las capacidades de *B. subtilis* y ampliando las tasas de injerto, así como los impactos adversos contra *M. roreri*. Actinomicetos segregados de la capa externa de las unidades de cacao tenía la opción de reprimir la germinación de *M. roreri* totalmente en condiciones de laboratorio. Numerosos *Bacillus* spp. son quitinolíticos y podrían ser hostiles directamente sobre crecimientos fitopatógenos como *M. roreri* y *M. perniciososa*; en cualquier caso, los *Bacillus* spp. quitinolíticos son probablemente menos potentes contra la pudrición de la mazorca negra, ya que *Phytophthora* tiene paredes celulares compuestas principalmente de celulosa.

En Ecuador, se han evaluado algunas formulaciones líquidas, solidas y preparados biológicos a base de *B. subtilis* y *P. cepacia* para controlar la moniliasis del cacao, demostrando que disminuyen la tasa de la infección en un 60% y un 80%, por separado (Falconí et al., 2017).

## DISCUSIÓN

El control biológico utilizando especialistas microbianos ha sido considerado como una opción poderosa en contraste con la utilización de fungicidas sintéticos para la prevención infecciosa de enfermedades (Liu et al., 2013). Las técnicas de control biológico utilizadas en un sistema de manejo integrado de plagas se están llevando a cabo en algunos países de América Latina. Por ejemplo, una parte de las especies de *Trichoderma* se utilizan en el control biológico de patógenos, ya que esta clase coloniza las raíces, vigorizando su desarrollo y previniendo enfermedades. Numerosos tipos de *Trichoderma* se han concentrado ampliamente en condiciones de laboratorio y se proponen como biocontroladores de *M. roreri*, (Suárez y Cabrales, 2008). Además, este especialista en biocontrol se ha aislado eficazmente de suelos dispuestos con cacao (Torres et al., 2019).

Villamil et al. (2015), en una investigación preliminar contrastaron un tipo de *Bacillus* y dos tipos de *Trichoderma* y observaron que una de las cepas del hongo era más eficiente y sugerida para el control de la "moniliasis" a nivel de campo.

Melnick et al. (2011), descubrieron que varias especies bacterianas con endosporas de varios géneros pueden coincidir en el cacao. Una parte de estos microorganismos mostraron antagonismo contra *Moniliophthora roreri*. Asimismo, numerosos *Bacillus* spp. son quitinolíticos y podrían oponerse directamente a organismos fitopatógenos como *M. roreri*.

La utilización de microorganismos para la prevención infecciosa de enfermedades en el cacao está todavía en sus primeras etapas, existiendo resultados eficientes, en la cual se merece absolutamente una mayor consideración.

## CONCLUSIONES

Los trabajos referenciados evidencian que existen microorganismos con potencial antagonico para el control de *M. roreri* en mazorcas de cacao.

Se evidenciaron los siguientes microorganismos antagonicos: hongo (*Trichoderma* spp.) y bacterias (*Pseudomonas* spp., *Bacillus* spp.) para el manejo de *Moniliophthora* spp. en *Theobroma cacao* L., representando una alternativa a utilizar en el cultivo de cacao.

El hongo *Trichoderma* sp. es uno de los agentes biocontroladores más importantes, debido a que presenta altos porcentajes de inhibición en el crecimiento de *M. roreri* en mazorcas de cacao a nivel in vitro y campo.

Las bacterias del género *Bacillus* sp. coexisten como comunidad microbiana asociada al cultivo de cacao, y que pueden actuar como antagonistas naturales de *M. roreri* en mazorcas de cacao a nivel in vitro y campo.

En la actualidad se está potenciando el desarrollo de productos comerciales con microorganismos antagonicos para el control de *M. roreri* en mazorcas de cacao, los mismos que deben ser adoptados por los productores, siendo importante que conozcan sus mecanismos de acción y forma de aplicación.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aneja M, Gianfana TJ, Hebbarb PK. (2005). *Trichoderma harzianum* produces nonanoic acid, an inhibitor of spore germination and mycelial growth of two cacao pathogens. *Physiol Mol Plant Pathol.* 67(6): 304-307.  
<https://doi.org/10.1016/j.pmpp.2006.05.002>.

- Bailey BA, Bae H, Strem MD, Crozier J, Thomas SE, Samuels GJ, Vinyard BT, Holmes KA. (2008). Antibiosis, mycoparasitism, and colonization success for endophytic *Trichoderma* isolates with biological control potential in *Theobroma cacao*. *Biological Control*. 46(1): 24-35. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2008.01.003>
- Cuervo-Parra JA, Ramírez-Suero M, Sánchez-López V, Ramírez-Lepe M. (2011). Antagonistic effect of *Trichoderma harzianum* VSL291 on phytopathogenic fungi isolated from cocoa (*Theobroma cacao* L.) fruits. *Afr J Biotechnol*. 10(52): 10657-10663. DOI: 10.5897/AJB11.1333.
- Cañadas, I. & Sablón, N. (2019). Análisis de la cadena de suministro de cacao en el contexto de la Amazonia ecuatoriana. *Revista ECA Sinergia*. 10(2): 17-29. <file:///C:/Users/hp/Downloads/1483-Art%C3%ADculo-5651-4-10-20190719.pdf>.
- Cobos Mora , F., Alcívar Torres , L., Alvarado Barzallo , A., & Obando Quintanilla , M. (2022). ÍNDICES DE CALIDAD EN LA COMERCIALIZACIÓN DEL CACAO (*Theobroma cacao* L.) EN ECUADOR. *Journal of Science and Research*, 7(CININGEC II), 230–248. Recuperado a partir de <https://revistas.utb.edu.ec/index.php/sr/article/view/2749>.
- Cobos Mora, F., Hasang Moran, E., Lombeida García, E., & Medina Litardo, R. (2020). Importancia de los conocimientos tradicionales, recursos genéticos y derechos de propiedad intelectual. *Journal of Science and Research*, 5(CININGEC), 60–78. Recuperado a partir de <https://revistas.utb.edu.ec/index.php/sr/article/view/998>.
- Cobos Mora, F., Gómez Villalva, J., Hasang Moran, E., & Medina Litardo, R. (2020). Sostenibilidad del cultivo del arroz (*Oryza sativa* L.) En la zona de Daule, provincia del Guayas, Ecuador. *Journal of Science and Research*, 5(4), 1–16. Recuperado a partir de <https://revistas.utb.edu.ec/index.php/sr/article/view/692>.
- Escalante, M. y Ureña, F. (2016). Análisis de la producción agrícola exportable de cacao *Theobroma cacao* en el cantón Simón Bolívar de la Provincia del Guayas y su impacto socioeconómico en el periodo 2010 a 2014 (Tesis de grado, Universidad de Guayaquil, Ecuador). <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/19139>.
- Falcao, L. L., Silva, J. O., Vilarinho, R., Da Silva, P., Pomella, W. V. y Marcellino, F. (2014). Antimicrobial and plant growth-promoting properties of the cacao endophyte *Bacillus subtilis* ALB629. *Journal of Applied Microbiology*, 116(6): 1584-1592. <http://10.1111/jam.12485>
- Falconí, C., Oleas, A., Yáñez, R., Páez, T., Rodríguez, R., Cevallos, J.M., García, M., Muñoz, A., Taco, M. y Maisincho, J. (2017). *Boletín Técnico del Proyecto*

- “Estrategias biológicas para el control de la Moniliasis del cacao”. Convenio ESPE – PROMSA, MAG, ORECAO, IQ – CV – 025. EdiEspe. Sangolquí, EC. p. 54.
- Galarza L, Akagi Y, Takao K, Sun Kim C, Maekawa N, Itai A, Peralta E, Santos E, Kodama M. (2015). Characterization of *Trichoderma* species isolated in Ecuador and their antagonistic activities against phytopathogenic fungi from Ecuador and Japan. *J Gen Plant Pathol*, 81(3), 201-210. DOI : 10.1007/s10327-015-0587-x.
- González, E., y Soto, R. (2021). Eficiencia de fungicidas orgánicos para el control de la Moniliasis en el Sector Ramalito de Aucayacu, Leoncio Prado (Huánuco), Perú. Universidad Peruana Unión, Lima: EPEU. <https://repositorio.upeu.edu.pe/handle/20.500.12840/4617>.
- Krauss U, Hidalgo E, Bateman R, Adonijah V, Arroyo C, García J, Crozier J, Brown N, Ten Hoopen GM, Holmes KA. (2010). Improving the formulation and timing of application of endophytic biocontrol and chemical agents against frosty pod rot (*Moniliophthora roreri*) in cocoa (*Theobroma cacao*). *Biological Control*, 54(3), 230-240. <https://researchportal.bath.ac.uk/en/publications/improving-the-formulation-and-timing-of-application-of-endophytic>.
- Lascano, A. (2022). Efecto de un complejo de hongos Antagonistas en el manejo de *Moniliophthora roreri* patógeno del cacao (*Theobroma cacao* L.) CCN-51 (Tesis de grado Magister Sanidad Vegetal, Universidad Agraria del Ecuador). <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/LASCANO%20MONTES%20ARIANA%20CAROLINA.pdf>.
- Liu J, Sui Y, Wisniewski M, Droby S, Liu Y. (2013). Review: Utilization of antagonistic yeasts to manage postharvest fungal diseases of fruit. *International Journal of Food Microbiology*, 167(2), 153-160. doi: 10.1016/j.ijfoodmicro.2013.09.004.
- Macagnan D, Romeiro R, De Souza JT, Pomella A. (2006). Isolation of actinomycetes and endospore-forming bacteria from the cacao pod surface and their antagonistic activity against the witches' broom and black pod pathogens. *Phytoparasitica*, 34(2), 122-132. <https://link.springer.com/article/10.1007/BF02981312>.
- Medeiros FHV, Pomella AWV, De Souza JT, Niella GR, Valler RP, Bateman R, Fravel D, Vinyard B, Hebbar PK. (2010). A novel, integrated method for management of witches' broom disease in Cacao in Bahia, Brazil. *Crop Prot*, 29(7), 704-711. doi:10.1016/j.cropro.2010.02.006
- Mejía LC, Rojas EI, Maynard Z, Van Bael S, Arnold AE, Hebbar P, Samuels GJ, Robbins N, Herre EA. (2008). Endophytic fungi as biocontrol agents of *Theobroma cacao*

- pathogens. *Biol Control*, 46(1), 4-14. [https://www.worldcocoafoundation.org/wp-content/uploads/files\\_mf/mejia2008.pdf](https://www.worldcocoafoundation.org/wp-content/uploads/files_mf/mejia2008.pdf)
- Melnick RL, Suárez C, Bailey BA, Backman PA. (2011). Isolation of endophytic endospore-forming bacteria from *Theobroma cacao* as potential biological control agents of cacao diseases. *Biol Control*, 57(3), 236-245. [https://www.worldcocoafoundation.org/wp-content/uploads/files\\_mf/melnick2011.pdf](https://www.worldcocoafoundation.org/wp-content/uploads/files_mf/melnick2011.pdf).
- Rubini MR, Silva-Ribeiro RT, Pomella AWV, Maki CS, Araújo WL, Dos Santos DR, Azevedo JL. (2005). Diversity of endophytic fungal community of cacao (*Theobroma cacao* L.) and biological control of *Crinipellis pernicioso*, causal agent of Witches' Broom Disease. *Int J Biol Sci*, 1(1), 24-33. doi: 10.7150/ijbs.1.24.
- Samuels GJ, Suárez C, Solis K, Holmes KA, Thomas SE, Ismaiel A, Evans HC. (2006). *Trichoderma theobromicola* and *T. paucisporum*: two new species isolated from cacao in South America. *Mycol Res*, 110, 381-392. doi:10.1016/j.mycres.2006.01.009.
- San-Blas E, Carrillo Z, Parra Y. (2012). Effect of *Xenorhabdus* and *Photorhabdus* bacteria and their exudates on *Moniliophthora roreri*. *Arch Phytopathol Plant Protect*. 45(16), 1950-1967. DOI:10.1080/03235408.2012.718688.
- Sierra, L., Villamil, J., Olarte, Y., Mosquera, M., Fajardo, J., Pinzón, E. y Martínez, W. (2015). Integración de prácticas culturales y control biológico para el manejo de *Moniliophthora roreri* CIF & PAR. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 32(2), 13-25. <https://doi.org/10.22267/rcia.153202.9>.
- Tirado, P., Lopera, A. y Ríos, L. (2016). Estrategias de control de *Moniliophthora roreri* y *Moniliophthora pernicioso* en *Theobroma cacao* L.: Revisión sistemática. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 17(3), 417-430. [https://doi.org/10.21930/rcta.vol17\\_num3\\_art:517](https://doi.org/10.21930/rcta.vol17_num3_art:517).
- Torres de la Cruz, M.; Quevedo-Damián, I.; Ortiz García, C.F.; Lagúnez-Espinoza, L.; Nieto Ángel, D.; M. Pérez-de la Cruz, M. (2019). Control químico de *Moniliophthora roreri* en México. *Biotecnia*, 21(2), 55-61. <https://doi.org/10.18633/biotecnia.v21i2.906>.
- 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>.