



Universidad Tecnológica ECOTEC

Facultad de Ingenierías, Arquitectura y Ciencias de la Naturaleza

Título del trabajo:

Evaluación del impacto de *Moniliophthora roreri* en el desarrollo fenológico del cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) en Ecuador, 2024

Línea de Investigación:

Gestión de los procesos productivos agrícolas

Modalidad de titulación:

Trabajo de integración curricular

Carrera/programa:

Agronomía

Título a obtener:

Ingeniero Agrónomo

Autor (a):

Jerry Alberto Rivera Cordero

Tutor:

José Ibrahin Hernández Rosas, PhD

Samboorondón – Ecuador

2025



ANEXO No. 12

**PROCESO DE TITULACIÓN
CERTIFICADO DE APROBACIÓN DEL TUTOR**

Samborondón 15 de Agosto de 2025

Magíster

Erika Ascencio Jordán

Facultad de Ingenierías, arquitectura y ciencias de la naturaleza

Universidad Tecnológica ECOTEC

De mis consideraciones:

Por medio de la presente comunico a usted que el trabajo de titulación TITULADO: **Evaluación del impacto de *Moniliophthora roreri* en el desarrollo fenológico del cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) en Ecuador, 2024**, fue revisado, siendo su contenido original en su totalidad, así como el cumplimiento de los requerimientos establecidos en la guía para su elaboración, por lo que se autoriza al estudiante: **Jerry Alberto Rivera Cordero**, para que proceda con la presentación oral del mismo.

ATENTAMENTE,



José Ibrahin Hernández Rosas, PhD.
Tutor



ANEXO No. 10

PROCESO DE TITULACIÓN CERTIFICADO DEL PORCENTAJE DE COINCIDENCIAS DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Habiendo sido revisado el trabajo de titulación TITULADO: **Evaluación del impacto de *Moniliophthora roreri* en el desarrollo fenológico del cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) en Ecuador, 2024** elaborado por **Jerry Alberto Rivera Cordero** fue remitido al sistema de coincidencias en todo su contenido el mismo que presentó un porcentaje del (7%) mismo que cumple con el valor aceptado para su presentación que es inferior o igual al 10% sobre el total de hojas del documento. Adicional se adjunta print de pantalla de dicho resultado.

JOSE IBRAHIN HERNANDEZ ROSAS

Ver el resumen del informe

11

Universidad Tecnológica ECOTEC Facultad de Ingenierías, Arquitectura y Ciencias de la Naturaleza

Ⓢ **Título del trabajo:** Evaluación del impacto de *Moniliophthora roreri* en el desarrollo fenológico del cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) en Ecuador, 2024

Línea de Investigación: Gestión de los procesos productivos agrícolas

Modalidad de titulación: Trabajo de Integración curricular

Carrera/programa: Ingeniería Agrónoma

Título a obtener: Ingeniero Agrónomo

Autor (a): Jerry Alberto Rivera Cordero Tutor: José Ibrahim Hernández Rosas, PhD

Samborondón - Ecuador 2025

Resumen

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar el impacto de *Moniliophthora roreri* en el desarrollo fenológico del cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) en Ecuador. Se analizaron los efectos de la infección en distintas fases de desarrollo del fruto, identificando los momentos de mayor vulnerabilidad y su relación con prácticas agronómicas predominantes en las principales zonas productoras del país. La metodología incluyó la observación directa de frutos en diferentes estados fenológicos, registrando la frecuencia y severidad de los síntomas asociados a la moniliasis. Los resultados evidenciaron que las fases más críticas de susceptibilidad se concentran entre los 21 y 60 días después de la floración, periodo en el cual el hongo inicia su colonización de forma latente, dificultando su detección oportuna. Asimismo, se identificó que prácticas como la alta densidad de siembra, el exceso de sombra, el mal drenaje y la falta de manejo sanitario favorecen la proliferación del patógeno. Además, se evaluaron estrategias de manejo integradas, como la remoción de frutos enfermos, la poda sanitaria, el uso de biocontroladores y la implementación de clones tolerantes, las cuales demostraron ser eficaces en la reducción de la incidencia de la enfermedad. Se concluye que una gestión agronómica basada en el conocimiento fenológico del cultivo y en

Documento adj...

JERRY RIVERA.docx

7 %

Fuentes

FUENTES INCLUIDAS

Internet (5) 5 %

Base de datos global (6) 1 %

Publicaciones y diarios académicos (1) 1 %

Archivo de documentos institucionales (1) 0 %

Fuentes principales

Conteo de palabras: 13.541

Enviado el: 09/09/25

UUID de entrega: #17709180-8554-4509-1A0D-65A60000003A

ATENTAMENTE,



Formado el 09/09/2025 a las 15:00:00 por el sistema de validación de documentos

José Ibrahim Hernández Rosas, PhD.
Tutor

RESUMEN

Esta revisión integrativa evalúa el impacto de *Moniliophthora roreri* sobre el desarrollo fenológico del cacao (*Theobroma cacao* L.) en Ecuador, con un enfoque documental centrado en plantaciones de la provincia del Guayas. Se analizaron estudios científicos publicados entre 2007 y 2025 que describen la susceptibilidad del fruto por fases de desarrollo y su relación con prácticas agronómicas que se realizan en el cultivo en las provincias productora. La selección de la literatura consideró criterios de relevancia geográfica, claridad metodológica y disponibilidad de resultados cuantitativos o cualitativos sobre incidencia y manejo de la enfermedad. Los hallazgos muestran que la mayor vulnerabilidad del fruto se presenta entre los 21 y 60 días posteriores a la floración, periodo en el que el hongo coloniza en forma latente y dificulta su detección temprana. Factores como la alta densidad de siembra sin poda, el exceso de sombra y el mal drenaje incrementan la incidencia, favoreciendo microclimas que estimulan la esporulación. En cuanto a manejo, destacan como estrategias más efectivas la remoción oportuna de frutos enfermos, la poda sanitaria para mejorar ventilación y entrada de luz, la aplicación de biocontroladores y el uso de clones tolerantes. Se concluye que alinear las intervenciones agronómicas con las etapas fenológicas de mayor susceptibilidad constituye una medida clave para reducir el impacto de la moniliasis en Ecuador y en contextos agroecológicos similares, contribuyendo a la sostenibilidad productiva y a la calidad del grano.

Palabras clave: *Moniliophthora roreri*, enfermedades del cacao, fenología, manejo integrado, prácticas agronómicas, revisión documental.

ABSTRACT

This integrative review assesses the impact of *Moniliophthora roreri* on the phenological development of cacao (*Theobroma cacao* L.) in Ecuador, focusing on plantations in Guayas province. Studies published between 2007 and 2025 were analyzed, emphasizing fruit susceptibility at different developmental stages and its interaction with common agronomic

practices. Results indicate peak fruit vulnerability occurs 21–60 days post-flowering, when latent fungal colonization hinders early detection. High planting density without pruning, excessive shade, and poor drainage exacerbate disease incidence by promoting microclimates favorable to sporulation. Effective management strategies include timely removal of infected fruits, sanitary pruning to improve ventilation and light penetration, application of biocontrol agents, and cultivation of tolerant clones. Aligning agronomic interventions with the stages of highest susceptibility is a critical strategy to mitigate frosty pod rot in Ecuador and comparable agroecological contexts, enhancing both productivity sustainability and cacao bean quality.

Keywords: *Moniliophthora roreri*, cacao diseases, phenology, integrated management, agronomic practices, literature review.

ÍNDICE

DE TABLAS

ÍNDICE DE FIGURAS

1. INTRODUCCIÓN

El cacao (*Theobroma cacao* L.) es un cultivo de relevancia mundial cuya expansión comenzó en Europa en el siglo XVI y se extendió a África y Asia durante el siglo XIX, impulsada por la demanda de las variedades Criollo, Amelonado y Trinitario (Li et al., 2021). Actualmente, África concentra cerca del 70% de la producción mundial, con Costa de Marfil y Ghana como principales productores, mientras que América Latina y Asia mantienen una participación significativa en el mercado.

La moniliasis, causada por *Moniliophthora roreri*, constituye una de las principales amenazas para el cacao, afectando el desarrollo de las mazorcas durante etapas críticas como floración, cuajado y maduración. La enfermedad provoca necrosis y deformaciones en los frutos juveniles, abortos florales y manchas oscuras en frutos maduros, reduciendo considerablemente la producción y afectando la calidad de la semilla (Krauss, 2022; Jiménez-Zapata, 2023). Su incidencia está favorecida por condiciones microclimáticas de alta humedad y temperaturas cálidas, así como por prácticas agronómicas no optimizadas (Cruz et al., 2022; Reyes et al., 2023).

Históricamente, la moniliasis se documentó por primera vez en Colombia en el siglo XIX, extendiéndose posteriormente a Brasil, Perú, México, Nicaragua y Ecuador, generando pérdidas de hasta el 40% en regiones productoras (Díaz-Valderrama et al., 2020; Antolínez et al., 2020; Aguirre, 2019). Esta problemática ha impulsado investigaciones orientadas al manejo integrado de la enfermedad, el desarrollo de variedades resistentes y el control biológico mediante microorganismos antagonistas (López, 2020; Valenzuela et al., 2020).

A pesar de los avances en la identificación de genes asociados con resistencia y el conocimiento de la fenología del cacao, la infección por *M. roreri* sigue siendo una amenaza latente, principalmente durante la etapa de cuajado de los frutos, requiriendo estrategias de manejo más eficientes y diversificadas (Gavrilova, 2021; Alborez, 2022). La alineación de intervenciones agronómicas con las etapas fenológicas de mayor susceptibilidad constituye un componente clave para mitigar los impactos de la moniliasis y asegurar la sostenibilidad productiva y la calidad del grano en los contextos agroecológicos afectados.

Hoy en día, el cacao es uno de los cultivos más importantes a nivel económico en Ecuador, especialmente el cacao fino de aroma. *M. roreri* causante de la moniliasis ha afectado significativamente las fases de floración y desarrollo del fruto, resultando en deformidades en

las mazorcas que disminuyen la calidad del producto final en esta variedad (Rodríguez Vera, 2020). Esto ha reducido la capacidad del país para competir en los mercados internacionales, afectando a productores y asociaciones locales.

En zonas productoras como Manabí y Esmeraldas, donde se concentra la mayor parte del cultivo de cacao, la enfermedad ha reducido el rendimiento en más del 50%. El Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) ha sido una de las instituciones líderes en la lucha contra la moniliasis en Ecuador, sus investigaciones han demostrado que la infección en la fase de cuajado, detiene el crecimiento del fruto en etapas tempranas, junto con la proliferación de esporas en los frutos más maduros, lo que ha llevado a un enfoque en el mejoramiento genético, además del desarrollo de métodos de control biológico y químico para su manejo (Bolaños et al., 2020).

En años recientes, el gobierno ecuatoriano ha iniciado programas de investigación y apoyo a los agricultores con la finalidad mitigar los efectos de la moniliasis en las plantaciones de cacao. Las inversiones públicas y privadas han priorizado la exploración de soluciones biológicas y la adopción de variedades más resistentes como medida para disminuir la incidencia del hongo en su interacción durante las distintas fases fenológicas del cultivo, lo que ha permitido implementar controles moderadamente efectivos (Jácome et al., 2022).

En la actualidad, se ha puesto especial énfasis en la detección temprana de la enfermedad, explorando tecnologías innovadoras para la identificación precoz de la infección (Alarcón, 2024). Aun así, la evaluación precisa de los síntomas iniciales de la moniliasis y su impacto en las distintas etapas del desarrollo del cacao, continúa siendo un área que requiere mayor investigación. Por lo cual, la presente revisión integrativa busca contribuir a este campo de estudio, con el objetivo dar a conocer el avance en las estrategias de manejo de la enfermedad en el contexto ecuatoriano.

1.1 Planteamiento del Problema

El cacao (*Theobroma cacao* L.), es un cultivo de gran relevancia económica y cultural en países tropicales como Ecuador, donde la variedad fino de aroma es una de las principales exportaciones. Sin embargo, la productividad de este cultivo se ha visto gravemente perjudicada por la moniliasis, una enfermedad causada por el hongo *Moniliophthora roreri*. Este patógeno afecta de manera particular su desarrollo fenológico, alterando el crecimiento de las flores y los frutos, reduciendo significativamente la calidad y cantidad de las mazorcas cosechadas (Díaz-Valderrama et al., 2020).

En Ecuador, la moniliasis ha representado un desafío constante para el sector cacaotero. A lo largo de las décadas, las pérdidas económicas han sido considerables, especialmente en las provincias donde el cultivo de cacao es una fuente principal de ingresos, como Manabí y Esmeraldas. Se estima que la enfermedad ha provocado una reducción del rendimiento mayor al 50% afectando gravemente su rentabilidad local para pequeños y grandes productores (Bolaños et al., 2020).

El hongo *M. roreri* interrumpe el desarrollo fenológico del cultivo de cacao, siendo las etapas más vulnerables, la floración y la fructificación causando necrosis y deformaciones en las mazorcas. Estas afectaciones disminuyen no solo la calidad final del producto, sino también su capacidad para competir en mercados internacionales (Rodríguez Vera, 2020). Por lo que, la problemática de la moniliasis no solo se limita a la producción, sino que también compromete el sustento de los agricultores y el sector cacaotero en general, especialmente en un contexto donde el cacao fino de aroma es un símbolo de identidad nacional y desarrollo económico (Valenzuela et al., 2020).

Actualmente, aunque se han realizado esfuerzos significativos en investigación y mejoramiento genético, las soluciones actuales siguen siendo insuficientes para mitigar completamente los

efectos de la moniliasis, que sigue prosperando bajo condiciones climáticas favorables, como alta humedad y temperaturas cálidas, características del ambiente tropical ecuatoriano (Jiménez-Zapata, 2023).

Dada la importancia del cacao para la economía local y la magnitud de las pérdidas causadas por la moniliasis debido a la falta de una estrategia integral, resulta crucial realizar una revisión precisa de los avances en la comprensión de esta problemática. Por lo tanto, el presente proyecto de titulación busca abordar estas necesidades, evaluando el impacto de *Moniliophthora roreri* en las diferentes etapas del desarrollo fenológico del cultivo de cacao en el contexto ecuatoriano.

1.2 Preguntas de Investigación

1.2.1 Pregunta Problema Global

¿Cómo impacta la *Moniliophthora roreri* en las diferentes etapas fenológicas del cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) en Ecuador y qué estrategias de manejo pueden implementarse para mitigar sus efectos?

1.2.2 Preguntas Específicas

¿Qué fases del ciclo fenológico del cacao son más vulnerables a los efectos de la moniliasis y cuáles son los síntomas más frecuentes en cada etapa?

¿Qué factores ambientales y agrícolas favorecen la proliferación de *Moniliophthora roreri* en las plantaciones de cacao en Ecuador?

1.3 Justificación y Objetivos

1.3.1 Justificación

El cacao es un cultivo de alta importancia para la economía y el bienestar de las comunidades agrícolas en Ecuador. Este país, reconocido mundialmente por su producción de cacao fino de aroma, depende de este cultivo no solo como una fuente significativa de ingresos comerciales, sino también como un medio de sustento para más de 100.000 familias agricultoras (Aguirre Cobos, 2019). Sin embargo, el cacao enfrenta amenazas severas, entre las que destaca la moniliasis, una enfermedad causada por el hongo *Moniliophthora roreri*. Este patógeno afecta de manera crítica el desarrollo fenológico del cacao, causando deformaciones en las mazorcas, aborto floral y necrosis, lo que resulta en pérdidas productivas que pueden superar el 90% en ausencia de un manejo adecuado (Antolinez et al., 2020).

Comprender los mecanismos de infección y resistencia del cacao frente a *M. roreri* es fundamental para optimizar las prácticas agrícolas en regiones tropicales, donde la enfermedad prolifera debido a las condiciones de alta humedad y temperatura. Además, la moniliasis no solo impacta el rendimiento del cultivo, sino que también afecta la competitividad del cacao ecuatoriano en los mercados internacionales, disminuyendo la calidad del producto final y limitando el acceso a oportunidades comerciales. Este contexto resalta la necesidad de profundizar en el conocimiento de los patógenos que afectan al cacao y de desarrollar estrategias efectivas para su control.

Esta investigación busca aportar una revisión crítica sobre las etapas fenológicas más vulnerables del cacao, como la floración y la fructificación, que son severamente impactadas por el hongo. Durante estas etapas, *M. roreri* genera deformaciones, necrosis y pérdida de

frutos, reduciendo significativamente la productividad y calidad del cacao (Rodríguez Vera, 2020). Asimismo, se pretende analizar las estrategias de manejo actualmente disponibles para disminuir la incidencia del hongo y proponer mejoras basadas en la revisión de estudios científicos recientes (Gavrilova, 2021). A pesar de los avances en investigaciones previas, existe una carencia de datos específicos sobre la efectividad de diversos métodos de control, lo que resalta la necesidad de continuar explorando opciones como el manejo integrado, el uso de cultivares resistentes y el control biológico (Alarcón Suárez, 2024).

Por otra parte, este tipo de estudios es vital para mitigar el impacto económico y social de la moniliasis en Ecuador. Además de contribuir al conocimiento técnico sobre el cultivo, la investigación puede ofrecer soluciones prácticas que fortalezcan la sostenibilidad del sector cacaotero y beneficien directamente a los productores. Este esfuerzo no solo garantizará la continuidad de la producción nacional de cacao, sino que también reforzará su posicionamiento en el competitivo mercado internacional.

1.3.2 Hipótesis

La incidencia y severidad de *Moniliophthora roreri* afecta significativamente las diferentes fases fenológicas del cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.), reduciendo el número de flores, frutos, el tamaño de los frutos, y el peso final de las mazorcas en función del grado de infección y daño.

1.3.3 Objetivos

1.3.3.1 Objetivo General

Evaluar el impacto de *Moniliophthora roreri* en las diferentes fases fenológicas del cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) en Ecuador, con el fin de proponer estrategias de manejo que mitiguen los efectos de esta enfermedad en la productividad y calidad del cacao.

1.3.3.2 Objetivos Específicos

Identificar las fases fenológicas del cacao más vulnerables a la moniliasis y describir los síntomas característicos que afectan el desarrollo de las mazorcas.
 Analizar los factores ambientales y agrícolas que favorecen la proliferación de *Moniliophthora roreri* en las principales zonas de producción de cacao en Ecuador.
 Investigar la efectividad de diversas prácticas de manejo en la reducción de la incidencia y severidad de la moniliasis, con base en estudios previos locales en el control de esta enfermedad.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 El Cultivo de Cacao

2.1.1 Origen y Distribución Geográfica

El cacao *Theobroma cacao* L., es una especie nativa de la región neotropical, con un origen ancestral ubicado en la cuenca alta del Amazonas, específicamente en la zona fronteriza entre

Ecuador, Perú, Colombia y Brasil. Evidencias genéticas y arqueológicas han confirmado que los primeros procesos de domesticación del cacao ocurrieron hace más de 5.000 años, en comunidades prehispánicas que ya utilizaban sus semillas con fines alimenticios, medicinales y rituales (Li et al., 2021; Díaz-Valderrama et al., 2020).

Posteriormente, el cacao se dispersó hacia Mesoamérica, donde civilizaciones como los mayas y mexicas lo incorporaron en sus sistemas productivos y estructuras culturales. Durante la colonización europea, el cultivo fue trasladado hacia África y Asia, dando lugar a los principales centros de producción actuales (Evans, 2016). Esta expansión global permitió la diversificación genética del cultivo, aunque también condujo a la homogenización comercial, privilegiando clones de alta productividad sobre materiales tradicionales de valor sensorial.

En la actualidad, la producción mundial de cacao se concentra en tres regiones principales: África Occidental (Costa de Marfil, Ghana, Nigeria y Camerún), América Latina (Ecuador, Brasil, Perú y Colombia) y el sudeste asiático (Indonesia, Filipinas y Malasia). Según Gavriloza (2021), más del 70 % de la producción global proviene del continente africano, aunque América Latina conserva mayor diversidad genética, incluyendo variedades nativas como el cacao “fino de aroma”.

Ecuador se posiciona como uno de los países más importantes en la producción de cacao fino, con una rica diversidad de materiales genéticos criollos y trinitarios. El país cuenta con zonas cacaoteras en la costa (Los Ríos, Manabí, Guayas), la Amazonía (Napo, Sucumbíos) y parte de la Sierra baja. Esta heterogeneidad geográfica ha favorecido el desarrollo de variedades adaptadas a condiciones específicas, aunque también representa desafíos en el manejo fitosanitario (Aguirre Cobos, 2019; Rodríguez-Polanco et al., 2024).

En síntesis, el cacao es una especie con profunda raíz histórica y amplia distribución geográfica, cuyo origen amazónico representa un patrimonio genético valioso para la agricultura tropical. Su expansión mundial ha transformado su cultivo en un sistema productivo estratégico, pero también vulnerable a enfermedades como la moniliasis, que se ha diseminado paralelamente con el propio cultivo.

2.1.2 Importancia Económica y Social en Ecuador

El cultivo de cacao representa uno de los pilares históricos y económicos del agro ecuatoriano. Ecuador ha sido tradicionalmente reconocido como productor de cacao fino de aroma, variedad que aporta notas sensoriales únicas altamente valoradas en los mercados internacionales. Esta distinción ha posicionado al país como líder global en exportaciones de cacao de alta calidad, con participación destacada en programas de origen y denominación de calidad (Aguirre Cobos, 2019; López Cuadra et al., 2020).

Desde el punto de vista económico, el cacao ocupa un lugar estratégico dentro de la balanza comercial agrícola. Según datos de CATIE (2025), el país exporta más de 300.000 toneladas métricas de cacao anualmente, generando ingresos importantes por divisas no petroleras. La producción se concentra principalmente en las provincias de Los Ríos, Manabí, Guayas, Esmeraldas y El Oro, aunque en años recientes se ha expandido hacia la Amazonía ecuatoriana gracias a políticas de reactivación rural.

En el ámbito social, el cacao involucra a más de 100.000 familias agricultoras, muchas de ellas en condiciones de agricultura familiar campesina. El cultivo es una fuente de empleo, cohesión comunitaria y seguridad alimentaria en zonas rurales, contribuyendo al desarrollo local y a la sostenibilidad de medios de vida tradicionales (Alarcón, 2024; López Mejía et al., 2023).

Además, el cacao se ha incorporado en planes de conservación forestal, particularmente en sistemas agroforestales que combinan especies maderables y frutales nativos.

A pesar de su relevancia, el sector enfrenta importantes desafíos productivos y fitosanitarios. Enfermedades como la moniliasis y la escoba de bruja, junto con bajos niveles de tecnificación,

limitan el rendimiento y la calidad. A esto se suma la fluctuación de precios internacionales y la presión de mercados globalizados, lo que demanda una modernización progresiva del sistema productivo (Rodríguez-Polanco et al., 2024; Cuellar et al., 2024).

En resumen, el cacao no solo es una mercancía de exportación para el Ecuador, sino también un cultivo con profundo significado social, cultural y ecológico. Su fortalecimiento implica no solo mejoras técnicas, sino también políticas públicas que reconozcan el papel central de los pequeños productores y la necesidad de un enfoque sostenible en toda la cadena de valor.

2.1.3 Fenología Reproductiva del Cacao

La fenología reproductiva del cacao describe el conjunto de fases que atraviesa la planta desde la floración hasta la maduración del fruto. Esta secuencia fenológica no solo determina el rendimiento del cultivo, sino que también influye en su susceptibilidad a enfermedades, como la moniliasis, que se manifiestan en momentos específicos del desarrollo del fruto (Evans, 2016; CATIE, 2025).

El ciclo reproductivo del cacao inicia con la floración, un proceso continuo en las ramas más viejas del árbol (cojines florales), donde se forman pequeñas flores hermafroditas. Estas estructuras son altamente dependientes de la polinización entomófila, siendo los dípteros del género *Forcipomyia* los principales agentes polinizadores. La tasa de cuajado natural es baja, con menos del 10 % de las flores fecundadas que llegan a formar frutos (Phillips-Mora y Wilkinson, 2007).

La siguiente fase es el cuajado, momento en que el ovario fecundado comienza su transformación en fruto. Esta etapa es crítica, ya que se establece la cantidad de frutos por árbol. El proceso es altamente sensible al estrés hídrico, deficiencias nutricionales o ataques de patógenos, pudiendo resultar en aborto floral o deformaciones iniciales (Bailey et al., 2018).

El *cherelle wilt* es una marchitez fisiológica de frutos jóvenes (“cherelles o frujos jóvenes”) asociada a competencia por fotoasimilados y regulación hormonal, no a infección directa. No debe confundirse con la moniliasis, que implica colonización por *Moniliophthora roreri* y la posterior aparición de lesiones necróticas y esporulación en la superficie del fruto (Bailey et al., 2018).

A partir de allí, se inicia la fructificación, fase de expansión y crecimiento activo del fruto, que puede durar entre 90 y 150 días según la variedad y las condiciones agroclimáticas. Durante este periodo, el fruto incrementa su tamaño, acumula reservas y desarrolla la cáscara. Es también el momento de mayor vulnerabilidad frente a *Moniliophthora roreri*, ya que los tejidos son inmaduros y fisiológicamente expuestos a la colonización fúngica (Pilaloa et al., 2021; Leandro-Muñoz et al., 2017).

Finalmente, se alcanza la fase de maduración, cuando el fruto adquiere su coloración final (amarilla, roja o anaranjada según el tipo genético) y se encuentra fisiológicamente listo para la cosecha. En esta etapa, la cáscara ha desarrollado lignina y mayor resistencia, reduciendo la probabilidad de nuevas infecciones, aunque los síntomas tardíos de infecciones tempranas pueden hacerse visibles (Sánchez et al., 2015; Rodríguez Vera, 2020). La lignificación es la deposición de lignina en las paredes celulares, lo que refuerza mecánicamente los tejidos y dificulta la penetración y el avance del patógeno, reduciendo nuevas infecciones en frutos próximos a la cosecha (Sánchez et al., 2015; Bailey et al., 2018).

La duración y expresión de estas fases fenológicas están determinadas por múltiples factores: la genética del clon cultivado, las condiciones ambientales (temperatura, precipitación, humedad relativa) y el manejo agronómico. Por ello, el conocimiento fenológico no solo es fundamental para optimizar la producción, sino también para diseñar estrategias de manejo fitosanitario eficientes y oportunas.

2.1.4 Sistemas de Cultivo

El cacao puede establecerse bajo distintos sistemas de cultivo, siendo los más comunes el monocultivo intensivo y los sistemas agroforestales tradicionales o tecnificados. La elección de uno u otro sistema influye directamente en la productividad, el manejo agronómico, la sostenibilidad ambiental y la vulnerabilidad del cultivo a enfermedades como la moniliasis (Alarcón, 2024; CATIE, 2025).

2.1.4.1 Monocultivo

El monocultivo se caracteriza por la siembra de cacao en alta densidad, en campos uniformes, generalmente expuestos a pleno sol o con sombra reducida. Este modelo busca maximizar el rendimiento por unidad de área y facilitar las labores de cosecha, poda y control fitosanitario. Sin embargo, presenta limitaciones importantes, como el deterioro del suelo, menor biodiversidad, aumento del estrés hídrico y térmico, y mayor exposición a plagas y enfermedades (Cuellar et al., 2024; Evans, 2016). En el caso de *Moniliophthora roreri*, la alta densidad sin poda adecuada puede favorecer la acumulación de humedad y restringir la ventilación, aumentando la incidencia de la enfermedad.

2.1.4.2 Agroforestal

En contraste, los sistemas agroforestales integran el cacao con especies maderables, frutales u otros cultivos, creando un entorno más diverso y resiliente. Estos sistemas imitan la estructura del bosque natural, ofreciendo múltiples beneficios: conservación de la biodiversidad, regulación hídrica, mejora de la fertilidad del suelo y secuestro de carbono (Rodríguez-Polanco et al., 2024; Valenzuela, et al., 2020). Además, la cobertura arbórea contribuye a la regulación del microclima, lo que puede limitar la expansión de enfermedades en ciertas condiciones, aunque también puede generar zonas excesivamente sombreadas si no se manejan adecuadamente.

Estudios como los de López Mejía et al. (2023) indican que los sistemas agroforestales bien diseñados permiten un equilibrio entre productividad y sanidad vegetal. Sin embargo, su manejo es más complejo, requiere mayor capacitación técnica y puede presentar dificultades logísticas para la cosecha y el monitoreo fitosanitario. A esto se suma la necesidad de coordinar la poda y control de sombra para evitar condiciones predisponentes para patógenos fúngicos. En Ecuador, ambos sistemas coexisten. Las plantaciones tecnificadas de clones como CCN-51 tienden al monocultivo, mientras que las fincas tradicionales con cacao Nacional o Trinitario suelen mantener un enfoque agroforestal. La selección del sistema depende del contexto ecológico, socioeconómico y de los objetivos del productor.

En resumen, mientras el monocultivo ofrece eficiencia operativa, los sistemas agroforestales brindan sostenibilidad ecológica. Un manejo adecuado de cualquiera de los dos sistemas debe considerar la dinámica de enfermedades como la moniliasis, ajustando las prácticas culturales para mitigar los riesgos asociados a cada modelo productivo.

2.2 La Moniliasis del Cacao *Moniliophthora roreri*

2.2.1 Etiología y Taxonomía

La moniliasis del cacao es causada por el hongo *Moniliophthora roreri* (Cif. y Par.), un basidiomiceto hemibiotrófico que afecta exclusivamente al fruto del cacao (*Theobroma cacao*

L.) en zonas de clima tropical húmedo. Este patógeno pertenece al filo Basidiomycota, clase Agaricomycetes, orden Agaricales y familia Marasmiaceae, compartiendo parentesco con otros hongos fitopatógenos relevantes como *Moniliophthora perniciosa*, causante de la escoba de bruja (Bailey et al., 2018; Evans, 2016).

La identificación formal de *M. roreri* fue realizada por Ciferri y Parodi en 1932 a partir de muestras recolectadas en Colombia. Inicialmente fue clasificado en el género *Monilia* y posteriormente reclasificado como *Crinipellis*, hasta que estudios moleculares y filogenéticos confirmaron su inclusión definitiva en el género *Moniliophthora* (Bailey et al., 2018; Hipólito-Romero et al., 2020). Esta reclasificación se sustentó en análisis de ADN ribosomal y características morfológicas, incluyendo la formación de basidios y esporas ornamentadas. El hongo se caracteriza por su modo de vida hemibiotrófico, es decir un ciclo en dos fases, inicia la infección como biotrófico —alimentándose de células vivas sin provocar síntomas visibles— y luego cambia a una fase necrotrófica, destruyendo los tejidos del fruto para completar su ciclo (Phillips-Mora y Wilkinson, 2007). Esta transición patogénica permite a *M. roreri* permanecer latente durante semanas, lo que dificulta su detección y favorece su diseminación silenciosa en el campo.

Desde el punto de vista morfológico, *M. roreri* produce una densa masa de conidios de color blanco cremoso sobre la superficie externa del fruto, los cuales forman estructuras esporulantes que pueden cubrir gran parte de la mazorca en casos severos. Estos conidios son de forma elipsoidal, uninucleados y se dispersan principalmente por viento y salpicaduras de lluvia (Krauss, 2022).

El ciclo de vida del hongo y su especificidad hacia el fruto de cacao lo convierten en un organismo particularmente difícil de erradicar. Además, su variabilidad genética ha sido documentada en distintas regiones productoras, lo que sugiere la existencia de poblaciones diferenciadas con niveles variables de virulencia y adaptación ecológica (Hipólito-Romero et al., 2020).

En resumen, la etiología de *Moniliophthora roreri* se basa en su biología especializada como hemibiotrófico y su estricta afinidad por los tejidos del fruto de cacao. Su clasificación taxonómica ha sido ampliamente revisada a lo largo del tiempo, y su capacidad para establecerse en sistemas agroecológicos diversos sigue representando un reto fitosanitario importante para las regiones cacaoteras de América Latina.

2.2.2 Ciclo de vida del patógeno

El ciclo de vida de *Moniliophthora roreri* presenta un comportamiento hemibiotrófico distintivo, que combina dos fases sucesivas de interacción con el tejido del fruto: una fase biotrófica, durante la cual el hongo invade células vivas sin provocar síntomas aparentes, y una fase necrotrófica, en la que degrada activamente los tejidos infectados, generando daño visible y masiva esporulación (Evans, 2016; Bailey et al., 2018).

La infección se inicia cuando las esporas asexuales (conidios) entran en contacto con la superficie de frutos jóvenes, preferiblemente entre los 15 y 90 días después de la floración. Estas esporas germinan en condiciones de alta humedad relativa y temperatura moderada, y penetran los tejidos a través de estigmas, lenticelas o microheridas (Jiménez-Zapata et al., 2023). El hongo establece su fase biotrófica colonizando el mesocarpio del fruto mediante crecimiento intercelular, sin destruir las paredes celulares ni activar respuestas defensivas evidentes por parte del hospedero (Leandro-Muñoz et al., 2017).

Esta etapa biotrófica puede durar entre 30 y 60 días, dependiendo de factores como la variedad de cacao, la edad del fruto y las condiciones ambientales. Durante este periodo, el patógeno se multiplica de manera silenciosa, acumulando biomasa y posicionándose para la transición a la fase siguiente (Phillips-Mora y Wilkinson, 2007). La dificultad para detectar síntomas en esta

fase complica enormemente el control temprano de la enfermedad, lo que contribuye a su diseminación sin ser percibida por los productores (CATIE, 2025).

La transición a la fase necrotrófica ocurre cuando el hongo activa mecanismos de destrucción celular, liberando enzimas hidrolíticas y compuestos fitotóxicos que desintegran los tejidos del fruto. Este proceso se manifiesta externamente con la aparición de manchas acuosas, jibas (deformaciones), endurecimiento prematuro de la mazorca y, posteriormente, una densa esporulación blanca que recubre la superficie del fruto afectado (Sánchez et al., 2015). El hongo produce millones de conidios por fruto, los cuales son dispersados por viento y lluvia, reiniciando el ciclo en frutos cercanos.

La longevidad del patógeno en su fase necrotrófica y la capacidad de esporular en frutos caídos o momificados en campo contribuyen a mantener poblaciones inóculo durante todo el año, especialmente en zonas donde no se realiza un manejo cultural riguroso (Pilaloa et al., 2021; Cuellar et al., 2024).

En resumen, el ciclo de vida de *M. roreri* combina una fase latente de difícil detección con una fase destructiva de rápida diseminación. Este comportamiento exige estrategias de manejo ajustadas al calendario fenológico del cacao y acciones preventivas que interrumpan el avance del patógeno antes de alcanzar su fase necrotrófica.

2.2.3 Síntomas y mecanismos de infección

La infección por *Moniliophthora roreri* en el cacao se manifiesta exclusivamente en los frutos en desarrollo, y sus síntomas aparecen luego de un período de incubación prolongado que dificulta la detección temprana. Esta particularidad, unida a su capacidad para multiplicarse silenciosamente durante la fase biotrófica, ha convertido a la moniliasis en una de las enfermedades más complejas de gestionar en el cultivo de cacao (Evans, 2016; Phillips-Mora y Wilkinson, 2007).

Durante la primera etapa de la infección, el hongo invade los tejidos del fruto sin producir síntomas visibles. Posteriormente, al iniciar su fase necrotrófica, se activan los mecanismos de destrucción celular, y los primeros signos externos se hacen evidentes en forma de manchas translúcidas, ligeramente deprimidas, que suelen presentarse entre los 40 y 60 días posteriores a la infección (Sánchez et al., 2015). Estas lesiones pueden confundirse inicialmente con daños mecánicos o fisiológicos, lo que retrasa el reconocimiento del patógeno.

Con el avance del proceso, las manchas se tornan de color marrón oscuro y se expanden irregularmente, formando abultamientos o “jibas” que deforman la mazorca. Internamente, se produce necrosis del mesocarpio y colapso de los tejidos, lo que interfiere con el llenado de las semillas y reduce significativamente la calidad del grano (Pilaloa et al., 2021; Rodríguez Vera, 2020). En los casos avanzados, la superficie del fruto es cubierta por una capa blanca o beige de esporas, característica distintiva de la enfermedad.

Los mecanismos de infección de *M. roreri* se basan en la capacidad del hongo para penetrar a través de estructuras naturales del fruto, como los estigmas, lenticelas y poros del pericarpio, o mediante heridas generadas por insectos, ramas u otros factores mecánicos. La germinación de conidios está estrechamente relacionada con la presencia de humedad libre sobre la superficie del fruto, así como con temperaturas entre 24 °C y 28 °C (Bailey et al., 2018; CATIE, 2025).

A nivel bioquímico, el hongo secreta enzimas pectinolíticas, celulasas y ligninasas que degradan progresivamente la pared celular vegetal, facilitando la colonización y el colapso de los tejidos (Hipólito-Romero et al., 2020). Asimismo, estudios recientes han demostrado que *M. roreri* puede modular la expresión de genes del hospedero para evadir sus respuestas defensivas iniciales, prolongando su fase biotrófica sin ser detectado (Jiménez-Zapata et al., 2023; Reyes et al., 2023).

Es importante señalar que no todos los frutos infectados muestran síntomas visibles. Algunos permanecen como frutos asintomáticos o presentan síntomas tardíos, lo que representa un riesgo epidemiológico elevado al actuar como reservorios invisibles del patógeno (Leandro-Muñoz et al., 2017). Esto hace indispensable el monitoreo constante del estado fenológico y sanitario del cultivo, así como la implementación de prácticas de eliminación preventiva. En conjunto, los síntomas visibles de la moniliasis son la expresión final de un proceso complejo de infección fisiológica y bioquímica que se desarrolla por etapas. Comprender estos mecanismos permite diseñar estrategias de control más precisas, orientadas a interrumpir el ciclo patogénico antes de que se produzca la diseminación esporulada.

5.2.4 Impacto en la calidad del grano

Agudelo et al. (2021) mencionan que más allá de la merma en rendimiento, *M. roreri* afecta la calidad del grano: incrementa el porcentaje de granos pizarrosos/ardidos (índice de corte), reduce el rendimiento de grano seco por mazorca y puede alterar parámetros químicos relevantes para el sabor (perfil de polifenoles, precursores de aroma/sabor y contenido de grasa). Estas modificaciones repercuten en la fermentación y secado, comprometen atributos sensoriales (acidez, amargor, astringencia) y, en consecuencia, la valoración comercial del cacao fino de aroma.

2.3 Relación Entre Fenología del Fruto y Susceptibilidad a *Moniliophthora roreri*

2.3.1 Períodos Críticos de Vulnerabilidad Fenológica

La susceptibilidad del cacao a la infección por *Moniliophthora roreri* está directamente relacionada con su estado fenológico, especialmente durante el desarrollo temprano del fruto. Numerosos estudios coinciden en que los primeros 90 días posteriores a la floración constituyen el periodo más crítico de vulnerabilidad, con un pico de infección entre los 21 y 60 días, momento en el cual los tejidos del fruto aún son inmaduros y fisiológicamente menos lignificados (menor lignificación = paredes celulares menos reforzadas y mayor susceptibilidad a la penetración del hongo) (Evans, 2016; CATIE, 2025; Phillips-Mora y Wilkinson, 2007). Durante esta fase, el fruto presenta paredes celulares delgadas, baja acumulación de compuestos fenólicos y escasa respuesta defensiva inducida. Esta condición permite al hongo establecerse de forma silenciosa en su fase biotrófica, sin activar los mecanismos de defensa de la planta (Bailey et al., 2018; Leandro-Muñoz et al., 2017). Posteriormente, al pasar a la fase necrotrófica, el patógeno ya ha colonizado gran parte del mesocarpio, lo que dificulta el control y favorece la diseminación masiva del inóculo. Jiménez-Zapata et al. (2023) demostraron mediante técnicas de qPCR que los frutos recién cuajados pueden albergar esporas viables incluso antes de mostrar síntomas visibles, lo que confirma que la infección ocurre en fases tempranas. Esta información ha sido clave para redefinir los calendarios de monitoreo y establecer momentos óptimos de intervención, particularmente con la aplicación de biocontroladores o la eliminación selectiva de frutos sospechosos.

La edad del fruto, por tanto, se convierte en un predictor epidemiológico esencial. Según Sánchez et al. (2015), frutos de menos de 45 días presentan una tasa de infección significativamente superior a aquellos más cercanos a la maduración, los cuales desarrollan lignificación progresiva de la cáscara y mayor resistencia estructural. Sin embargo, esta resistencia no es absoluta, y las infecciones tardías pueden producir síntomas deformantes o frutos momificados con esporulación activa.

Los periodos críticos también pueden variar según el material genético cultivado. Por ejemplo, en clones como ICS-95 o CCN-51, se ha observado una menor duración de la fase vulnerable debido a un desarrollo acelerado del fruto o una mayor acumulación de lignina en etapas tempranas (Rodríguez-Polanco et al., 2024). Estas diferencias deben ser consideradas al planificar estrategias de manejo integradas.

En conclusión, el periodo de mayor vulnerabilidad fenológica frente a *M. roreri* ocurre durante el crecimiento inicial del fruto, especialmente entre la tercera y octava semana desde la floración. Identificar y actuar sobre esta ventana crítica permite reducir la tasa de infección, mejorar el rendimiento del cultivo y minimizar la presión de inóculo en ciclos sucesivos.

2.3.2 Infección Latente y Fase Asintomática

Una de las características más complejas de la infección por *Moniliophthora roreri* es su capacidad de establecerse en los frutos sin manifestar síntomas visibles durante un periodo prolongado, conocido como fase asintomática o de infección latente. Este comportamiento forma parte de su estrategia hemibiotrófica, en la cual el hongo coloniza el mesocarpio del fruto de cacao de forma silenciosa antes de provocar necrosis o esporulación (Evans, 2016; Bailey et al., 2018).

Durante esta etapa inicial, que puede durar entre 30 y 60 días, el hongo se desarrolla entre las células del tejido vegetal, evitando la activación de mecanismos de defensa de la planta. Leandro-Muñoz et al. (2017) describen que el patógeno se limita al crecimiento intercelular y se mantiene metabólicamente activo, preparando la transición a su fase necrotrófica. Este proceso dificulta su detección por métodos visuales convencionales, lo que representa un gran desafío para el manejo fitosanitario en campo.

La infección latente tiene implicaciones epidemiológicas importantes. Según CATIE (2025), los frutos que aparentan estar sanos pueden ser portadores de la enfermedad, actuando como reservorios invisibles que facilitan la propagación del patógeno en condiciones favorables. Este fenómeno explica la rápida expansión de focos de moniliasis tras periodos de lluvia intensa, cuando múltiples frutos infectados activan su fase necrotrófica casi simultáneamente.

Jiménez-Zapata et al. (2023), mediante técnicas de cuantificación molecular (qPCR), confirmaron la presencia de ADN de *M. roreri* en frutos sin síntomas visibles, demostrando que el hongo puede permanecer viable por varias semanas sin manifestarse. Esta capacidad complica la toma de decisiones agronómicas, ya que los frutos infectados no pueden ser diferenciados visualmente de los sanos hasta que es demasiado tarde para su remoción preventiva.

Otro aspecto relevante es que la duración de la fase latente puede variar según el clon cultivado, el microclima del sistema productivo y la densidad de inóculo presente. Clones de rápido desarrollo, como CCN-51, pueden acortar el periodo de susceptibilidad fenológica y reducir el tiempo disponible para el desarrollo asintomático del hongo (Rodríguez-Polanco et al., 2024). Sin embargo, si las condiciones ambientales son extremadamente húmedas y la presión de esporas es alta, incluso estos clones pueden ser vulnerables.

En síntesis, la infección latente de *M. roreri* es un componente crítico de su éxito como patógeno. Su capacidad para colonizar el fruto sin producir síntomas visibles exige estrategias de monitoreo anticipado y manejo cultural preventivo, como podas, control de sombra, y eliminación sistemática de frutos en estados tempranos de desarrollo.

2.3.3 Efectos Sobre el Desarrollo del Fruto y el Rendimiento

La infección por *Moniliophthora roreri* durante las etapas tempranas del desarrollo del fruto de cacao tiene consecuencias severas tanto en la morfología del fruto como en el rendimiento final

del cultivo. Al tratarse de un patógeno que afecta exclusivamente a las mazorcas en crecimiento, su impacto se concentra en la reducción directa del número de frutos cosechables, la calidad del grano y el porcentaje de pérdida comercial (Evans, 2016; CATIE, 2025).

Uno de los efectos más notorios es la deformación del fruto, conocido como “jibas”, que ocurre cuando el patógeno altera la división celular y el desarrollo del mesocarpio durante su fase necrotrófica. Estas deformaciones no solo afectan la estética comercial de la mazorca, sino que también comprometen la viabilidad de las semillas contenidas en su interior (Sánchez et al., 2015; Rodríguez Vera, 2020). En muchos casos, el fruto detiene su crecimiento y sufre aborto prematuro, especialmente si la infección ocurre en fases tempranas de fructificación.

El daño interno se manifiesta como necrosis generalizada del tejido del pericarpio, endurecimiento de la cáscara, y en ocasiones, pudrición total del fruto. Esto impide la adecuada fermentación del grano, disminuye la proporción de almendra sana por fruto y compromete la calidad organoléptica del cacao (Pilaloe et al., 2021; López Mejía et al., 2023). Además, en casos severos, el grano puede no llegar a formarse completamente, reduciendo el peso neto de la cosecha.

Desde el punto de vista productivo, las pérdidas pueden oscilar entre un 30 % y un 80 % de la producción total, dependiendo del nivel de tecnificación del cultivo y la frecuencia de control aplicado. Estudios realizados por Cuellar et al. (2024) en distintas zonas de Ecuador revelaron que los sistemas sin manejo integrado pueden perder hasta el 70 % de los frutos por ciclo, mientras que fincas con prácticas culturales constantes (poda, limpieza, sombra controlada) pueden reducir la incidencia a menos del 30 %.

Asimismo, la afectación no es homogénea entre clones. Aquellos con mayor desarrollo temprano de lignina o frutos de maduración acelerada muestran menor daño estructural y menor reducción en el rendimiento, lo que los convierte en candidatos prioritarios para programas de manejo y mejoramiento genético (Rodríguez-Polanco et al., 2024; Bolaños Ortega et al., 2020).

En resumen, la infección por *M. roreri* incide negativamente en el rendimiento del cultivo de cacao, tanto en cantidad como en calidad. Su efecto acumulativo puede comprometer la rentabilidad de las fincas y reducir la disponibilidad de grano de alta calidad en mercados especializados. Por ello, una intervención oportuna durante las fases críticas del fruto es esencial para mitigar estas pérdidas.

2.4 Prácticas Agronómicas que Inciden en la Enfermedad

El manejo agronómico del cultivo de cacao influye directamente en la incidencia y severidad de la moniliasis. Diversas prácticas culturales pueden crear condiciones microclimáticas favorables para la germinación de los conidios y el desarrollo de *Moniliophthora roreri*, especialmente aquellas que promueven humedad persistente, baja circulación de aire y acumulación de inóculo en el campo (Solis et al., 2021; Cuellar et al., 2024).

2.4.1 Alta Densidad de Siembra sin Poda

Una de las principales prácticas de riesgo es la alta densidad de siembra sin poda sistemática, la cual favorece la formación de copas densas con poca penetración de luz. Este ambiente sombreado y húmedo reduce la evaporación y favorece el desarrollo del hongo (Troya y Vega, 2024). Cuellar et al. (2024) advierten que este tipo de manejo es común en plantaciones tradicionales, donde no se aplican distanciamientos técnicos ni se realiza poda de formación o mantenimiento.

2.4.2 No Remoción de Frutos Enfermos

Otra práctica crítica es la no eliminación de frutos enfermos, especialmente durante la temporada de lluvias. Estudios de Pilaloe et al. (2021) y Amaya-Márquez et al. (2024) han demostrado que los frutos infectados actúan como reservorios de esporas durante varias semanas, incluso después de que han caído al suelo. Su permanencia en el campo contribuye a un aumento exponencial del inóculo disponible para nuevas infecciones.

2.4.3 Mal Drenaje del Suelo

El mal drenaje del suelo, común en zonas de topografía plana o con alta pluviosidad, también incrementa el riesgo de moniliasis. Cortes y Melissa (2024) señalan que el encharcamiento promueve la germinación de los conidios y prolonga la humedad foliar y superficial, creando un ambiente ideal para la infección. Esta condición, combinada con suelos pesados o compactados, agrava aún más el problema fitosanitario.

2.4.4 Exceso de Sombra y Maleza Trepadora

Asimismo, el exceso de sombra causado por especies acompañantes mal manejadas reduce la aireación del dosel e incrementa la humedad relativa. Según Plasencia-Vázquez et al. (2022), la sombra constante favorece una mayor duración del rocío matinal, prolongando el tiempo de contacto entre esporas y tejidos susceptibles del fruto. Por su parte, el CATIE (2025) señala que, en sistemas agroforestales sin poda de sombra, la incidencia de moniliasis puede duplicarse en comparación con cultivos mejor aireados.

La presencia de malezas trepadoras también es un factor asociado a la proliferación de *M. roreri*. Estas malezas generan un microambiente cerrado, dificultan el monitoreo fitosanitario y obstruyen las labores de cosecha y saneamiento. Investigaciones de Rodríguez-Polanco et al. (2024) y López-Hernández et al. (2018) concluyen que el desmalezado oportuno es esencial para romper el ciclo epidemiológico del hongo.

En resumen, las prácticas agronómicas que alteran el microclima del cultivo, promueven el encharcamiento o impiden la eliminación oportuna de material infectado, son determinantes en el desarrollo de la enfermedad. La implementación de podas estructurales, el manejo de sombra, el control de malezas y el saneamiento periódico del cultivo constituyen medidas preventivas clave para minimizar la incidencia de *M. roreri*.

2.5 Estrategias de Manejo Integrado de la Moniliasis

El control efectivo de *Moniliophthora roreri* requiere un enfoque de manejo integrado de enfermedades (MIPE), que combine prácticas culturales, biológicas, químicas y genéticas para reducir la incidencia y severidad de la moniliasis de forma sostenible y adaptada al contexto local. Este enfoque no busca la erradicación del patógeno, sino su regulación dentro de umbrales que no comprometan la productividad ni la calidad del cultivo (Cuellar et al., 2024; Solís et al., 2021).

2.5.1 Control Cultural

El control cultural constituye la primera línea de defensa contra la moniliasis. Incluye prácticas como la remoción y destrucción periódica de frutos infectados, la cosecha oportuna y el manejo de residuos orgánicos (Pilaloe et al., 2021; López Mejía et al., 2023). Estas acciones evitan la

acumulación de inóculo en el campo y reducen las fuentes de esporulación. Además, la poda de formación, mantenimiento y sombra, así como el mejoramiento del drenaje, contribuyen a modificar el microclima del cultivo, dificultando la germinación de los conidios (CATIE, 2025).

2.5.2 Control Biológico

El control biológico ha ganado protagonismo como alternativa ambientalmente segura. El uso de hongos antagonistas como *Trichoderma harzianum* y bacterias como *Bacillus subtilis* ha mostrado resultados alentadores en ensayos de campo, reduciendo la esporulación de *M. roreri* y promoviendo la colonización competitiva del fruto (Varas, C. et al., 2024; Bernal-Cabrera et al., 2025). No obstante, su eficacia depende de factores como la frecuencia de aplicación, la humedad ambiental y la compatibilidad con otras prácticas de manejo (Solís et al., 2021).

2.5.3 Control Químico

Aunque es menos recomendable como estrategia única, el control químico sigue siendo utilizado, especialmente en cultivos comerciales de alta densidad. Los fungicidas cúpricos y el polisulfuro de calcio han demostrado cierta efectividad cuando se aplican en los momentos críticos del desarrollo del fruto, pero su uso debe limitarse para evitar efectos secundarios sobre el ecosistema y la salud humana (Troya y Vega, 2024; Guerra-Fernández y Herrera-Eguez, 2022). Además, la dependencia excesiva de productos químicos puede generar resistencia en el patógeno y desequilibrios en el microbiota del cultivo.

2.5.4 Mejoramiento Genético y Clones Resistentes

El uso de materiales genéticamente tolerantes o resistentes a *M. roreri* es una de las estrategias más sostenibles a largo plazo. Clones como CCN-51, ICS-95 y FEC-2 han mostrado buena respuesta frente a la enfermedad, tanto en condiciones experimentales como comerciales (Rodríguez, et al., 2024). Estos materiales permiten reducir la presión del patógeno y facilitar el manejo del cultivo, aunque su rendimiento puede variar según las condiciones edafoclimáticas y el tipo de sistema de producción.

2.5.5 Diferenciación por tipos de clones

Los tipos de clones de cacao combaten *Moniliophthora roreri* (moniliasis) principalmente a través de resistencia genética, que se expresa en menor incidencia y severidad de la enfermedad en sus frutos. Por ejemplo, clones como CATIE-R85, CATIE-R32 y CATIE-R81 han demostrado una alta resistencia en pruebas de inoculación artificial, con niveles de infección muy bajos y escasa descomposición interna de las almendras. Su resistencia se debe a características genéticas específicas que activan mecanismos de defensa como el engrosamiento de paredes celulares, producción de compuestos antifúngicos y respuestas de hipersensibilidad que limitan el avance del hongo. Algunos clones como EET-67, EET-183 y UF-273 han sido caracterizados mediante marcadores moleculares (RFLP), lo que ha permitido identificar genes asociados a la resistencia.

2.5.6 Enfoque Multiestratificado y Sostenibilidad

La integración de estas estrategias dentro de un plan multiestratificado permite abordar la enfermedad desde diferentes frentes. La combinación de un cultivo resistente, con buenas prácticas culturales, aplicaciones selectivas de biocontroladores y un monitoreo constante del desarrollo fenológico y del estado fitosanitario del cultivo, constituye una respuesta más eficiente y adaptable frente a *M. roreri*. Además, este enfoque se alinea con los principios de sostenibilidad ambiental, económica y social en sistemas agrícolas tropicales (Alarcón, 2024; Valenzuela, et al., 2020).

3. ALCANCE Y METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Materiales y Métodos

3.1.1 Enfoque de la Investigación

3.1.1.1 Tipo de Investigación

La presente investigación es de tipo documental con un alcance descriptivo, dado que su principal objetivo es analizar y caracterizar el impacto del hongo *Moniliophthora roreri* en las diferentes fases fenológicas del cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) en Ecuador. Este enfoque permite detallar las características y manifestaciones de la enfermedad en cada etapa del desarrollo del cultivo, así como identificar las estrategias de manejo que han sido documentadas en la literatura científica.

Se optó por este método porque resulta más apropiado que un estudio de campo o un enfoque mixto, evitando las limitaciones logísticas, temporales y económicas que implica la recolección de datos primarios. Asimismo, posibilita la comparación crítica de resultados obtenidos en diferentes entornos y periodos, favoreciendo la identificación de patrones generales y vacíos de conocimiento que puedan orientar futuras investigaciones aplicadas.

3.1.1.2 Diseño de Investigación

El diseño metodológico es no experimental dado que corresponde a una revisión integrativa de literatura científica, centrada en la recopilación, organización y análisis crítico de información relevante sobre el impacto de *M. roreri* en el cultivo de cacao. Este enfoque busca consolidar los hallazgos más importantes sobre el tema para proporcionar un panorama claro y fundamentado, sin necesidad de realizar trabajo práctico de campo.

El análisis de la información se realizó mediante una síntesis temática y comparativa, identificando coincidencias, diferencias y tendencias entre los estudios seleccionados. Se agruparon los hallazgos según fases fenológicas, factores predisponentes y estrategias de manejo, evaluando la solidez de la evidencia en función del diseño metodológico y la calidad de las fuentes. Esta metodología permitió integrar los resultados de distintas investigaciones para obtener conclusiones fundamentadas y coherentes con los objetivos del estudio (Tabla 1).

Tabla . Proceso metodológico de la revisión integrativa sobre *M. roreri* en cacao.

<i>Etapas del proceso metodológico</i>	<i>Descripción</i>
--	--------------------

Búsqueda bibliográfica	Se consultaron bases de datos académicas (Scopus, Web of Science, Google Scholar) y repositorios institucionales (MAG, INIAP, CATIE), utilizando combinaciones booleanas de palabras clave en español e inglés: <i>Moniliophthora roreri</i> , cacao, fenología, manejo agronómico, “fruit stages”, “cherelle wilt”. La búsqueda inicial arrojó 85 documentos entre artículos científicos, tesis, manuales y reportes institucionales.
Criterios de inclusión	Se seleccionaron 29 documentos para el análisis final considerando: relevancia temática (relación directa con <i>M. roreri</i> y fenología del cacao), periodo de publicación (2007–2025), localización geográfica (Ecuador o países con condiciones agroclimáticas similares) e idioma (español o inglés) y rigor académico.
Criterios de exclusión	Se excluyeron estudios sin datos verificables, reportes sin metodología, duplicados o no relacionados con fenología o manejo de moniliasis.
Síntesis de información	Organización de datos en una matriz comparativa que incluye: autor, año, ubicación, clon de cacao, fase fenológica, ventana crítica, factores predisponentes y estrategias de manejo evaluadas. El análisis se realizó mediante síntesis temática y comparativa, identificando coincidencias, diferencias y tendencias entre los estudios, evaluando la solidez de la evidencia en función de la calidad metodológica de las fuentes.

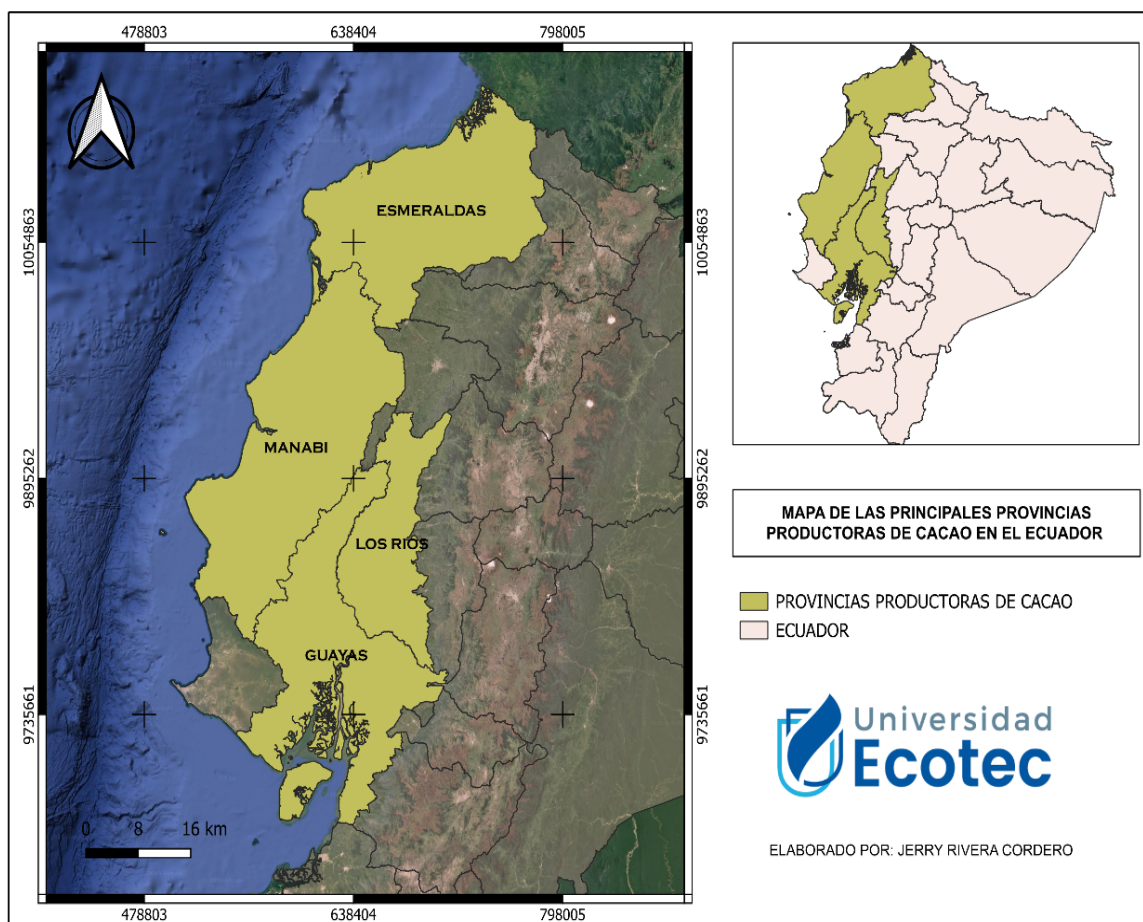
Fuente: Elaboración propia (2025).

3.1.2 Delimitación de la Investigación

3.1.2.1 Delimitación Espacial

De acuerdo a los datos del Instituto Nacional de Estadística y Censos (2023), Ecuador cuenta con aproximadamente 609.750 hectáreas dedicadas al cultivo de cacao, concentradas principalmente en las provincias de Los Ríos (1), Guayas (2), Manabí (3), Esmeraldas (4) y Santo Domingo. Este estudio se enfoca en el cantón Naranjal (provincia del Guayas), región reconocida por su aporte a la producción cacaotera nacional y por registrar condiciones agroclimáticas propicias para el desarrollo de *M. roreri* (Figura 1).

Figura 1.



*Ubicación de las áreas de impacto de *M. royeri* sobre cacao en Ecuador.*

Fuente: Elaboración propia (2025)

3.1.2.2 Delimitación Temporal

La investigación se llevará a cabo en un periodo de cuatro meses, correspondiente al primer semestre del año 2025, específicamente entre los meses de mayo y agosto. Este tiempo será destinado a la recopilación, análisis y síntesis de la información científica relevante, garantizando que el proceso sea riguroso y suficiente para cumplir con los objetivos planteados.

3.1.2.3 Delimitación Poblacional

Según la Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (ESPAC) 2023 del Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), Ecuador cuenta con aproximadamente 609.750 hectáreas dedicadas al cultivo de cacao, concentradas principalmente en las provincias de Los Ríos, Guayas y Manabí. Aunque el INEC no proporciona un número exacto de productores de cacao, se estima que alrededor de 100.000 familias dependen directamente de este cultivo para su sustento (Instituto Nacional de Estadística y Censos, 2014).

3.1.3 Variables

3.1.3.1 Variable Independiente

Infección por *Moniliophthora roreri* en distintas fases fenológicas del fruto de cacao.

3.1.3.2 Variable Dependiente

Afectación del desarrollo fenológico del fruto de cacao según el estadio de infección por *M. roreri*.

3.1.3.3 Cronograma de Actividades

Figura 2.
Cronograma de Actividades

					MAYO				JUNIO				JULIO				AGOSTO			
					1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
OBJETIVO 1	Identificar las fases fenológicas del cacao más vulnerables a la moniliasis y describir los síntomas																			
Búsqueda y recopilación de información (Publicaciones relacionadas con las fases fenológicas del cacao y los síntomas de la moniliasis)		100%	1-5-25	16-5-25																
Identificar y categorizar las fases fenológicas con mayor incidencia de moniliasis (floración, cuajado, fructificación, y maduración)		100%	17-5-25	5-6-25																
Procesamiento de datos obtenidos en la búsqueda bibliográfica		100%	6-6-25	1-7-25																
Análisis de la información (interpretar y determinar cuáles fases fenológicas son más vulnerables)		100%	2-7-25	13-7-25																
Validación y redacción de los resultados del objetivo 1		100%	14-7-25	2-8-25																
OBJETIVO 2	Analizar las prácticas agronómicas que favorecen la proliferación de <i>M. royeri</i>																			
Identificación de las principales zonas de producción de cacao (Los Ríos, Manabí, Guayas, Esmeraldas)		100%	8-5-25	31-5-25																
Revisión bibliográfica sobre las prácticas agrícolas que pueden influir en el desarrollo de <i>M. royeri</i> (Métodos de siembra y densidad, Técnicas de poda y manejo de la sombra)		100%	1-6-25	14-6-25																
Procesamiento de datos obtenidos en la búsqueda bibliográfica		100%	15-6-25	6-7-25																
Análisis de la información (interpretar y determinar cuáles prácticas agronómicas tienen mayor impacto en la proliferación del hongo)		100%	7-7-25	26-7-25																
Validación y redacción de los resultados del objetivo 2		100%	27-7-25	8-8-25																
OBJETIVO 3	Investigar la efectividad de diversas prácticas de manejo en la reducción de la incidencia y severidad																			
Identificación de las prácticas de manejo existentes (Métodos culturales, químicos, biológicos, uso de variedades resistentes o tolerantes)		100%	1-5-25	16-5-25																
Revisión bibliográfica de las estrategias más efectivas (Reducción de la incidencia del hongo, reducción de la severidad de necrosis, deformaciones, aborto floral)		100%	17-5-25	14-6-25																
Procesamiento de datos obtenidos en la búsqueda bibliográfica		100%	15-6-25	5-7-25																
Análisis de la información (interpretar y determinar cuáles prácticas agronómicas tienen mayor impacto en la proliferación del hongo)		100%	6-7-25	19-7-25																
Validación y redacción de los resultados del objetivo 3		100%	20-7-25	2-8-25																
REVISIÓN DE TESIS Y ADAPTACIONES O CORRECCIONES FINALES			8-8-25	28-8-25																

Fuente: Elaboración propia (2025).

4. ANALISIS DE LOS RESULTADOS

4.1 Resultados

En la Tabla 2 se detallan los tipos de fuentes consultadas durante la elaboración de este trabajo, las cuales sirvieron como base documental para analizar las etapas fenológicas del cacao más propensas a la infección por *M. royeri*.

Tabla . Documentos revisados para el desarrollo de la tesina

N.º	Tipo de documento	Cantidad consultada	Rango de años	Localidad/Enfoque geográfico
1	Artículos científicos	16	2007–2025	Ecuador, América Latina, Global
2	Tesis de grado/maestría	5	2013–2024	Ecuador
3	Libros técnicos/manuales	2	2015–2022	Ecuador, Colombia, México
4	Documentos institucionales	3	2021–2025	Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE)
5	Páginas web y repositorios	3	2016–2024	Repositorios científicos y académicos

Fuente: Elaboración propia (2025).

Las principales fuentes consultadas para esta investigación, predominando los artículos científicos (2007–2025) que abordan el impacto de *M. royeri* en el cultivo de cacao a nivel nacional y regional. También se revisaron tesis, manuales técnicos, y páginas institucionales que aportan información sobre fases fenológicas, síntomas de la enfermedad y prácticas de manejo, permitiendo construir una base sólida para el análisis desarrollado en esta tesina. Los documentos incluidos en este análisis fueron seleccionados en función de su relevancia directa con los objetivos de la investigación, priorizando estudios que describieran la susceptibilidad del cacao a *M. royeri* por fases fenológicas y/o evaluaran estrategias de manejo en contextos agroclimáticos similares al de Ecuador. Se consideró además la claridad metodológica, la disponibilidad de resultados verificables y la pertinencia geográfica y temporal. La Figura 3 muestra la tendencia de publicaciones científicas y técnicas relacionadas con *M. royeri* y el manejo del cacao entre los años 2007 y 2025.

Figura 3.

Tendencia de publicaciones a lo largo del tiempo

Fuente: Elaboración propia (2025).

El gráfico revela que en los últimos cinco años ha aumentado la producción de literatura sobre *M. royeri*, destacándose los años 2022 y 2024 con el mayor número de publicaciones.

4.1.1 Identificar las fases fenológicas del cacao más vulnerables a la moniliasis

El ciclo reproductivo del cacao abarca cerca de 165 días, desde la aparición de la yema floral hasta la madurez fisiológica del fruto. Durante este periodo, se han identificado fases críticas de vulnerabilidad a la infección por *Moniliophthora royeri*.

Phillips & Wilkinson (2007) describen que la fase más crítica para la infección ocurre en los primeros 90 días de desarrollo del fruto, especialmente en condiciones de alta humedad y temperatura tropical.

López, et al. (2013) mencionan que los frutos de cacao entre uno y tres meses de edad fueron los más susceptibles a la infección por *M. royeri*, manifestando síntomas como deformaciones, manchas necróticas y formación de estroma esporulante, con un daño interno severo de hasta el 100 %.

Evans (2016) indica que la moniliasis afecta principalmente a los frutos de cacao en sus primeras etapas de desarrollo, especialmente durante los primeros tres meses, cuando los tejidos meristemáticos son más susceptibles a la infección. En esta fase, el hongo *M. royeri* invade silenciosamente los tejidos sin mostrar síntomas visibles, lo que compromete el desarrollo de las mazorcas y genera pérdidas significativas en la cosecha.

Sánchez, et al. (2015) mencionan que los frutos jóvenes son especialmente sensibles durante las primeras 4 semanas tras la fructificación inicial describiendo síntomas tempranos como protuberancias cloróticas, deformaciones y necrosis progresiva desde el interior del fruto.

Hernández, et al. (2018) mencionan que los frutos de cacao menores de dos meses son los más susceptibles a la infección por *M. royeri*, presentando deformaciones y necrosis temprana. A medida que maduran, desarrollan cierta tolerancia, aunque la infección puede mantenerse latente. Esta fase temprana es crítica para el desarrollo y control de la enfermedad.

Bailey et al. (2018) señalan que los frutos jóvenes, particularmente aquellos con menos de un mes, son los más susceptibles a la infección por *M. royeri*, presentando malformaciones externas e internas durante la prolongada fase biotrófica de 45–90 días.

Leandro, et al. (2017) mencionan que las etapas más vulnerables del cacao a la infección por *M. royeri* ocurren durante el desarrollo temprano del fruto (1–2 meses de edad), con mayor probabilidad de aparición de síntomas entre los 40 y 50 días después del brote y de esporulación entre los 60 y 70 días.

Flores, et al. (2022) destacan que las primeras cuatro semanas tras el amarre del fruto constituyen el período crítico de vulnerabilidad frente a la moniliasis. El hongo *M. royeri* puede estar presente desde la fecundación, afectando severamente el desarrollo de las mazorcas y reduciendo la productividad.

Mccarthy (2023) describe que la etapa más vulnerable del cacao a *M. royeri* es la fase de cherelle o fruto joven, con tasas de infección del 86 % en sistemas agroforestales y 70 % en monocultivos. Esta susceptibilidad se relaciona con la inmadurez del tejido, condiciones de alta humedad y la ocurrencia de cherelle wilt, que predispone al fruto a infecciones fúngicas.

Troya & Vega (2024) describen que la moniliasis afecta principalmente desde la floración hasta el período comprendido entre el primer y el tercer mes de desarrollo del fruto, etapa en que las mazorcas presentan alta susceptibilidad a la infección. La enfermedad avanza internamente incluso sin síntomas externos visibles, agravándose bajo condiciones de alta humedad y un manejo agronómico deficiente.

Rodríguez, et al. (2024) señalan que la moniliasis afecta principalmente las mazorcas de cacao en sus fases tempranas, especialmente durante los primeros tres meses tras la fecundación, cuando los frutos son más susceptibles a la infección.

El Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza Costa Rica (CATIE, 2025) refiere que la fase más vulnerable del cacao a la moniliasis ocurre entre las 2 y 3 semanas después del amarre, cuando los frutos jóvenes pueden ser infectados fácilmente por *M. roreri*, lo que interrumpe su desarrollo, comprometiendo su viabilidad y provocando pérdidas de hasta el 80 % en la producción si no se aplican medidas fitosanitarias adecuadas.

A continuación, se presenta en la tabla 3 las fases fenológicas más vulnerables a *M. roreri* en el cultivo de Cacao, en base a estudios realizados por diferentes autores.

Tabla .

Fases fenológicas más vulnerables a la moniliasis

Fase fenológica	Síntomas reportados	Momento de aparición	Porcentaje afectado	Autores
Floración	Contaminación del ovario con conidios de <i>M. roreri</i>	No especificado	No especificado	(Flores et al., 2022)
Fructificación	Infección intercelular asintomática	< 2 o 3 meses (0–90 días)	No especificado	(Phillips-Mora y Wilkinson, 2007)
	Deformaciones, necrosis, formación de estroma y daño interno severo	< 3 meses (0–90 días)	60 % y 100 % en condiciones favorables	(López-Báez et al., 2013)

Tabla 3. Continuación

Fructificación	Hinchazón excesiva, deformación, necrosis interna temprana, fallo en el desarrollo de las semillas	< 2 meses (0–60 días)	100 % en condiciones ideales	(Evans, 2016)
	Infección interna asintomática; síntomas iniciales como abultamientos o manchas amarillas	< 1 o 2 meses (30–60 días)	No especificado	(Leandro-Muñoz et al., 2017)
	Deformaciones (“jibas”), infección latente, muerte del fruto antes de madurar	< 2 meses (0–60 días)	No especificado	(Hernández-Gómez et al., 2018)
	Infección asintomática (fase biotrófica), luego necrosis, esporulación, deformaciones externas	30 – 90 días	60–100 % en condiciones favorables	(Bailey et al., 2018)
	Necrosis en ápice y	3 ^a a 4 ^a	33–40 %	(Sánchez et

pedúnculo	semana (21–28 días)		al., 2015)
Aborto temprano, desarrollo detenido	30 a 60 días	60–80 %	(Flores et al., 2022)
Infección por <i>Moniliophthora roreri</i> , marchitez, necrosis inicial	< 3 meses (0–90 días)	86 % – 70 %	(Mccarthy, 2023)
Deformaciones seguido de necrosis	< 30 días	No especificado	(Troya y Vega, 2024)
Deformaciones o sobrecrecimientos, gibas o jorobas	< 3 meses (0–90 días)	60 – 80 %	(Rodríguez et al., 2024)
Deformaciones, crecimiento detenido	< 3 semanas (0–21 días)	80 %	(CATIE, 2025)

Fuente: Elaboración propia (2025).

En cuanto al material genético, se observaron diferencias reportadas en la duración y severidad de la fase susceptible. Clones como CCN-51 e ICS-95 muestran un acortamiento de la ventana crítica debido a un desarrollo más rápido del fruto y una lignificación temprana de la cáscara, lo que reduce la probabilidad de colonización prolongada por *M. roreri* (Rodríguez-Polanco et al., 2024; CATIE, 2025). En contraste, materiales como Nacional o Trinitario mantienen tejidos más tiernos durante periodos más extensos, prolongando su vulnerabilidad, situación que ha sido documentada en evaluaciones de campo en Ecuador (Bolaños Ortega et al., 2020). Estas variaciones genéticas influyen directamente en la planificación de podas, aplicaciones de biocontrol y otras intervenciones fitosanitarias.

La Figura 4 presenta los rangos de días desde la floración en los que diferentes autores reportan mayor vulnerabilidad del fruto de cacao a la infección por *M. roreri*. Cada barra representa el periodo crítico documentado por cada estudio.

Figura 4.

Línea temporal de susceptibilidad a M. roreri en cacao –Fructificación

Fuente: Elaboración propia (2025).

La selección correcta de los clones a cultivar permite no solo una buena productividad y calidad sensorial, sino también una tolerancia natural al hongo, reduciendo la necesidad de fungicidas y mejorando la sostenibilidad del cultivo. Los clones de cacao CCN-51, ICS-95 y FEC-2, cuando se cultivan juntos o se comparan en campo, pueden interactuar en términos de competencia por nutrientes, sincronización de floración y manejo fitosanitario, lo que influye en su rendimiento y respuesta al estrés. En Ecuador, esta estrategia es clave para mantener la producción en zonas endémicas de moniliasis, especialmente en regiones como Guayas y Los Ríos, donde la presión del patógeno es alta.

La mayoría de los estudios coinciden en que el cacao es más susceptible a la moniliasis durante los primeros 90 días tras la floración, siendo el intervalo más crítico entre los 21 y 60

días. Esta etapa coincide con el desarrollo temprano del fruto, cuando los tejidos aún son inmaduros y fácilmente invadidos por el hongo.

4.1.2 Analizar las prácticas agronómicas que favorecen la proliferación de *Moniliophthora roreri* en las principales zonas de producción de cacao en Ecuador

Diversos estudios coinciden en que determinadas prácticas agronómicas están asociadas a un mayor riesgo de proliferación de *M. roreri* en el cultivo de cacao. La alta densidad de siembra sin prácticas de poda ha sido vinculada con ambientes de alta humedad y poca luz, lo que se traduce en copas densas y persistencia de frutos infectados (Cuellar et al., 2024; Troya y Vega, 2024)

La no eliminación de frutos enfermos durante periodos de lluvias frecuentes se ha relacionado con niveles muy altos de incidencia, debido a que estos frutos pueden esporular durante varios meses (Amaya, et al., 2024; Pilaloe, et al., 2021). Asimismo, el mal drenaje del suelo, que conduce a encharcamientos persistentes, se reporta como un factor que favorece la germinación de conidios del hongo (Cortes & Melissa, 2024; Solis et al., 2021).

Se ha documentado que el exceso de sombra genera una baja circulación de aire y mayor retención de humedad en el dosel, lo cual incrementa la vulnerabilidad del cultivo (CATIE, 2025; Plasencia, et al., 2022). Finalmente, la presencia de malezas trepadoras ha sido señalada como una condición que crea ambientes cerrados y húmedos, dificultando la ventilación y elevando el riesgo de incidencia (López, et al., 2018; Plasencia-Vázquez et al., 2022).

Finalmente, la presencia de malezas trepadoras se vincula con un ambiente cerrado y húmedo que dificulta la ventilación y propicia el incremento de la humedad interna del cultivo (López, et al., 2018; Rodríguez, et al., 2024).

En la tabla 4 se resumen las principales prácticas agrícolas que promueven condiciones favorables para la propagación de *M. roreri*, con base en estudios realizados en las zonas cacaoteras del país.

Tabla .

Prácticas agronómicas que favorecen la proliferación de M. roreri

<i>Práctica agronómica</i>	<i>Condición climática</i>	<i>Riesgo de incidencia</i>	<i>Evidencia de proliferación</i>	<i>Autores</i>
Alta densidad sin podas	Alta humedad y poca luz	Alto	Copas densas, alta humedad, frutos infectados persistentes	(Troya & Vega, 2024) (Cuellar et al., 2024)
No eliminación de frutos infectados	Lluvias frecuentes	Muy alto	Frutos enfermos esporulan por meses	(Pilaloe et al., 2021) (Amaya et al., 2024)

Mal drenaje del suelo	Encharcamiento persistente	Alto	Ambiente favorable a germinación de conidios	(Solis et al., 2021) (Cortes & Melissa, 2024)
Exceso de sombra	Baja circulación de aire	Alto	Disminución de luz, incremento de humedad	(Plasencia et al. 2022) (CATIE, 2025)
Presencia de malezas trepadoras	Ambiente cerrado y húmedo	Medio	Impiden ventilación y elevan humedad	(López et al. 2023) (Rodríguez et al. 2024)

Fuente: Elaboración propia (2025).

La Figura 5 muestra visualmente cómo distintas prácticas influyen en la susceptibilidad del cacao frente a enfermedades como la moniliasis.

Figura 5.

Nivel de Riesgo por práctica Agronómica

Fuente: Elaboración propia (2025).

La figura muestra que las prácticas agronómicas con mayor nivel de riesgo para el cacao frente a la moniliasis son la falta de eliminación de frutos enfermos, el exceso de densidad sin poda y el mal drenaje. Estas condiciones favorecen un microclima húmedo ideal para la esporulación y diseminación del hongo.

4.1.3 Investigar la efectividad de diversas prácticas de manejo en la reducción de la incidencia y severidad de la monianaliasis

La estrategia de manejo de la moniliasis debe integrar diversas prácticas, destacándose tres enfoques principales: cultural, biológico y genético. Cuellar et al. (2024) concluyen que las prácticas culturales son las más accesibles y efectivas para pequeños productores, mientras que el manejo biológico y el uso de variedades resistentes ofrecen beneficios a mediano y largo plazo.

El control cultural destaca por su bajo costo y eficacia inmediata, especialmente la remoción de frutos infectados antes de que se conviertan en fuentes de inóculo. Por su parte, el control

biológico con *Trichoderma* spp. ha mostrado buenos resultados en condiciones de campo, aunque su costo limita su adopción masiva. Finalmente, el mejoramiento genético ha demostrado ser una estrategia sostenible en el tiempo, al conferir resistencia permanente en cultivares comerciales como CCN-51 y CATIE-R6.

En la tabla 5 se resumen las principales prácticas agrícolas que promueven condiciones favorables para la propagación de *M. roreri*, con base en estudios realizados en las zonas cacaoteras del país.

Tabla . Efectividad de diversas prácticas de manejo de *M. roreri*

Método	Práctica	Efectividad	Autor
Cultural	Remoción de frutos afectados	Alta	(Cuellar et al., 2024)
	Manejo de residuos	Alta	(López et al., 2023) (Agudelo et al., 2021)
	Cosecha oportuna de frutos maduros	Alta	(Solis et al., 2021)
Biológico	<i>Trichoderma</i> spp.	Alta	(Varas Carvajal et al., 2024) (Pilaloe et al., 2021)
	<i>Bacillus</i> sp.	Media	(Bernal-Cabrera et al., 2025)
Químico	Fungicidas cúpricos	Alta/Media	(Solis et al., 2021) (Troya y Vega, 2024)
	Cal agrícola	Media	(Guerra-Fernández et al. 2022)
Genético	Clones resistentes (ICS-95, CCN-51, FEC-2)	Alta	(Rodríguez-Polanco et al., 2024)

Fuente: Elaboración propia (2025).

La figura 3 presenta efectividad de los métodos de manejo de *M. roreri* en la reducción de la incidencia y severidad de la moniliasis.

Figura 6.

Efectividad de los métodos de manejo de M. roreri

Fuente: Elaboración propia (2025).

El gráfico compara la eficacia de diferentes estrategias para controlar la moniliasis del cacao. Se observa que el enfoque genético, mediante el uso de clones resistentes, es el más eficiente, mientras que el método químico muestra la menor efectividad, destacando la necesidad de alternativas más sostenibles.

5. DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos confirman que las fases fenológicas más vulnerables del cacao a la infección por *Moniliophthora roreri* se concentran durante los primeros 90 días de fructificación, con un mayor riesgo entre los 21 y 60 días tras la floración. Esta coincidencia con diversos estudios (Phillips, y Wilkinson, 2007; Evans, 2016; CATIE, 2025) respalda la hipótesis de que los tejidos inmaduros de las mazorcas jóvenes ofrecen condiciones favorables para la colonización silenciosa del hongo, especialmente bajo regímenes de alta humedad. Investigaciones más recientes, como las de Bailey et al. (2018), complementan esta perspectiva señalando que la fase biotrófica prolongada de *M. roreri* permite que el patógeno se establezca sin activar defensas tempranas en el fruto, lo que incrementa la dificultad de detección y control inicial.

Además, el análisis de prácticas agronómicas reveló que factores como la alta densidad de siembra sin poda, el exceso de sombra y el mal drenaje inciden directamente en el microclima del cultivo, elevando la humedad relativa y favoreciendo la germinación y dispersión de conidios. Este patrón ha sido consistentemente reportado en investigaciones locales (Cuellar et al., 2024; Solis, et al., 2021), pero también ha sido confirmado por estudios como los de Plasencia, et al. (2022), quienes observaron que la humedad retenida en copas densas y mal aireadas es un factor determinante en la expansión de la moniliasis bajo escenarios de cambio climático.

De manera complementaria, estudios en regiones húmedas del Ecuador han reportado que la combinación de sombras excesivas y acumulación de residuos sin descomposición adecuada genera focos latentes de infección por *M. roreri* (López, et al., 2023; CATIE, 2025). Esto subraya que las condiciones físicas del cultivo, más allá del manejo puntual, tienen un rol estructural en la epidemiología de la enfermedad.

Respecto a las estrategias de manejo, se evidenció que las prácticas culturales —como la remoción oportuna de frutos enfermos y la limpieza de residuos— representan herramientas de bajo costo y alta efectividad para productores de pequeña escala. Estos resultados coinciden con las conclusiones de Pilaloe et al. (2021) y Cuellar et al. (2024), quienes indican que las estrategias de manejo integrado que combinan control cultural y biológico pueden reducir significativamente la incidencia de enfermedades sin recurrir exclusivamente al uso de agroquímicos.

La inclusión de biocontroladores como *Trichoderma* spp. o *Bacillus subtilis* ha mostrado resultados promisorios (Varas et al., 2024; Bernal et al., 2025), aunque estudios como los de Solis et al. (2021) advierten que la efectividad del biocontrol depende fuertemente de factores como la humedad, frecuencia de aplicación y compatibilidad con otras prácticas culturales. Estos aspectos deben ser evaluados cuidadosamente para garantizar su aplicabilidad a largo plazo.

En cuanto al control genético, se confirma que el uso de clones tolerantes, como CCN-51 o ICS-95, representa una de las estrategias más sostenibles y de mayor impacto. Sin embargo, trabajos como los de Rodríguez, et al. (2024) advierten que la resistencia genética no es absoluta y puede verse afectada si no se acompaña de prácticas fitosanitarias adecuadas. Por

ello, su implementación debe integrarse dentro de un enfoque multiestratificado, acompañado de monitoreo sanitario constante.

Para Cuellar (2024) el cultivo de cacao se ha extendido por regiones pantropicales y representa el sustento de más de seis millones de agricultores en naciones en vías de desarrollo. Su introducción en zonas alejadas de su lugar de origen ha generado diversos desafíos, entre ellos una mayor necesidad de fuerza laboral particularmente acentuada durante la época colonial, así como la propagación de plagas y enfermedades que afectan su producción. En el estudio de Alarcón (2024) se manifiesta la importancia del continuo mejoramiento genético como estrategia para incrementar la productividad, calidad y resistencia del cacao frente a enfermedades y plagas, consiguiendo condiciones ambientales óptimas. Ambos autores evidencian que el cultivo de cacao enfrenta desafíos históricos y contemporáneos que requieren soluciones integrales.

En suma, esta investigación reafirma que la vulnerabilidad del cacao frente a *M. roreri* no puede ser abordada de manera aislada. Es necesaria una visión integral que combine el entendimiento de la fenología del fruto, la modificación del microclima, y la aplicación de tecnologías apropiadas al contexto productivo. La inclusión de fuentes recientes y contrastantes demuestra que, aunque los fundamentos del manejo de la moniliasis están bien establecidos, aún existen desafíos relacionados con su implementación efectiva, sobre todo en contextos de cambio climático, presión del mercado y limitaciones tecnológicas de los agricultores.

6. CONCLUSIONES

En base a los resultados de la exploración de información sobre el cacao, se concluye que los frutos de cacao presentan su mayor vulnerabilidad a la infección por *Moniliophthora roreri* durante los primeros 90 días posteriores a la floración, con un periodo crítico comprendido entre los 21 y 60 días. Esta etapa coincide con el desarrollo temprano del fruto, cuando los tejidos son aún inmaduros y propensos a la colonización del patógeno. La evidencia recopilada confirma que esta ventana fenológica representa el punto más estratégico para implementar medidas preventivas.

Las prácticas agronómicas que más favorecen la proliferación del hongo incluyen la alta densidad de siembra sin poda, el exceso de sombra, el mal drenaje y la no eliminación oportuna de frutos infectados. Estas condiciones contribuyen a la creación de microclimas húmedos y mal ventilados que favorecen la germinación de conidios y la persistencia del inóculo. La validación de estas prácticas en diferentes contextos ecuatorianos confirma su relevancia como factores de riesgo fitosanitario.

Las estrategias de manejo más efectivas frente a la moniliasis fueron el control genético, mediante el uso de clones resistentes como CCN-51, ICS-95 y FEC-2, y las prácticas culturales, como la remoción de frutos enfermos y el manejo de residuos. Aunque el control biológico con *Trichoderma* spp. mostró buenos resultados, su efectividad depende de condiciones ambientales y frecuencia de aplicación.

7. RECOMENDACIONES

En base a los resultados se recomienda:

Establecer sistemas de seguimiento fenológico en las fincas cacaoteras para identificar con precisión los períodos de floración y cuaje. Esto permitirá aplicar medidas preventivas durante los primeros 90 días de desarrollo del fruto, especialmente entre los 21 y 60 días posteriores a la floración, que corresponden a la fase de mayor susceptibilidad a *Moniliophthora roreri*.

Manejo agronómico y microclimático: Implementar podas regulares, control de malezas trepadoras y sistemas de drenaje eficientes para reducir la humedad relativa en el dosel y minimizar los microclimas que favorecen la esporulación y dispersión del hongo.

Estas prácticas deben integrarse como parte del manejo rutinario en zonas cacaoteras con alta incidencia de moniliasis. Integración de control genético y cultural: Combinar el uso de clones resistentes o tolerantes, como CCN-51 e ICS-95, con prácticas culturales efectivas, tales como la remoción oportuna de frutos enfermos, manejo adecuado de residuos y cosecha puntual. Cuando sea viable, incorporar bio-controladores como *Trichoderma* spp. para lograr un control sostenible y adaptado a las condiciones locales del cultivo.

Investigación y modelos predictivos: Priorizar el desarrollo de modelos predictivos microclimáticos y sistemas de diagnóstico temprano en frutos jóvenes. Se recomienda el etiquetado de cohortes para monitorear flores y frutos por fecha, con el objetivo de evaluar cuaje, caída y tiempo de cosecha.

Estudios sobre resistencia y biocontrol: Relacionar la lignificación y los compuestos fenólicos de diferentes clones con su susceptibilidad a *M. roreri*. Validar consorcios de biocontrol en términos de eficacia, persistencia y compatibilidad con prácticas culturales, y cuantificar el impacto de la infección en la calidad del grano por fase de desarrollo.

8. BIBLIOGRAFÍA

- Agudelo, G., Cañar, D., Gáfaró, B., Hernández, J., & Pabón, M. (2021). *Manual técnico para la producción de semilla de cacao en vivero para los Santanderes y Boyacá*. AGROSAVIA. <https://doi.org/10.21930/agrosavia.manual.7404586>
- Alarcón, M. (2024). *Importancia del mejoramiento genético en el cultivo de cacao (Theobroma cacao)* [Tesis de grado. Universidad Técnica de Babahoyo]. <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/16057>
- Albores, V., Gómez, L., López, J., & Grajales, J. (2022). Mecanismos de infección endógena en frutos de cacao con *Moniliophthora roreri*. *Polibotánica*, (53), 197–209. <https://doi.org/10.18387/polibotanica.53.13>
- Amaya-Márquez, D. (2024).** *Efectividad fitosanitaria de la remoción de frutos enfermos con embolsado para la disminución de Moniliophthora roreri en cultivo de cacao (Theobroma cacao L.)*. **Pro Sciences: Revista de Producción, Ciencias e Investigación**, 8(54), 1–11 <https://journalprosciences.com/index.php/ps/article/view/747>
- Bailey, B., Evans, H., Phillips, W., Ali, S., & Meinhardt, L. (2018). *Moniliophthora roreri*, causal agent of cacao frosty pod rot. *Molecular Plant Pathology*, 19(7), 1580–1594. <https://doi.org/10.1111/mpp.12648>
- Bernal, A., Peñaherrera, S., Espinoza, M., Rivadeneira, B., & Páez, P. (2025). Efecto de la frecuencia de aplicación de *Bacillus amyloliquefaciens* endófito sobre *Moniliophthora roreri* en condiciones de campo. *Bioagro*, 37(2), 223–232. <https://doi.org/10.51372/bioagro372.8>
- Bolaños, M., Alfonso, V., Mercado, A., Caicedo, J., Castro, S., & Morales, D. (2020). Comportamiento agroproductivo de 31 clones de cacao nacional (*Theobroma cacao* L.) con la aplicación de un biocontrolador para moniliasis (*Moniliophthora roreri*). *Revista Científica Interdisciplinaria Investigación y Saberes*, 10(2), 1–9. http://revistasdigitales.utelvt.edu.ec/revista/index.php/investigacion_y_saberes/article/view/104
- CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza). (2025). *Compilación de resúmenes revisados VIII Conferencia Científica Wallace CATIE*. <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/12723>
- Cortés, J., & Melissa, L. (2024). *Evaluación del desarrollo vegetativo de plantas de cacao (Theobroma cacao L.) sometidas a diferentes sustratos* [Tesis de grado, Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD)].

- Cruz, M., Mora, G., Ortíz, C., Gaspar, J., Cruz, M., & Acencio, N. (2022). Climate, fruiting and frosty pod rot influence the epidemic intensity of *Phytophthora capsici* in cacao plantations in Mexico. *Mexican Journal of Phytopathology*. <https://doi.org/10.18781/r.mex.fit.2210-3>
- Cuellar, C., Thomas, E., Zavaleta, D., Zambrano, F., Bahia, C., & Orozco, L. (2024). Consulta de expertos en América Latina y el Caribe sobre las prácticas de manejo más utilizadas para el control de las principales plagas y enfermedades del cacao. <https://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/6340>
- Díaz, J., Leiva, S., & Aime, C. (2020). Historia del cacao y sus enfermedades en las Américas. *Fitopatología*. <https://doi.org/10.1094/PHYTO-05-20-0178-RVW>
- Evans, H. (2016). Frosty Pod Rot (*Moniliophthora roreri*). En C. A. Bailey, L. W. Meinhardt & W. Phillips-Mora (Eds.), *Cacao Diseases* (pp. 63–96). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-24789-2_3
- Flores, V., Gómez, L., López, J., & Grajales, J. (2022). Mecanismos de infección endógena en frutos de cacao con *Moniliophthora roreri*. *Polibotánica*, (53). <https://doi.org/10.18387/polibotanica.53.13>
- Fundación Hondureña de Investigación Agrícola. (2012). *La moniliasis del cacao: El enemigo a vencer*. FHIA. <https://canacacao.org/wp-content/uploads/Moniliasis-del-cacao-FHIA-2012.pdf>
- Gavrilova, N. (2021). Contemporary global production and consumption of cocoa: An assessment. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 839. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/839/2/022095>
- Guerra, W, & Herrera, F. (2022). *Polisulfuro de calcio en el manejo fitosanitario del cultivo de cacao CCN-51*. GESICAP.
- Hernández, E., López, M., Garrido, E., Solis, J., Zamarripa, A., Avendaño, C. & Mendoza, A. (2012), The cocoa moniliasis (*Moniliophthora roreri*): search for management strategies. Montecillo, Agroproductividad, 5(3), pág. 3–8, Colegio de Postgraduados. <https://revistaagroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/416>
- Hipólito, E., Cocoltzi, E., Ramos, J., Espinoza, C., Torres, M., & Ricaño, J. (2020). Breve aproximación a la naturaleza genómica de *Moniliophthora roreri* CPMRT01 aislado de cacao en Tabasco, México. *Biotechnia*, 22(2), 39–49. <https://doi.org/10.18633/biotechnia.v22i2.1244>
- Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC). (2023). *Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (ESPAC) 2023: Principales resultados*.

- https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/webinec/Estadisticas_agropecuarias/espac/2023/Principales_resultados_ESPAC_2023.pdf
- Instituto Nacional de Estadística y Censos. (2014). *III Censo Nacional Agropecuario*. https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/webinec/Estadisticas_agropecuarias/CNA/Tomo_CNA.pdf
- Instituto Nacional de Estadística y Censos. (2023). *Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (ESPAC) 2023*.
- Jácome, R., Quijano, G., & Suárez, C. (2022). Detección temprana de *Moniliophthora roreri* en frutos de cacao mediante espectroscopía NIR. *Revista Científica Ecuatoriana*, 9(1), 45–52. <https://doi.org/10.1007/s40858-021-00472-y>
- Jiménez, D., Quiroga, M., Quiroz, M., Marulanda, A., Álvarez, J., & Mosquera, S. (2023). Development of a method for detecting and estimating *Moniliophthora roreri* spore loads based on spore traps and qPCR. *Journal of Fungi*, 9(1), 47. <https://doi.org/10.3390/jof9010047>
- Krauss, U. (2022). *Moniliophthora roreri* (frosty pod rot). *CABI Compendium*. <https://doi.org/10.1079/cpc.34779.20210104542>
- Leandro, M., Tixier, P., Germon, A., Rakotobe, V., Phillips, W., Maximova, S., & Avelino, J. (2017). Effects of microclimatic variables on the symptoms and signs onset of *Moniliophthora roreri*, causal agent of *Moniliophthora* pod rot in cacao. *PLoS ONE*, 12(10). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0184638>
- Li, Y., Zhang, D., Motilal, L., Lachenaud, P., Mischke, S., & Meinhardt, L. (2021). Variedades tradicionales de cacao (*Theobroma cacao*) en Madagascar: su origen y dispersión revelados por marcadores SNP. *Beverage Plant Research*. <https://doi.org/10.48130/BPR-2021-0004>
- López, F., Cruzatty, N., Macay, M., Cevallos, V., & Murillo, L. (2023). Diagnóstico del manejo agronómico del cultivo de cacao nacional (*Theobroma cacao* L.) en pequeños productores del cantón El Carmen, Manabí. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(4), 2417–2432. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i4.7089
- López, J., López, L., Avendaño, C., Aguirre, J., Espinosa, S., Moreno, J., Mendoza, A., & Suárez, G. (2018). Biología floral del cacao (*Theobroma cacao* L.); Criollo, Trinitario y Forastero en México. *Agro Productividad*, 11, 129–135.
- López, O., Ramírez, S., Espinosa, S., Moreno, J. Ruiz, C., Villarreal, J., & González, O. (2013). Comportamiento de la moniliasis del cacao causada por *Moniliophthora roreri* (Cif. y Par.) en Tapachula, Chiapas, México. *Acta Agrícola y Pecuaria*, 1.

- López Cuadra, Y. M., Cunias Rodríguez, M. Y., & Carrasco Vega, Y. L. (2020). *El cacao peruano y su impacto en la economía nacional*. *Universidad y Sociedad*, 12(3), 344–352. Recuperado de http://www.scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2218-36202020000300344
- McCarthy, S. (2023).** *A comparative plague study of cacao fungal disease in cacao pods within monocultures and indigenous agroforests in Ecuador's Napo Province* [Trabajo académico, SIT Study Abroad; Macalester College]. *Independent Study Project (ISP) Collection*, 3614.https://digitalcollections.sit.edu/isp_collection/3614
- Mora, F., Montufar, J., Chang, J., Remache, R., Fiallos, F., & Montúfar, G. (2014) Productividad de clones de cacao tipo nacional en una zona del bosque húmedo tropical de la provincia de Los Ríos, Ecuador. *Revista Ciencia y Tecnología*, 7(1), 33-41.
- Phillips, W., & Wilkinson, M. (2007). Frosty pod of cacao: A disease with a limited geographic range but unlimited potential for damage. *Phytopathology®*, 97(12), 1644–1647. <https://doi.org/10.1094/PHYTO-97-12-1644>
- Pilaloo, W., Alvarado, A., Pérez, D., & Torres, S. (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 de Investigación en Ciencias Agronómicas y Veterinarias ALFA*, 5, 453–466.
- Plasencia, A., Vilchez, C., Ferrer, Y., & Veloz, C. (2022). Effect of climate change on the potential distribution of the fungus *Moniliophthora roreri* and the cultivation of cacao (*Theobroma cacao*) in continental Ecuador. *Terra Latinoamericana*, 40. <https://doi.org/10.28940/terra.v40i0.1151>
- Reyes, B., Fonseca, P., Heming, N., Conceição, L., Nascimento, K., Gramacho, K., Arévalo, E., Pirovani, C., & Aguiar, E. (2023). La caracterización de la dinámica de la microbiota asociada con *Moniliophthora roreri*, agente causal de la pudrición helada de la vaina del cacao, revela nuevas especies virales. *Fronteras en Microbiología*, 13. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.1053562>
- Rodríguez, E., Navarro, D., Bermeo, P., & Parra, E. (2024). *Ofertas tecnológicas para el manejo de la monilia y la pudrición parda en cacao (Theobroma cacao L.)*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Agrosavia). <https://doi.org/10.21930/agrosavia.nbook.7406825>
- Rodríguez, L. (2020). *Fungicida mancozeb para prevención de monilla (Moniliophthora roreri) en cultivos de cacao (Theobroma cacao L.) en Ecuador*

- Sánchez, M., Jaramillo, A., & Ramírez, M. (2015). *Enfermedades del cacao*. https://www.researchgate.net/publication/385504755_Enfermedades_del_cacao
- Solis, H., Peña, V., & Vera, C. (2021). *Las enfermedades del cacao y las buenas prácticas agronómicas para su manejo*. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). <https://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/5747>
- Troya, S., & Vega, A. (2024). *Efecto de la aplicación de inductores de resistencia sobre monilla (*Moniliophthora roreri*) en el cultivo de cacao CCN-51 en el cantón La Maná*. <https://repositorio.utc.edu.ec/items/26175ec1-57e3-489e-a53c-ab634a0f86e5>
- Valenzuela, J., Guevara, F., Vicente, P., & Galindo, P. (2020). Eco-Friendly Biocontrol of Moniliasis in Ecuadorian Cocoa Using Biplot Techniques. *Sustainability*, 15(5), 4223. <https://doi.org/10.3390/su15054223>
- Varas, I., Macías, C., Mendoza, J., Cárdenas, D., & Bravo, 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>