# UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA
## DEPARTAMENTO CIENCIAS DE LA TIERRA

**CARRERA DE INGENIERIA AGROPECUARIA**

## TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR EN OBTENCIÓN DEL TITULO DE INGENIERO AGROPECUARIO

Revisión sistemática de la Moniliasis [*Moniliophthora roreri* (Cif y Par) Evans et al.] en cacao, y estrategias de control


**AUTORES:**

Jessica Karina Grefa Andi
Ronny Darío Rodríguez Vilema

**DIRECTOR:**

Dra. Karina María Elena Carrera Sánchez, PhD


**PASTAZA - ECUADOR**

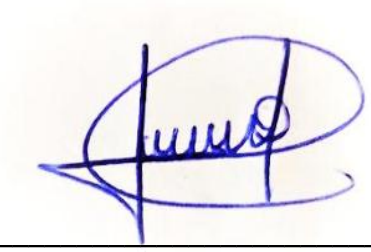
2021

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, Ronny Darío Rodríguez Vilema, con C.I: 1600641490 y Jessica Karina Grefa Andi con C.I: 1500792526, hace constar que son autores del trabajo de integración curricular titulado: **"Revisión sistemática de la Moniliasis [*Moniliophthora roreri* (Cif & Par) Evans et al.] en cacao, y estrategias de control",** el cual constituye una elaboración personal realizada únicamente con la dirección de la tutora de dicho trabajo, Dra. Karina Carrera Sánchez, PhD. En tal sentido, manifestamos la originalidad de la conceptualización del trabajo como interpretación de datos y elaboración de conclusiones dejando establecido que aquellos aportes conceptuales de otros autores se han referenciado debidamente en el texto de dicho trabajo

En el cantón Pastaza, a los 24 días del mes Febrero del 2021.





**Ronny Darío Rodríguez Vilema**
**1600641490**

**Jessica Karina Grefa Andi**
**1500792526**

## CERTIFICADO DE APROBACIÓN POR TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

El tribunal de sustentación del proyecto de investigación y desarrollo aprueba el Trabajo de Integración Curricular titulado: **“Revisión sistemática de la Moniliasis [*Moniliophthora roreri* (Cif &Par) Evans et al.] en cacao, y estrategias de control”**

Firmado electrónicamente por:
BELGICA DOLORES YAGUACHE CAMACHO

MSc. Bélgica Yaguache

**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**

Firmado electrónicamente por:
SEGUNDO BENEDICTO VALLE RAMIREZ

Dr. Segundo Valle

**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

Firmado electrónicamente por:
JORGE ANTONIO FREILE ALMEIDA

MSc. Jorge Freile

**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

# UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

**SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND**

Certificado No. 23-SAU-UEA-2021

Puyo, 17 de febrero de 2021

Por medio del presente **CERTIFICO** que:

El Trabajo de Integración Curricular correspondiente a los estudiantes: GREFA ANDI JESSICA KARINA con C.I. 150079252-6; y RODRÍGUEZ VILEMA RONNY DARÍO con C.I. 160064149-0, con el Tema: **"Revisión sistemática de la Moniliasis [*Moniliophthora roreri* (Cif & Par) Evans et al] en cacao, y estrategias de control."**, de la carrera, Ingeniería Agropecuaria. Directora de la investigación Dra.C. CARRERA SANCHEZ KARINA MARIA ELENA, Phd., ha sido revisado mediante el sistema antiplagio URKUND, reportando una similitud del 7%, Informe generado con fecha 02 de febrero de 2021 por parte de la directora conforme archivo adjunto.

Particular que comunico a usted para los fines pertinentes

Atentamente,

Firmado electrónicamente por:
ITALO
MARCELO

Ing. Italo Marcelo Lara Pilco M.Sc.
**ADMINISTRADOR DEL SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND – UEA - .**

**CERTIFICADO DE PORCENTAJE DE SIMILITUD OBTENIDO EN EL SISTEMA ANTI PLAGIO**

Quien suscribe el presente Dra. Karina María Elena Carrera Sánchez con CI: 1600259285, certifica que el Proyecto de Investigación/Trabajo de Integración Curricular titulado: "**Revisión sistemática de la Moniliasis [*Moniliophthora roreri* (Cif & Par) Evans et al.] en cacao, y estrategias de control**", ha sido examinado a través del sistema Anti plagio URKUND y presenta un porcentaje de similitud del 7 %.

En el cantón Pastaza, a los 17 días del mes de febrero del 2021.

KARINA MARIA ELENA CARRERA SANCHEZ

Firmado digitalmente por KARINA MARIA ELENA CARRERA SANCHEZ
Fecha: 2021.03.09 08:14:31 -05'00'

Dra. Karina María Elena Carrera Sánchez

Director del Proyecto de Investigación/Trabajo de Integración Curricular

# AGRADECIMIENTO

A *Dios, por habernos dado la vida y permitirnos el haber llegado hasta este momento tan importante de nuestra formación profesional y sobre todo por continuar dándonos la oportunidad de compartir con nuestras familias y seres queridos.*

*A nuestros padres por su infinito amor, trabajo y sacrificio además por ser el pilar fundamental de nuestra vida, quienes constantemente nos han brindado su apoyo y estarán siempre a nuestro lado incondicionalmente.*

*A nuestra directora de proyecto de investigación Dra. Karina Carrera Sánchez PhD.*

*Por su paciencia y apoyo sobre todo por guiarnos en cada paso de este proyecto, su ayuda fue fundamental en el desarrollo del mismo.*

*A nuestros docentes de la Universidad Estatal Amazónica, por ser nuestro soporte institucional para nuestra formación académica y personal.*

*A nuestros amigos y compañeros por brindarnos su amistad y su absoluto apoyo en el transcurso de nuestra carrera universitaria compartiendo tristezas y alegrías.*

***Ronny y Jessica***

# DEDICATORIA

*Con todo mi amor a Dios por guiarme y ser mi fortaleza en los momentos de mi vida, por demostrarme que tan bella es la vida que no hay imposibilidad con esfuerzo y dedicación todo es posible por derramar su bendición y haberme concedido la dicha de culminar mi carrera universitaria.*

*A mi padre Pedro José Grefa Alvarado por su amor, confianza, trabajo y sacrificio durante estos años de formación académica., por sus sabios consejos y apoyo incondicional para alcanzar tan anhelado sueño y a mi madre Sarita Dolores Andi Vargas que desde cielo me acompaña, gracias por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo y perseverancia.*

*A mis hermanos Jenny, Katy, Narcisa, Clever, Gloria, y Nayely por sus apoyos incondicional, durante todo este proceso, por estar conmigo en todo momento muchas gracias.*

*A mi amigo y colega Ronny Darío Rodríguez Vilema por aceptar ser mi compañero de titulación, por su apoyo moral y académico durante todo este periodo.*

*A mis amigas y compañeros de estudios quienes formaron parte de mi carrera profesional.*

***Jessica Karina Grefa Andi***

## DEDICATORIA

*A Dios por darme fortaleza, sabiduría e inteligencia para aprovechar las oportunidades que con esfuerzo y dedicación me ha permitido a cumplir este objetivo que me servirá de herramienta para mi vida profesional.*

*A mis padres Luis Rodríguez y Nancy Vilema, gracias por el esfuerzo y todo ese arduo trabajo que hacen para que no me llegue a faltar nada, la mejor herencia que me pueden haber dado después de la vida son los estudios.*

*A mi abuelita Rosa y a mi abuelita Blanca que siempre están pidiendo a Papá Dios a través de sus oraciones para que me vaya bien en la vida y me guíe por el camino correcto, sus peticiones han sido escuchadas, mis agradecimientos para estas dos personas maravillosas que me han demostrado su cariño y me han apoyado de manera incondicional.*

*A mis hermanas Slendy y Arlett, por su manera de transmitir el sentimiento hacia un hermano, sus me motivaciones me han llenado de energía para demostrarles que en la vida se puede lograr grandes cosas con la bendición de Dios, les dedico con todo mi cariño este paso en mi vida para que nunca renuncien a sus sueños a pesar de todas las adversidades.*

*A mi hijo Santiago que a pesar de la distancia durante todo este tiempo de estudio ha estado presente en mis oraciones y pensamientos siendo mi motor para seguir adelante, mi dedicatoria para a ti hijo mío y esto lo he conseguido para poder brindarte un mejor futuro.*

*A Jessica Karina Grefa colega y compañera de experiencias, su apoyo ha sido fundamental para no rendirme cuando las cosas se han puesto difíciles, gracias por enseñarme a valorar lo que de verdad importa en la vida, te dedico con mucho afecto mi esfuerzo de toda esta trayectoria en la que juntos pudimos llegar a la meta.*

***Ronny Darío Rodríguez***

## RESUMEN

La principal limitante parasítica de la producción de cacao (*Theobroma cacao* L.) a nivel mundial es la presencia del hongo fitopatógeno del género *Moniliophthora* sp especialmente, *Moniliophthora roreri*, causante de la moniliasis. Esta enfermedad es altamente invasiva y endémica del cacao. El objetivo de este estudio fue analizar información actualizada sobre la Moniliasis y las estrategias de control implementadas para manejar dicha enfermedad. . Este sondeo se llevó con base en una búsqueda sistemática de literatura en las bases de datos de acceso abierto: Scielo, Google Académico, EBSCOhost, Science Direct, Scielo, Redalyc, Springer Link y Google Académico. Se incluyeron artículos originales de investigación reportados en la literatura científica en los últimos 10 años y se aplicaron criterios de inclusión y exclusión. Se encontró que los años en que más artículos se reportaron sobre el tema fueron entre el 2015 y 2020 en países como Ecuador, Colombia, Perú, Brasil, Cuba, México y Costa Rica. En esta revisión se recopilan los aspectos biológicos y de control más relevantes del hongo, entre ellos, origen, distribución, ciclo de vida con el fin de entender la genética y evolución de este patógeno. Aunque no exista un control que elimine por completo dicha enfermedad, se vienen aplicando actualmente el famoso (MIP) que está básicamente relacionado a los controles: cultural o mecánico, biológico, genético y químico, los cuales mediante diferentes estudios avalan su eficiencia tanto a nivel local como internacional. Se destaca el uso de controladores biológicos como *Trichoderma sp*. y *Bacillus sp.*, además de bioaceites esenciales y fungicidas a base de cobre para frenar la propagación del hongo y la contaminación de otras plantas o cacaotales cercanos.



**Palabras claves:** *Theobroma cacao*, *Moniliophthora roreri*, moniliasis, biología, adaptación, daño, síntomas, estrategias de control

## ABSTRACT

The main parasitic limitation of cocoa production (*Theobroma cacao* L.) worldwide is the presence of the phytopathogenic fungus of the genus *Moniliophthora* sp., Especially *Moniliophthora roreri*, which causes Moniliasis. This disease is highly invasive and endemic to cocoa. The objective of this study was to analyze updated information on Moniliasis, and the control strategies implemented to manage this disease. This survey was carried out based on a systematic literature search in open access databases: Semantic Scholar, EBSCOhost, Science Direct, Scielo, Redalyc, Springer Link and Google Scholar. Original research articles reported in the scientific literature in the last 10 years were included and inclusion and exclusion criteria were applied. It was found that the years in which more articles were reported on the subject were between 2015 and 2020 in countries such as Ecuador, Colombia, Peru, Brazil, Cuba, Mexico, and Costa Rica. In this review, the most relevant biological and control aspects of the fungus are compiled, including origin, distribution, and life cycle to understand the genetics and evolution of this pathogen. Although there is no control that eliminates this disease, the famous (MIP) is currently being applied, which is basically related to controls: cultural or mechanical, biological, genetic, and chemical, which through different studies guarantee their efficiency both locally and internationally. The use of biological controllers such as *Trichoderma sp.* and *Bacillus sp*., in addition to essential bio-oils and copper-based fungicides to stop the spread of the fungus and the contamination of other nearby plants or cocoa plantations.



**Keywords**: *Theobroma cacao*, *Moniliophthora roreri*, moniliasis, biology, adaptation, damage, symptoms, control strategies

**TABLA DE CONTENIDOS**


Capítulo 1. Introducción ..... 13
1.1 Planteamiento del problema ..... 14
1.2 Objetivos ..... 15
1.2.1 Objetivo general ..... 15
1.3 Justificación ..... 16
Capítulo 2: Fundamentación teórica ..... 17
2.1 Origen, Importancia del Cacao ..... 17
2.2 Clasificación taxonómica ..... 18
2.3 Variedades de cacao ..... 18
2.4 Principales enfermedades del cultivo ..... 19
2.4.1 Escoba de bruja ..... 19
2.3.2 Mal de machete ..... 20
2.3.3 Mazorca negra de cacao ..... 20
2.3.4 Moniliasis ..... 21
*2.3.5 Moniliophthora roreri* ..... 21
2.3.5.1 Origen de la Moniliasis ..... 21
2.3.5.2 Clasificación taxonómica de *M. roreri* ..... 23
2.3.5.3 Etiología ..... 23
2.3.5.4 Ubicación de los grupos genéticos ..... 23
2.3.5.5 Morfología de *M. roreri* ..... 24
2.3.5.6 Diseminación ..... 24
2.3.5.7 Condiciones que favorecen la enfermedad ..... 25
2.3.5.8 Hospedantes ..... 25
2.3.5.9 Epifitiología ..... 26
2.3.5.10 Ciclo de vida del hongo patógeno ..... 26
2.3.5.11 Descripción morfológica del cultivo de *M. roreri in vivo* ..... 27
2.3.5.12 Signos y síntomas de la enfermedad ..... 27
2.3.5.13 Descripción del cultivo de *M. roreri in vitro* ..... 28
2.3.5.14 Medidas de control ..... 29
Capítulo 3: Metodología de la Investigación ..... 33
3.1 Tipo de Investigación ..... 33
3.2 Métodos de Investigación ..... 33
3.3 Estrategias de búsqueda ..... 34
3.4 Criterios de inclusión de literatura científica ..... 34

3.5 Criterios de exclusión de literatura científica ..... 34
3.6 Manejo de la información ..... 35
Capítulo 4. Análisis de Resultados ..... 36
4.1 Análisis de la biología, adaptación y daño de *M. roreri* en cacao ..... 39
4.2. Identificación de las estrategias de control usadas para combatir la Moniliasis en el cultivo de cacao ..... 41
4.2.1 Análisis del control cultural ..... 41
4.2.2 Análisis del control biológico ..... 43
4.2.3 Análisis del control con Bioaceites esenciales ..... 45
4.2.4 Análisis del control genético ..... 46
4.2.5 Análisis del control químico ..... 47
4.2.6 Análisis del manejo integrado ..... 49
CONCLUSIONES ..... 52
RECOMENDACIONES ..... 53

**LISTA DE TABLAS**

Tabla 1. Artículos científicos revisados sobre de *M. roreri* y estrategias de control. ..... 37
Tabla 2. Tesis de pregrado y posgrado con información relevante de *M. roreri* ..... 38
Tabla 3. Cepas biológicas evaluadas para el control de la Moniliasis en campo ..... 45
Tabla 4. Fungicidas quimicos evaluadas *in vivo* sobre *M. roreri* ..... 48
Tabla 5. Fungicidas protectantes evaluadas *in vitro* sobre *M. roreri* ..... 49
Tabla 6. Estrategias empleadas como método de control de *M. roreri* ..... 50

**LISTA DE FIGURAS**

Figura 1. Principales variedades de cacao. Fuente: Pérez, (2009). ..... 18
Figura 2. Probable diseminación cronológica de la Moniliasis del cacao en América. Línea roja = Diseminación inicial. Fuente: Torres de la Cruz (2010). ..... 22
Figura 3. Ciclo de la Moniliasis causada por *M. roreri* en cacao, Fuente: Sánchez y Garcés (2012). ..... 27
Figura 4. Estructuras morfológicas de *M. roreri* que muestran esporas con paredes gruesas y micelio septado. Fuente: Evans et al. (1978) ..... 28
Figura 5. Diagrama de flujo de la información en las diferentes fases de la revisión sistemática, Fuente: Elaboración propia ..... 36

# CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

El cacao (*Theobroma cacao* L.) es uno de los cultivos que se produce principalmente en regiones tropicales de América Latina. La proporción de cacao producido en todo el mundo por los pequeños agricultores, que corresponde casi al 90 % de la producción total, proveniente de pequeñas parcelas con menos de menos cinco hectáreas en países como Ecuador, Colombia, Brasil y República Dominicana, en el continente americano; Costa de Marfil, Ghana, Camerún y Nigeria, en África; e Indonesia, Malasia y Papúa Nueva Guinea, en Asia y Oceanía (Franzen y Borgerhoff, 2007).

El chocolate es un producto que tiene gran importancia, tanto en el ámbito nacional como internacional, siendo objeto de explotación comercial para la su fabricación, así como para su uso en las industrias alimentaria, cosmética y farmacéutica (Tirado, Lopera y Ríos, 2016). Los árboles de cacao (*T. cacao*) se alojan en una comunidad patógena diversa, y se ve afectado por la podredumbre helada, que es causada por el hongo endémico *Moniliophthora roreri*, es una de las enfermedades más graves que afectan al fruto que ha generado grandes pérdidas en la producción cacaotera en algunos países de América Central y del Sur (Villamizar et al., 2019).

En la actualidad se realizan estudios del genoma de *M. roreri* que permitirán una imagen más completa de su evolución y mejorarán el conocimiento de su biología, para ayudar en el desarrollo de estrategias para un mejor control (Sánchez y Gárces, 2012). Se han descrito diferentes estrategias de control para reducir los efectos de dichas enfermedades, entre las cuales se destacan la producción de enzimas líticas por hongos y bacterias y el mejoramiento genético de variedades (Cuervo et al., 2011).

La Moniliasis (*M. roreri*) del cacao es el principal problema que causa mayores pérdidas a los agricultores de América Latina. Esta es una de las enfermedades más perjudiciales para este cultivo de cacao e infecta únicamente a la mazorca, con tal severidad que se constituye en uno de los factores que limita mayormente la producción del cultivo, siendo favorecida por las altas temperaturas y el alto porcentaje de humedad de las regiones tropicales y subtropicales.

En el presente estudio se realizó una búsqueda de literatura científica con la finalidad de actualizar la información de investigaciones de mayor impacto científico que han sido realizadas en la última década sobre el hongo fitopatógeno *M. roreri* y la eficacia de las estrategias de control en la Amazonía ecuatoriana.

## 1.1 Planteamiento del problema

La Moniliasis (*M. roreri*) es una de las enfermedades más perjudiciales para este cultivo de cacao e infecta únicamente a la mazorca, con tal severidad que se constituye en uno de los factores que limita mayormente la producción del cultivo, siendo favorecida por las altas temperaturas y el alto porcentaje de humedad de las regiones tropicales y subtropicales, de acuerdo a lo manifestado por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2018).

El cultivo de cacao en el Ecuador presenta serios problemas productivos debidos principalmente al ataque de plagas y enfermedades, siendo la Moniliasis (*M. roreri*) la enfermedad que ha provocado pérdidas estimadas entre el 50 y el 80 % de la producción total anual, dependiendo de las condiciones ambientales, el manejo del cultivo, las medidas de control que se apliquen y las variedades cultivadas (Delgado y Suarez, 1993). En el Ecuador y especialmente en la región amazónica la Moniliasis (*M. roreri*), disminuye la productividad y calidad de las semillas de cacao, afectando negativamente a la economía del agricultor, ya que las condiciones ambientales y el desconocimiento de métodos adecuados de prevención de la enfermedad hacen que el patógeno se prolifere con facilidad. De cada 100 mazorcas cosechadas se pierden 50 sin que los productores logren identificar el daño causado por la Moniliasis (Sáenz, 2011).

Existen diversos métodos de control: cultural, genético, biológico y químico para combatir la Moniliasis, no obstante, en diferentes plantaciones de cacao se ha implementado estrategias de control químico que protegen la producción y conllevan al incremento de los costos, causando una disminución en la rentabilidad a los cacaoteros en el mercado actual (Ochoa et al., 2015).

Frente a este panorama, se han llevado a cabo varios estudios sobre este hongo fitopatógeno con la finalidad de identificar su origen, forma de diseminación, diversidad genética, caracterización y estrategias de control para disminuir la incidencia de la enfermedad. Por lo tanto, es necesario documentar el estado actual del conocimiento disponible en base de datos científicos para dar a conocer a la comunidad investigadora sobre información actualizada y de esta forma cerrar las brechas del conocimiento que existen en torno a este hongo hemibiotrofo

## 1.2 Objetivos

### 1.2.1 Objetivo general

Analizar la situación actual del conocimiento sobre la Moniliasis [*Moniliophthora roreri* (Cif & Par) Evans et al] en cacao y estrategias de control en la Amazonía ecuatoriana.

### 1.2.2 Objetivos específicos

- Describir la biología, adaptación, síntomas y severidad de *M. roreri* en cacao.
- Identificar las estrategias de control con mayor relevancia que han sido utilizadas para combatir la Moniliasis en el cultivo de cacao.

## 1.3 Justificación

La Moniliasis (*M. roreri*), es una de las principales enfermedades que afecta a los frutos de los cultivos de cacao (*T. cacao*) a nivel mundial. Esta enfermedad puede causar daños desde el 30 hasta el 80 % en la producción (Sánchez y Garcés, 2012). Actualmente existe información científica de la última década, sobre la ocurrencia, sintomatología, etiología, epidemiología, ciclo de vida y las estrategias de control de la mencionada enfermedad. por la tanto se realiza esta revisión sistemática con estos tópicos importantes, aportando con información de estudios realizados en los últimos 10 años a esta área del conocimiento.

La necesidad de documentarse tiene que ver con la tradición acumulativa de la ciencia; por eso al hacerlo buscamos la exhaustividad, evitamos las lagunas y omisiones, y aplicamos modos rigurosos de organizar y utilizar la información obtenida. Por estas razones se justifica la realización del presente trabajo dando a conocer distintas alternativas sobre las estrategias de control para que puedan ser aplicadas por los productores de diferentes países como: Ecuador, Colombia, Perú, Brasil y Costa Rica. Estos métodos ayudarán a mitigar la severidad que causa este hongo y también a mejorar el rendimiento de sus cultivos e ingresos económicos. Se pretende que la información del presente trabajo llegue a investigadores, profesionales y productores para que puedan tomar decisiones al momento de manejar la enfermedad desde el uso de agentes biológicos hasta los agroquímicos. Además, se espera que la información plasmada en este estudio pueda ser divulgada y se replique los conocimientos con resultados positivos para la Región Amazónica Ecuatoriana (RAE).

# CAPÍTULO 2: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

## 2.1 Origen, Importancia del Cacao

*T. cacao*. es un árbol nativo que habita en las regiones tropicales húmedas de la parte norte de América del Sur, se considera que el centro de origen del cacao fue el Alto Amazonas, cerca de la frontera entre Colombia y Ecuador. Aunque el cacao se cultiva en México y América Central desde hace más de 2000 años (Cruz, Vargas y Coronel, 2011).

Valdez (2019) menciona que el lugar de origen del cacao es Ecuador. Se encontraron cerámicas con restos de cacao en la selva Amazónica que datan de 3300 antes de Cristo, lo que significa que los granos de cacao se han cultivado en Ecuador por más de 5000 años. La presencia del cacao fino de aroma en Ecuador es milenaria afirman los investigadores del ministerio de Cultura y Patrimonio, a la vez, que relatan que los pobladores del sur de nuestra Amazonía, del sector Palanda, provincia de Zamora Chinchipe, de la cultura Mayo- Chinchipe cultivaron y consumieron este producto desde hace 5300 años (Villacis, 2019).

El principal continente productor es África, mismo que cubre el 66 % de la oferta mundial, seguido de Asia que produce el 17,5 %. Sin embargo, las tendencias del cultivo durante la última década muestran que África creció solo un 3 %, mientras que Asia cayó en un 17 % y América creció en un 11 % (Arévalo et al., 2016).

En América, el cacao se lo cultiva desde México hasta Brasil; este último es el más importante en hectáreas sembradas, ya que representa el 40 % del total de la región. Los países que le siguen en cantidad de hectáreas sembradas son Ecuador (24 %), Colombia (9 %), República Dominicana (9 %), Perú (6 %) y Venezuela (4 %). Brasil y Ecuador son los principales productores: 235 y 138 mil toneladas. Actualmente Ecuador se ha convertido un líder mundial de exportación (ocupando el quinto lugar en el mundo atrás de los países de costa de Marfil, Ghana, Indonesia y Camerún) (FAO, 2018).

## 2.2 Clasificación taxonómica

La clasificación botánica según Ayala (2008) es:

Reino: Plantae
Subreino: Tracheobionta
División: Magnoliophyta
Clase: Magnoliopsida
Subclase: Dilleniidae
Orden: Malvales
Familia: Sterculiaceae
Subfamilia: Byttnerioideae
Género: *Theobroma*
Especie: *T. cacao* L.

## 2.3 Variedades de cacao

Según Cruz, Vargas y Coronel (2010**)** el cacao como cualquier otra planta posee diversas variedades se clasifican en tres grupos principales: criollo, forastero y trinitario (Figura 1)**.**

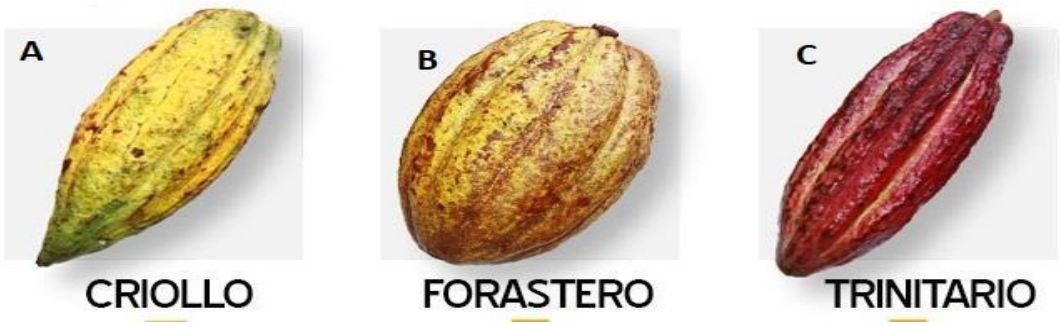



*Figura 1.* Principales variedades de cacao, Fuente: Pérez, (2009)

Las principales variedades de cacao (*T. cacao*) son:

Criollo

De acuerdo con Soria (1966), Braudeau (1970) y Vera (1993) en el grupo de cacao criollo están incluidos genotipos con almendras dotadas de cotiledones de color blanco marfil, presentes principalmente en América Central, México y sectores de Venezuela y Colombia. Según Arguello (2000) algunos de estos cacaos también presentan cotiledones violeta pálidos o rosados. Las mazorcas usualmente tienen una forma alargada, con punta acentuada en el extremo inferior, corteza marcada con diez surcos profundos, pericarpio rugoso y delgado y

mesocarpio poco lignificado. En estado inmaduro la cascara es de color rojo o verde, tornándose amarilla y anaranjado-rojiza a la madurez. Las almendras son gruesas casi redondas, con cotiledones ligeramente pigmentados. Este tipo de cacao requiere de dos a tres días para completar su fermentación, es muy aromático y en general, los granos de cacao criollo se consideran que tienen un sabor más fino que el de otras variedades de cacao (Amores et al., 2009).

Forastero

La cubierta de la vaina de cacao, en lugar de ser profundamente surcada con una piel redonda y la vaina en punta, como las vainas de las variedades criollas, son relativamente lisas, con forma de una vaina en forma de bulbo. Las vainas también pueden ser de color rojo o amarillo, así como naranja o púrpura. Los granos son morados oscuros y son relativamente planos en comparación con los de los criollos (Enríquez, 2004).

Trinitario

Presentan mazorcas de diferentes formas y colores verdes y rojos cuando están inmaduras, tornándose amarillos y anaranjados rojizos a la madurez. Por lo general, las almendras son de tamaño mediano a grande con cotiledones color violeta oscuro. Al procesarse, se desarrollan un sabor a chocolate bastante pronunciado, acompañado en algunos casos de notas sensoriales afrutadas (Amores et al., 2009).

Al igual que con el tipo forastero, las vainas de cacao trinitario no están normalmente en punta, y la piel de las vainas es relativamente suave (en comparación con la de las vainas de los criollos). Los granos de cacao también son planos y de color púrpura cuando se cortan por la mitad. Vale la pena mencionar que al igual que con el tipo forastero, la variedad trinitaria se ha extendido por todo el mundo como un cultivo muy importante de cacao (Carrera, 2016).

## 2.4 Principales enfermedades del cultivo

### 2.4.1 Escoba de bruja

La escoba de bruja (*Moniliophthora perniciosa* Aime & Phillis-Mora) da origen a brotes mal formados, proliferación de ramas laterales; en los cojinetes florales produce la formación de brotes vegetativos y/o flores y mazorcas anormales en forma de chirimoyas, zanahorias, ocasionando en frutos jóvenes y adultos manchas necróticas en la corteza y maceración en las almendras (Paredes, 2009).

Espinola (2016) refiere que, con el órgano y la edad de la planta, cuando el hongo infecta, se manifiesta una amplia diversidad de síntomas a los cuales se les asigna una denominación particular, lo que genera hipertrofias de los brotes vegetativos y reproductivos que ocasionan un continuo debilitamiento del árbol. Los rebrotes jóvenes son los más susceptibles, pues cuando son afectados, abortan.

### 2.3.2 Mal de machete

Alárcon et al. (2012) manifiestan que el mal del machete es una enfermedad del tronco de las ramas del cacao, producida por el hongo (*Crinipellis fimbriata* Ellis & Halsted) Puede ser trasmitido por herramientas sin desinfectar por un insecto del género *Xileborus*, coleóptero perforador del tronco.

El hongo crece en los tejidos conductores internos del tronco y de las ramas, obstruyendo el paso del agua y de los nutrientes. Consecuentemente, el árbol se marchita y muere. La enfermedad se presenta en forma esporádica y dispersa en la plantación, pero puede convertirse en un problema muy serio cuando el material sembrado es muy uniforme genéticamente o no está injertado sobre patrones resistentes a enfermedades del suelo (Phillips y Cerda, 2011).

Es también importante evitar daño innecesario a los árboles durante las labores de limpieza, poda y remoción de chupones. Las ramas infectadas o los árboles enteros, muertos por la enfermedad, deben retirarse del cacaotal y quemarse (FAO, 2018).

### 2.3.3 Mazorca negra de cacao

Causada por un complejo de hongos del género *Phytopthora* spp**,** está enfermedad está presente en todas las áreas cacaoteras del mundo. Las condiciones de mal manejo, especialmente el exceso de sombra, mal drenaje y falta de poda que presentan muchas plantaciones, favorecen la presencia de la enfermedad, sobre todo cuando se presentan las temperaturas más bajas y lluvias más frecuentes. Ataca todas las partes de la planta, pero las mayores pérdidas son por daños al fruto. En estos aparece una mancha de color café oscuro, por eso su nombre de mazorca negra. En el tronco, la plaga toma el nombre de "cáncer del tronco" y se manifiesta en manchas húmedas color café o vino tinto. En las hojas, los síntomas se manifiestan como manchas necróticas que se inician por los bordes, que generalmente se enrollan hacia adentro (Paredes, 2009).

Según Carrera (2016) la infección aparece en el bajo la forma de manchas pardas, oscuras aproximadamente circulares, que rápidamente se agrandan y extienden por toda la superficie a

través de la mazorca. Las almendras se infectan, resultan inservibles y en un plazo de 10 a 15 días la mazorca está totalmente podrida. La enfermedad puede ser combatida mediante técnicas culturales, el uso de fungicidas y el uso de cultivares resistentes.

### 2.3.4 Moniliasis

La moniliasis, causada por *M. roreri*, es una enfermedad fúngica severa que hasta ahora se encuentra reportada en 11 países de América Latina. Tirado, Lopero y Rios (2016) mencionan que la enfermedad ataca solamente a los frutos del cacao en cualquier estado de desarrollo, siendo más susceptible cuando menor es su crecimiento. Este hongo se reproduce en las mazorcas y se dispersan por esporas que entran en contacto con otras mazorcas. De tal forma, colonizan los tejidos meristemáticos del árbol, sin causar daño aparente en los granos de cacao, sin embargo, al infectar el árbol intercelularmente, causan pérdida apical, hiperplasia e hipertrofia en la semilla, lo que ocasiona finalmente la necrosis de esta.

INTA (2010) mencionan que las lesiones o daños que provocan son directa al fruto en cualquier edad, el ataque en los tres primeros meses produce abultamiento o jorobas y muerte del fruto. Si los daños se dan entre al tercer y cuarto mes, esto produce palidez en la mazorca produciendo un color parecido cuando se encuentra madura similares a lunares, más adelante bultos o y manchas de color marrón oscuras, indicando el del ataque y más adelante gran cantidad de espora.

### *2.3.5 Moniliophthora roreri*

#### 2.3.5.1 Origen de la Moniliasis

En un comienzo se consideró que Ecuador era el centro de origen de la enfermedad. En esa época (1917), el fitopatólogo J. B. Rorer viajó desde Trinidad hasta Ecuador, recolectando muestras en busca de una explicación a la reducción que se presentó en la producción cacaotera. Los estudios realizados por Philips (2006) mencionan a Colombia como el centro de origen de esta grave enfermedad en el año 1800 (Correa, Castro y Coy, 2014).

*M. roreri* causa la devastadora podredumbre helada de la mazorca del cacao, una enfermedad que comúnmente reduce los rendimientos en más del 80 % a los pocos años del establecimiento del patógeno. Las graves pérdidas y, en ocasiones, la pérdida total de las cosechas, con frecuencia hacen que la producción de cacao sea económicamente inviable. Los resultados son la pérdida de medios de vida y el abandono y conversión de los agroforestales afectados a usos

menos sostenibles desde el punto de vista ambiental, con efectos secundarios que van desde la pérdida de hábitat para la vida silvestre, la fragmentación de paisajes boscosos y la erosión del suelo. Por lo tanto, es imperativo que se evite la introducción del patógeno en otras regiones productoras de cacao. Estos incluyen el Caribe insular, las Guyanas y Brasil en las Américas, así como los continentes productores de cacao a granel, África y Asia (Krauss, 2010).

La Fundación Hondureña de Investigación Agrícola (FHIA) asegura que, la moniliasis (*Moniliophthora roreri*) se encuentra distribuida en todos los países cacaoteros de Suramérica, como son Ecuador, Perú, Venezuela y Surinam; hasta el 2012 sólo Brasil no reporta la presencia del patógeno. Se halla también en Panamá, Costa Rica, Nicaragua, Honduras, Guatemala, Belice y desde el 2008 se ha reportado en México (Figura 2).

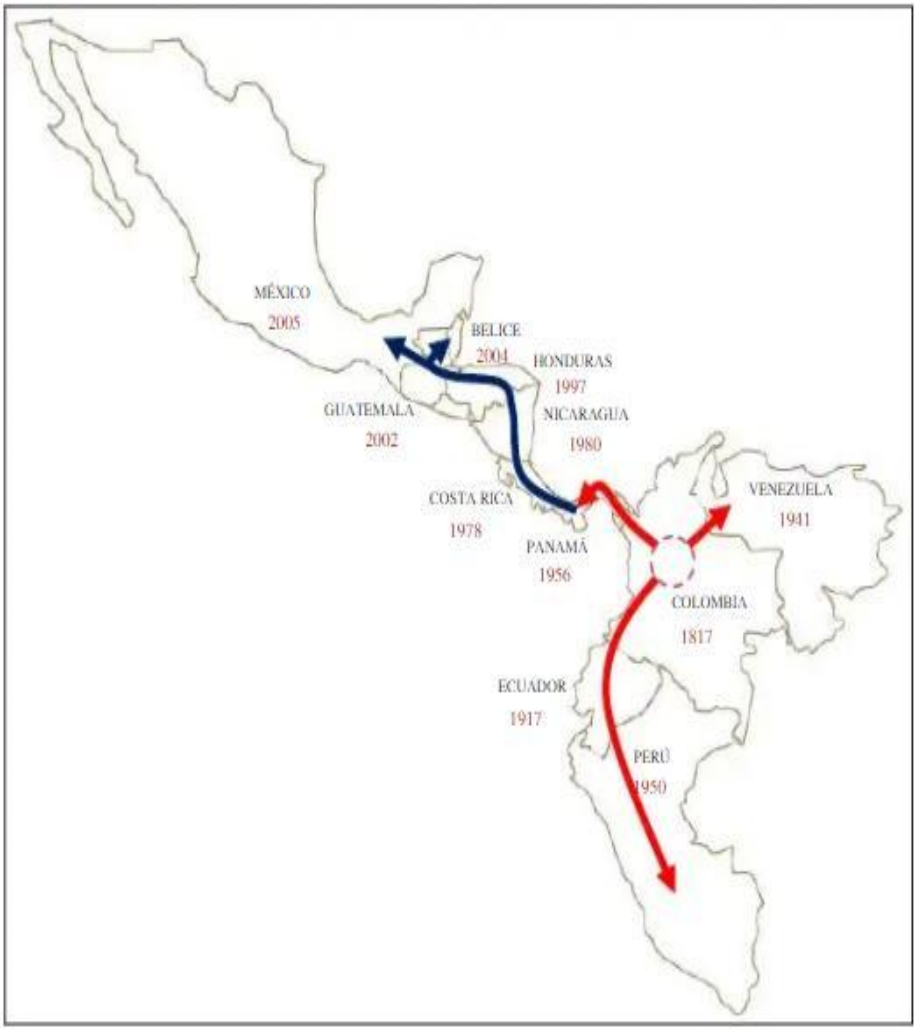



*Figura 2.* Probable diseminación cronológica de la Moniliasis del cacao en América (indicada por la línea remarcada). Línea roja = Diseminación inicial, Fuente: Torres de la Cruz (2010)

### 2.3.5.2 Clasificación taxonómica de *M. roreri*

Según Invasive Species Compendium CABI (2019) presenta lo siguiente:
Dominio: Eukaryota
Reino: Hongos
Filo: Basidiomycota
Subfilo: Agaricomycotina
Clase: Agaricomycetes
Subclase: Agaricomycetidae
Orden: Agaricales
Familia: Marasmiaceae
Género: *Moniliophthora*
Especie: *Moniliophthora roreri*

### 2.3.5.3 Etiología

Se sabe que el centro de origen de este patógeno está en la región nororiental de Colombia, capaz de afectar especies de los géneros *Herrania* y *Theobroma*. El agente causal de la Moniliasis fue inicialmente llamado *Monilia roreri* por Ciferri y Parodi (1933) y clasificado dentro del filum Ascomicota, describiéndolo como un hongo anamórfico debido a la aparente ausencia de un estado meiótico o de estructuras sexuales y sus similitudes morfológicas con otros fitopatógenos del género (Evans et al., 2003). Sin embargo, Evans et al. (1978) mediante estudios de microscopia electrónica, encontraron la presencia de septo doliporo (característico de hongos homobasidiomicetos) y un evento único de esporogénesis basipetal, resultado que motivó la creación del nuevo género *Moniliophthora* (Suárez y Hernández, 2010).

En la actualidad se desconoce el estado perfecto del hongo (sexual o teleomorfo), hasta el momento se considera que se reproduce asexualmente por conidias, las cuales son la única estructura hasta ahora conocida capaz de causar infección (Evans et al., 2003).

### 2.3.5.4 Ubicación de los grupos genéticos

En el mundo se ha dado a conocer cinco grupos genéticos plenamente identificados pertenecientes a este hongo, tres son endémicos y están localizados en las cordilleras central y oriental de Colombia, y en Ecuador. Los otros dos están ampliamente distribuidos y se encuentran en una fase invasiva, uno de ellos se localiza en el Oriente de Colombia, en la

periferia de Ecuador, Venezuela y Perú; y el otro en el Occidente de Colombia, Centro de Ecuador y América Central (Phillips-Mora, 2007).

Varias investigaciones han permitido establecer que los síntomas varían con la edad del fruto, pero la velocidad en que se desarrolla la enfermedad depende de las condiciones ambientales, básicamente de la temperatura, humedad relativa, susceptibilidad del clon o variedad de cacao y agresividad de los aislados (Porras y Sánchez, 1991).

#### 2.3.5.5 Morfología de *M. roreri*

Meinhardt et al. (2014) argumentan que *M. roreri*, es un hongo hemibiótrofo, debido a que posee una etapa biótrofa y una necrotrófica. Evans et al. (1978), mencionan posibles estados anamorfo y teleomorfo del hongo, basados en sus asociaciones como *Crinipellis perniciosa*, ahora llamada *M. perniciosa*, sin embargo, recientemente se han reportado evidencias del estado meiótico de las esporas de *M. roreri*, proponiendo una fase sexual producto de una división meiótica durante las fase de formación de esporas y germinación, dando lugar a hifas infectivas monocarióticas durante la etapa intercelular y biotrófica, donde seguramente una señal no identificada asociada con la edad del fruto, estimula la transición a la fase diploide necrotrófica del hongo, la cual induce los síntomas de manchas características de las mazorcas de cacao (Martínez, 2015).

Evans (2003) menciona que las esporas son multifuncionales y sirven no solo para el intercambio genético sino también para la dispersión, infección y sobrevivencia. La geometría de las esporas varía de esféricas a ovaladas y presentan dos casos de germinación, ya sea por medio del poro germinativo o en ocasiones directamente desde la pared celular. El tubo germinativo se localiza en el extremo distal y se pueden encontrar estructuras similares a un apresorio. Las esporas de mayor edad se caracterizan por sus paredes con mayor grosor y tonalidades oscuras, iniciando la fase de dormancia (Phillips-Mora, 2003).

#### 2.3.5.6 Diseminación

Las esporas de *M. roreri* son los únicos propágulos infectivos, estos se diseminan fácilmente por acción del viento y de la lluvia. Phillips-Mora (2007) señala que la época crítica para la infección de este fitopatógeno son los cuatro primeros meses de formación de frutos desde la floración.

A partir de frutos infestados, por medio del viento, durante la etapa de esporulación, una mayor temperatura, precipitación (cuyo impacto favorece la liberación de esporas) y humedad relativa

incrementan la infección. Un exceso de sombra, alta densidad de plantación sin poda oportuna y falta de control de malezas crea un medio con mayor humedad, por ende, incrementa el ataque del hongo. Las esporas pueden permanecer viables hasta por nueve meses, tiempo suficiente para conservarse de una campaña a otra. En el tiempo donde no hay fruta permanecen refugiados en ramas, frutos caídos y hojas (Colonia, 2012).

#### 2.3.5.7 Condiciones que favorecen la enfermedad

Las condiciones climáticas óptimas para el desarrollo de la enfermedad se presentan cuando las temperaturas son mayores a 25° C y existe una humedad relativa del 80 %, la reproducción y dispersión del hongo es favorecida por el manejo inadecuado de la plantación, el exceso de lluvias, las altas temperaturas y una humedad relativa elevada. En este sentido, las plantaciones con sembríos, excesivos, carente de drenaje, control inadecuado de malezas y plantas de cacao mal podadas, presentan las condiciones favorables para que la humedad se mantenga alta lo que contribuye al desarrollo de la enfermedad (Limones, 2015).

La precipitación incide de manera decisiva en la producción del inoculo (esporas) y su dispersión posterior en la plantación. Las esporas se desprenden mediante el impacto de las gotas de lluvia, las cuales también contribuyen con la germinación y ayuda en la penetración de las esporas en el tejido de la planta. La propagación del hongo ocurre mediante la acción de diversos agentes, entre los que se destaca: el agua, los insectos, viento y el hombre (Gutiérrez, 2019).

El chinche negro *Antiteuchus tripterus* (Hemíptera: Pentatomidae) es el principal insecto vector de la enfermedad. Se ha demostrado que su presencia en la plantación aumenta en 100 % en grado de infección desde una planta a otra (Bustamante, 2020). Las mazorcas enfermas colgadas del árbol son la principal fuente de infección durante los primeros noventa días de vida de los frutos nuevos. En efecto, un centímetro cuadrado de superficie esporulada en un fruto contiene hasta 57 millones de esporas, las cuales se puede dispersar hasta 30 metros de distancia por la acción de la lluvia y del viento; además, un fruto enfermo tiene la capacidad de esporular hasta veinte veces antes de descomponerse totalmente (Jaimes y Aranzazu, 2010).

#### 2.3.5.8 Hospedantes

El hongo fitopatógeno *M. roreri* ataca únicamente a las mazorcas de cacao, principalmente a dos géneros *Theobroma* y *Herrania.* Siendo *T. cacao* la más extensiva por su relevancia comercial, además de atacar a otras especies como: *Theobroma angustifolium, Theobroma*

*bicolor, Theobroma gileri, Theobroma grandiflora, Theobroma mammosum, Theobroma simiarum y Theobroma sylvestre*. (Jaimes y Aranzazu, 2010).

Díaz y Aime (2016) mencionan que se han descrito dos especies de *M. roreri*, que se diferencian principalmente por su tamaño de espora y el huésped, (*M. roreri* var. *roreri*), que produce pequeñas esporas e infecta principalmente a especies de los géneros *Theobroma* y *Herrania*, mientras que *M. roreri* var. *gileri* produce esporas grandes y tiene a *T. gileri* como única especie huésped.

**2.3.5.9 Epifitiología**

Esta enfermedad ha sido relatada a una altitud entre 0 y 1 520 msnm, donde existe precipitación fluvial anual de 780 – 5 500 mm y una temperatura de 18 a 28° C. En sitios donde la pluviometría es igual o mayor a 2 500 mm año$^{-1}$ y la humedad relativa está sobre el 80 %, la incidencia de Moniliasis puede superar el 90 % (Carrera, 2016).

Se encontró que existe una estrecha relación entre la humedad relativa y el movimiento de esporas del hongo, indicando que la liberación es realizada entre el 71 y 74 % de humedad relativa y las 10:00 am hasta las 14:00 pm aproximadamente (Ayala, 2008).

**2.3.5.10 Ciclo de vida del hongo patógeno**

Las condiciones climáticas y la cantidad de esporas libres son factores determinantes en el ciclo de vida de *M. roreri*. El ciclo comienza con la estación seca, época en la que se encuentran la mayor cantidad de esporas disponibles en el ambiente. Sin embargo, para que inicie la infección es necesario que existan condiciones de humedad. Conociendo el ciclo de vida de los organismos que causan estas enfermedades comprenderemos mejor cuándo y cómo controlarlas. La duración del ciclo de vida depende de la variedad del cacao y de las condiciones ambientales. El ciclo es más corto en climas calientes y húmedos que en climas frescos (Carrera, 2016).

Suárez y Hernández (2010) confirman que las condiciones de Santander, el ciclo de vida de *M. roreri* dura 60 ± 5 días sobre clones susceptibles y, 73±8 días sobre clones con resistencia parcial. En la Figura 3. se muestra el ciclo de la enfermedad, esta empieza en los residuos de cosecha (mazorcas contaminadas).

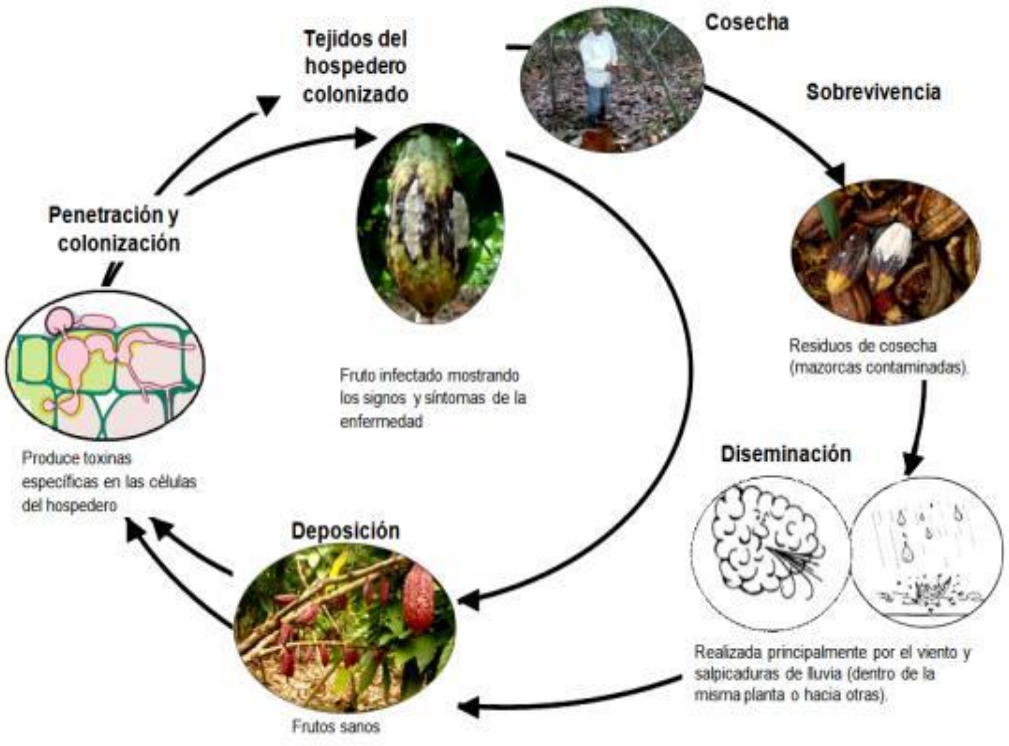



*Figura 3.* Ciclo de la Moniliasis causada por *M. roreri* en cacao, Fuente: Sánchez y Garcés (2012)

### 2.3.5.11 Descripción morfológica del cultivo de *M. roreri in vivo*

*M. roreri* se caracteriza por ser un hongo mitospórico dentro de los Agaricales. Estudios realizados por microscopía electrónica revelaron que este hongo presenta una única espermatogénesis basipetal, como en Monilia (antiguo término referido al género *Moniliophthora)* y posee septos doliporos en el micelio. Esto fue considerado como el estado mitótico (anamorfo) de un basidiomycete (Evans et al., 2003).

### 2.3.5.12 Signos y síntomas de la enfermedad

Una de las características del hongo *M. roreri* es su largo período de incubación, el cual puede ser de tres a ocho semanas, según la edad de la mazorca, severidad del ataque, susceptibilidad del genotipo de cacao, y las condiciones del clima, principalmente la presencia de lluvias (Alárcon et al., 2012). El primer síntoma de infección sobre el fruto se presenta al mes de la inoculación, observándose principalmente en la epidermis y se caracteriza por puntos pequeños de apariencia aceitosa, que con el tiempo se unen formando una mancha café con bordes bien definidos, sobre la cual aparece más tarde el micelio y las esporas del hongo. Internamente las almendras se encuentran fuertemente adheridas y en estado de descomposición más o menos avanzado, los frutos enfermos generalmente tienden a ser más pesados que los sanos (Correa, Castro y Coy, 2014).

### 2.3.5.13 Descripción del cultivo de *M. roreri in vitro*

El fitopatógeno crece lentamente sobre agar extracto de malta. Las colonias logran alcanzar un diámetro de 8-15 mm después de dos semanas, y muestran un borde levemente levantado. El crecimiento en forma de tapete de aspecto lanoso a fieltro, de color salmón pálido a rosa beige, finalmente se vuelve de color beige canela a arcilla, o localmente café lanoso a chabacano pálido. Ocasionalmente el tapete es de inicio suave a farináceo, de color blanco a crema con matices ocráceos. No produce olor. En la zona avanzada, la hifa es hialina, de pared delgada, septada y algunas veces es levemente irregular con hinchamientos de 1,5-5,0 µm de ancho. La hifa aérea es de dos tipos: a) como en la zona avanzada, pero con paredes levemente engrosadas, y b) hialina densa de color pardusco pálido, no septado de 1-1,5 y 2-3 µm de ancho y el esqueleto raramente ramificado (González et al., 2014).

Los conidióforos ramificados dan lugar a cadenas maduras de esporas. Las esporas son fácilmente separables, de paredes gruesas, de color amarillo pálido y de color café en masa, típicamente globosa o subglobosa, de 6,5-8,0 y de 15-25 µm de diámetro, algunas veces elipsoidales de 8-20 x 5-14 µm, paredes de 2 µm de grosor. Las esporas cilíndricas de paredes delgadas también están presentes y probablemente se derivan de cadenas inmaduras (Evans et al., 1978; Evans, 1986 y Phillips-Mora, 2003).

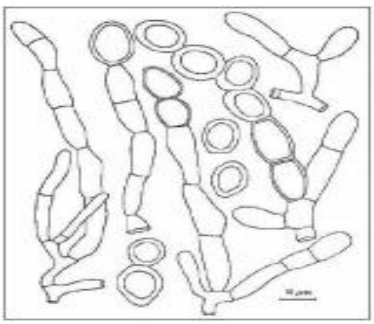


*Figura 4.* Estructuras morfológicas de *M. roreri* que muestran esporas con paredes gruesas y micelio septado, Fuente: Evans et al. (1978)

Las hifas se sumergen como en la zona avanzada, pero con hinchamientos más frecuentes. El hongo crece y esporula bien sobre tallos leñosos de cacao esterilizados con pérdidas significativas de peso del sustrato; grumos de color crema compactos, de micelio estéril con gotitas de exudado amarillo que se forman frecuentemente y los parches rojo púrpura compuestos de hifas rojas pesadamente incrustadas que están presentes en los cultivos viejos. Las temperaturas de crecimiento óptimo son de 25 a 26° C y máximo 33° C (Evans et al., 1978; Phillips-Mora, 2003).

### 2.3.5.14 Medidas de control

Cuervo y Parra (2011) mencionan diferentes estrategias de control para reducir los efectos de dichas enfermedades, entre las cuales se destacan la producción de enzimas líticas por hongos, bacterias, bioaceites esenciales y el mejoramiento genético de variedades.

**Manejo integrado de la moniliasis en cacao**

La Moniliasis requiere de un manejo integrado, firme y meticuloso mediante el resto del año, pero se debe mantener especial cuidado en la época de lluvias y durante la etapa de formación de frutos, es decir, desde la floración hasta cuando los frutos promedien los 4 meses de edad. El manejo directo consiste en remover semanalmente del árbol los frutos enfermos, que presenten cualquier síntoma. Se depositan en el suelo y se tapan con la hojarasca, la mazorca enferma en el suelo es atacada por microorganismos que evitan su esporulación y reducen su viabilidad para infectar a nuevos frutos. Esta enmienda debe hacerse antes de la esporulación (Gutiérrez, 2015).

El manejo indirecto comprende todas las actividades del cultivo que conduzca a reducir la humedad relativa del ambiente: realizar la poda de cultivo, bajar la altura de los árboles antes de la época de formación de frutos. Arreglar el sombrío para favorecer la entrada de luz, calor, y mayor circulación del aire. Realizar un efectivo control de malezas. Hacer mantenimiento a los drenajes. Aplicar un plan de nutrición acorde con las necesidades (Cerrón, 2012).

**Cultural**

Este control trata básicamente de evitar la entrada del patógeno en el área, y si está presente, impedir que encuentre las condiciones favorables de infección, multiplicación y diseminación. Evitar el excesivo crecimiento del árbol de cacao, ya que el autonombramiento reduce su actividad fotosintética, creando un microclima interno que estimula la infección y el desarrollo de la enfermedad en los frutos, lo que ayudaría también en la recolección de los frutos al momento de la cosecha (Sánchez y Gárces, 2012).

El control cultural es el pilar central de cualquier gestión integrada de la pudrición de las mazorcas heladas. Las mazorcas enfermas deben retirarse de los árboles de cacao antes de que el patógeno esporule en estas mazorcas. El patógeno tiene una fase latente de aproximadamente siete semanas; los productores de países afectados por las mazorcas heladas tienden a reconocer la enfermedad una semana antes de la esporulación. Esta capacidad de diagnóstico dicta la frecuencia fitosanitaria requerida, si se quiere prevenir la esporulación. Aunque epidemiológicamente sólido, el fitosanitario semanal es rentable solo en unas pocas regiones

de bajos salarios. Por tanto, Krauss et al. (2006) sugieren un mayor esfuerzo para capacitar a los agricultores para que reconozcan las primeras etapas de la infección.

Todas las mazorcas enfermas deben retirarse del árbol a intervalos antes de que comience la esporulación. Los cortes deben estar limpios en el pedúnculo para evitar la exposición del tejido interno, sobre el cual el hongo esporula incluso después de que se eliminan las vainas. Una vez cortadas, todas las mazorcas enfermas pueden dejarse sin tocar en el suelo, para permitir la inactivación microbiana de la masa de esporas, si está presente (González et al., 1983; Aranzazu, 1987). Las vainas momificadas en el dosel pueden pasar por 10-14 ciclos de esporulación hasta por 80 días (Ram, 1989). Estas esporas pueden permanecer viables hasta nueve meses, mientras que las vainas en el suelo se descomponen rápidamente y las esporas pierden su viabilidad (Evans, 1981).

En el manejo cultural se han incluidos prácticas como la: remoción semanal de frutos con los síntomas iniciales de la enfermedad, en las distintas etapas de desarrollo del fruto, eliminación total de frutos en época de baja producción o al final de la principal etapa productiva. Poda fitosanitaria del árbol de cacao, disminución de la altura de la planta de 3 a 4 metros y control de malezas, manejo del drenaje, poda de árboles de sombra (eliminación de ramas cruzadas, viejas y enfermas) y cosecha oportuna de frutos; acciones como estas evitan la formación de microclimas húmedos, que favorecen el desarrollo de la enfermedad (Torres de la Cruz, 2010).

**Genético**

Entre los cultivares de la especie *T. cacao* hay diferencias en la susceptibilidad a *M. roreri*, lo cual muestra que en esta especie existen fuentes de resistencia al hongo. Aún no se ha descubierto un material inmune a *M. roreri*, pero de las pruebas en Ecuador, Colombia, Costa Rica y Honduras, se conoce que hay cultivares (clones o híbridos) que, consistentemente muestran menor número de mazorcas infectadas. Ejemplos: UF-273, EET-75, EET-233, UF-296, CC-210, IMC-67, CC-266, CCN-51, entre otros. (Gonzales y Roble, 2014).

De acuerdo con Phillips-Mora (2004), la protección contra *M. roreri* mediante resistencia genética resulta el método más económico, factible, duradero y eficaz. En este sentido, Phillips-Mora et al. (2005) han identificado una fuente del nivel de resistencia contra aislamientos de *M. roreri* en el clon ICS – 95. El uso de la resistencia genética contra *M. roreri* es factible, sin embargo, por el tiempo del proceso productivo del cacao en el progreso de la investigación de resistencia no se ha visto aun reflejado en el combate exitoso de la enfermedad (Chamorro, 2018).

**Biológico**

Se define al control biológico como la reducción de la densidad de inóculo o sus estructuras reproductoras de un hongo patógeno o parásito en estado activo o de dormancia, por uno o más organismos obtenidos naturalmente (Alárcon et al., 2012). Se basa en la implementación de organismos vivos (microorganismos) como herramienta base en la erradicación o reducción del inóculo de un patógeno. Se emplean organismos antagonistas nativos para la inhibición del crecimiento del patógeno (Jaimes y Aranzazu, 2010).

El control biológico de *M. roreri* se puede clasificar en dos enfoques: control biológico clásico y de inundación. El biocontrol invasivo utiliza antagonistas nativos del área donde se va a controlar el patógeno. El argumento a favor del control biológico invasivo es la adaptación del agente a las condiciones agroecológicas locales. Para lograr un buen control, estos agentes deben aplicarse típicamente en cantidades relativamente grandes y repetidamente a lo largo de la temporada, lo que es caro. Este enfoque se ha desarrollado para el control de las enfermedades de la mazorca del cacao en Perú con aumentos de rendimiento de hasta un 16,7 %, pero resultó menos prometedor en Costa Rica. Por lo tanto, el control biológico clásico puede ser más aplicable, ya que tanto el cultivo como el patógeno se eliminan de su centro de origen (Krauss et al., 2003).

Evans et al. (2003) recolectaron numerosos candidatos para el control de la pudrición de la Moniliasis de *Theobroma gileri* en el oeste de Ecuador, más notablemente *Clonostachys* spp. y *Trichoderma* spp. Posteriormente, un aislamiento endofítico y micoparasitario de *Trichoderma ovalisporum* arrojó resultados respetables tanto en Ecuador como en Costa Rica (Krauss et al., 2010).

Se ha implicado a agentes endofíticos de control biológico en la resistencia sistémica inducida (Bailey et al., 2006). También crean una ventana de oportunidad mucho más amplia para el antagonismo a través de la exclusión (competencia), el micoparasitísmo y / o antibiosis, porque las esporas de *M. roreri* germinan y penetran en la superficie de la mazorca, puede estar latente durante dos meses (Evans, 1981). Los antagonistas endofíticos coevolucionados pueden ser una solución a medio plazo particularmente adecuada para el biocontrol clásico de *Moniliophthora* spp. en cacao sembrado fuera de su centro de origen sudamericano (Krauss et al., 2010).

**Químico**

Para el control químico de *M. roreri* se emplean tradicionalmente fungicidas de protección, aunque con cuestionable eficacia. Sin embargo, el uso de cobre y protectores orgánicos ha permitido reducir la incidencia y severidad de la enfermedad. Aunque los sistemas de aplicación mejorados con fungicidas sistémicos benefician la eficiencia en el control del hongo patógeno, existe una baja adopción por el incremento en los costos de producción (Flood y Murphy, 2004).

Según Coral (2012), el control químico con Triadimefon, Tebuconazol y Prochloraz puede ayudar a curar y prevenir la Moniliasis. Para aplicaciones de productos químicos lo más recomendable es hacerlo cuando el fruto esté entre los 30 y 90 días, etapa de máxima sensibilidad del cultivo a este hongo.

En la actualidad se dispone de un amplio espectro de moléculas de fungicidas, los cuales pueden adaptarse a las formulaciones que satisfagan necesidades precisas. Las características óptimas que un fungicida debe poseer son ofrecer un control de la enfermedad eficaz y eficientemente; no de presentar toxicidad a la concentración recomendada y no debe provocar problemas a otras partes del ecosistema del cultivo (Chamorro, 2018).

En caso de decidir la aplicación, se recomienda realizar seis aplicaciones, una cada 14 días, empezando cuando los frutos tengan 15 días de edad. Las atomizaciones deben realizarse directamente sobre el fruto (Carrera, 2016).

# CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

## 3.1 Tipo de Investigación

La presente investigación es de tipo no experimental exploratoria y documental, la cual se realizó mediante una revisión bibliográfica de fuentes primarias y secundarias sobre la situación actual del hongo fitopatógeno *M. roreri* y estrategias de control en cultivos de cacao (*T. cacao*) de la Amazonía Ecuatoriana.

## 3.2 Métodos de Investigación

Se seleccionó mediante criterios de elegibilidad, por medio de la descripción de estudios científicos y la síntesis e interpretación de los resultados. El límite establecido para la elección de las fuentes bibliográficas de los últimos 10 años. Se tuvo en cuenta artículos de estudios científicos sin restricción con el idioma de publicación, utilizando búsquedas bibliográficas en las bases de datos antes mencionadas por una combinación de palabras clave tanto en inglés como en español que facilitaron su ubicación. Luego de la ubicación de los documentos bibliográficos, en una primera fase se procedió a revisar el título, los autores, el resumen y los resultados de cada uno para determinar su selección o exclusión si los resultados son pertinentes y aplicables a nuestro tema de estudio.

En una segunda fase se realizó una lectura crítica de los documentos bibliográficos seleccionados y se procedió a elaborar tablas de análisis y síntesis de la moniliasis. La elaboración de la tabla facilitó la identificación de los hallazgos que son comunes en los diferentes estudios y contrastarlos.

Para dar cumplimiento al primer objetivo se tomó en cuenta las siguientes variables: Autor Año, Titulo, Nombre de la revista, País de estudio.

Para dar cumplimiento al segundo objetivo planteado se tuvo en cuenta las siguientes variables: Tipo de control, Mecanismo, Género, Especie y Referencia para la tabla 3. Para la Tabla 4 y 5 se consideraron las siguientes variables: Ingrediente activo, dosis, mecanismo de acción, modo de acción y grupo Químico. Las variables de eficiencia *in vitro* fueron el porcentaje de inhibición del crecimiento micelial y germinación de esporas, mientras que las variables de eficiencia *in vivo* fue el porcentaje de disminución de la enfermedad.

### 3.3 Estrategias de búsqueda

Para dar cumplimiento a cada uno de los objetivos planteados se realizó una búsqueda sistemática de literatura científica publicada en los últimos 10 años sobre el hongo Fitopatógeno *M. roreri* y estrategias de control. Se realizó una búsqueda sistemática de literatura en las siguientes bases de datos y motores de búsqueda: Scielo 200, Google académico, EBSCOhost 15, Scopus 10, Redalyc y sitios web. Además, se analizaron tesis de maestrías y doctorados, procedentes de universidades nacionales e internacionales relacionadas con la temática.

Para la obtención de una mayor especificidad se utilizó la combinación de operadores booleanos con términos definidos de acuerdo con la pregunta de investigación, junto con la literatura gris encontrada. Se utilizaron los límites de tiempo "2010 to present", "between 2010 and 2020" y "limit to 2010 - 2020" respectivamente, para abarcar la literatura científica publicada entre el 2010 y 2020. Las rutas específicas de términos de búsqueda a consultar se presentan a continuación: ("*Theobroma cacao*" OR *cocoa* OR *cacao*) AND (*disease*" OR *moniliasis*) OR (*Moniliophthora*) AND (*ecology* OR control).

### 3.4 Criterios de inclusión de literatura científica

Los criterios de inclusión considerados para la búsqueda de información fue la siguientes:

1. **Palabras claves para efectuar la búsqueda:** *Theobroma cacao, Moniliophthora roreri*, Moniliasis, biología, adaptación, daño, síntomas, estrategias de control, cultural, biológico, químico, manejo integrado
2. **Número de estudios:** Se obtuvo un total de 300 artículos se tomaron en cuenta 18 artículos científicos, 8 tesis de pregrado y posgrado.
3. **Selección de datos:** en el presente estudio se verificó que cumplan los siguientes aspectos.
    a. Disponga de todos los parámetros para un citado correcto.
    b. Contenga información relacionada con el estudio que se lleva a cabo
    c. Contengan información en relación con las variables descritas.

### 3.5 Criterios de exclusión de literatura científica

Los criterios de exclusión de información fueron los siguientes:

1. Información que no va acorde con el tema de esta investigación.
2. Estudios previos al año 2010.
3. Información que no tenga una fuente oficial confiable.

4. Estudios que no poseen rigurosidad científica.

### 3.6 Manejo de la información

Inicialmente la información fue ordenada en carpetas de forma manual agrupando por temas. Una vez identificados los documentos principales, fue necesario realizar un análisis de co-citacion de autores y de co-ocurrencia, para identificar las investigaciónes y los autores con más citaciones.

Se realizó una selección detallada de los artículos que tengan una relación directa con los resultados y aspectos de mayor relevancia para el tema de estudio. Una vez seleccionada la información bibliográfica, se realizó un análisis exhaustivo con su respectiva síntesis para ir plasmando la información en este documento bajo criterios de rigurosidad científica de credibilidad y confirmación. Por último, se plasmó información mediante análisis y síntesis con información sobre la biología, adaptación y severidad de *M. roreri*, además se elaboró tablas en base a las estrategias de control con sus respectivos autores y año de publicación de forma cronológica.

## CAPÍTULO 4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Con la implementación de protocolo de búsqueda bibliográfica descrito inicialmente, se logró obtener un total de 300 artículos, publicados entre 2010 y 2020 (Scielo 200, Google académico, EBSCOhost 15, Scopus 10, Redalyc 10).

Los documentos encontrados inicialmente fueron agrupados en temas de interés, se descartaron 160 documentos por no cumplir con los criterios de inclusión determinados de acuerdo con la pregunta de investigación. La implementación del protocolo de búsqueda en las tres bases de datos arrojo un total de 18 artículos y 8 tesis seleccionados según la revisión sistemática facilitando el análisis de la información en las etapas posteriores (Figura 5).

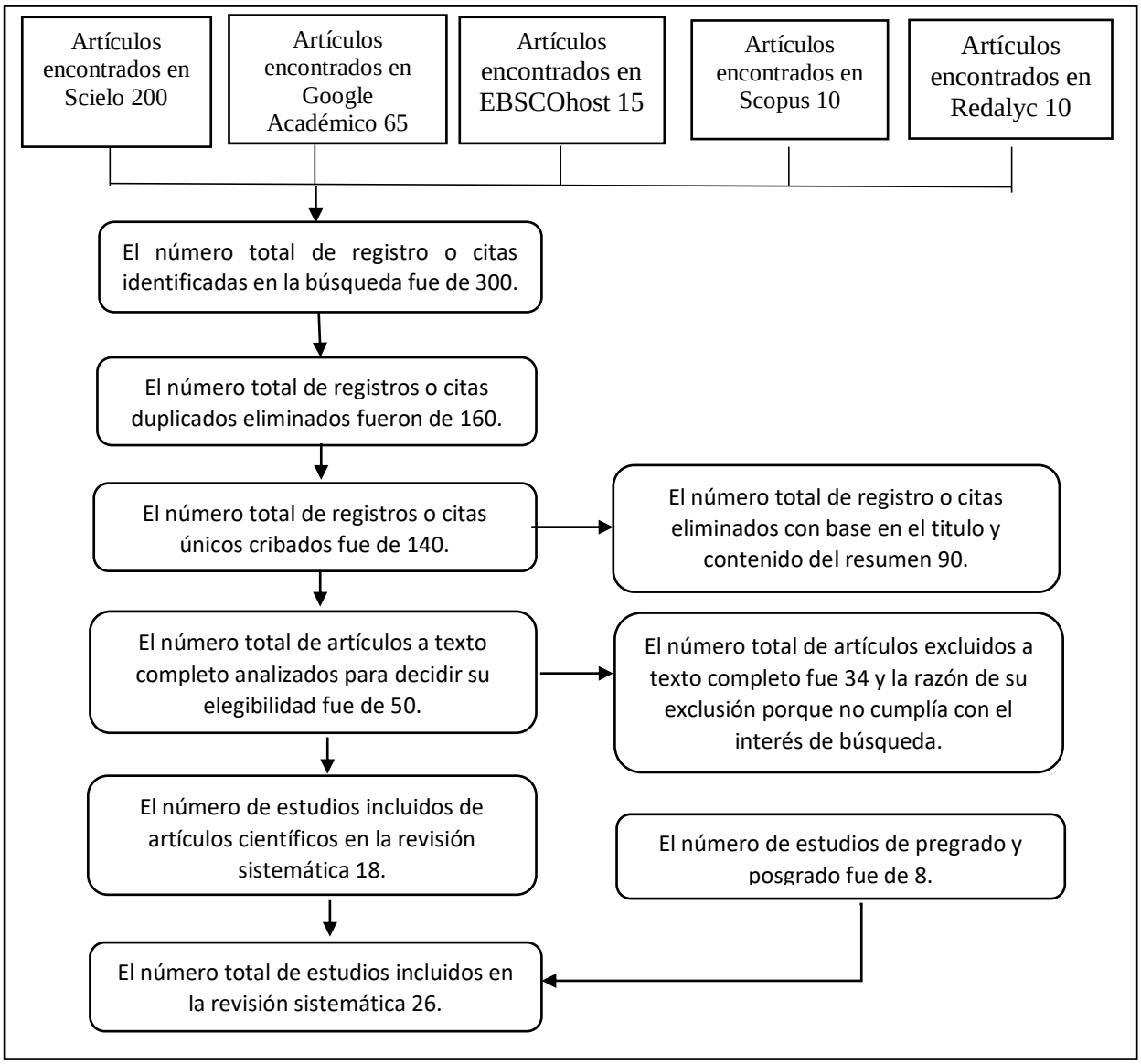



*Figura 5.* Diagrama de flujo de la información en las diferentes fases de la revisión sistemática, Fuente: Elaboración propia

Se tomó en cuenta 18 artículos obtenidos de revistas, 8 tesis de pregrado y posgrado indexas en la base de datos, de acuerdo con los mismos criterios de inclusión y exclusión. Esta literatura fue obtenida mediante la página de búsqueda de Scielo, Google académico, EBSCOhost, Scopus, Redalyc y sitios web (Tabla 1 y Tabla 2).

Tabla 1.

*Artículos científicos revisados sobre M. roreri y estrategias de control*

| AUTOR | AÑO | Título | NOMBRE DE LA REVISTA | PAIS DE ESTUDIO |
|---|---|---|---|---|
| Anzules, V. et al | 2019 | Control cultural, biológico y químico de *Moniliophthora roreri* y *Phytophthora* spp. en *Theobroma cacao* 'CCN-51' | Scientia Agropecuaria | Perú |
| Correa Álvarez, Javier; Castro Martínez, Sergio; Coy | 2014 | Estado de la Moniliasis del cacao causada por *Moniliophthora roreri* en Colombia | Acta Agronómica | Colombia |
| Freile, J. et al. | 2017 | Microorganismos del suelo y enfermedades asociadas a genotipos de cacao (*Theobroma cacao* L.) en la Amazonía Ecuatoriana | Acta Agronómica | Ecuador |
| Joaquín Guillermo Ramírez Gil | 2016 | Pérdidas económicas asociadas a la pudrición de la mazorca del cacao causada por *Phytophthora* spp.,y *Moniliophthora roreri* (Cif y Par) Evans et al., en la hacienda Theobroma, Colombia | Protección Vegetal | Colombia |
| John Seng, Geovanny Herrera, Christopher S. Vaughan & Michael B. McCoy | 2014 | Use of *Trichoderma* fungi in spray solutions to reduce *Moniliophthora roreri* infection of *Theobroma cacao* fruits in Northeastern Costa Rica | Revista de Biología Tropical | Costa Rica |
| Másmela-Mendoza | 2019 | Distribución potencial y nicho, fundamental de *Moniliophthora* spp. en cacao de América y África | Agronomía Mesoamericana | Costo Rica |
| Pérez-Vicente | 2018 | *Moniliophthora roreri* H.C. Evans et al. y *Moniliophthora perniciosa* (Stahel) Aime: impacto, síntomas, diagnóstico, epidemiología y manejo | Protección Vegetal | Cuba |
| Reyes-Figueroa et al. | 2016 | Trichoderma species from the cacao agroecosystem with biocontrol potential of *Moniliophthora roreri* | Revista Chapingo | México |
| Samira L. et al. | 2020 | Fuzzy modeling of the risk of cacao Moniliasis occurrence in Bahia state, Brazil | Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental | Brasil |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Sandoval, A. et al. | 2020 | Estado actual de la cacaocultura: una revisión de sus principales limitantes | Ciencia y Agricultura | Colombia |
| Solíz, B. et al. | 2015 | Evaluación agronómica de híbridos de cacao (*Theobroma cacao* L.) para selección de alto rendimiento y resistencia en campo a moniliasis | Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas | México |
| Sotomayor, et al. | 2020 | Generación de Nueva Descendencia Híbrida Promisoria para Futuras Plantaciones Comerciales de Cacao Fino | Investigaciones EETP | Ecuador |
| Suárez, L. y Rangel, A. | 2014 | Aislamiento de microorganismos para control biológico de *Moniliophthora roreri* | Acta Agronómica | Colombia |
| Tirado-Gallegos PA, Lopera-Álvarez A, Ríos-Osorio LA | 2016 | Estrategias de controle de *Moniliophthora roreri* e *Moniliophthora perniciosa* em *Theobroma cacao* L.: revisão sistemática | Sanidad Vegetal y Protección de Cultivos | Colombia |
| Torres de la Cruz, et al. | 2019 | Control químico de *Moniliophthora roreri* en México | Biotecnia | México |
| Vera, L. et al | 2018 | Microorganismos endófitos asociados a *Theobroma cacao*, como agentes de control biológico de *Moniliophthora roreri* | Centro Agrícola | Ecuador |
| Villafuerte. S, et al. | 2020 | Eficacia de mezclas de *Trichoderma* spp. y aceite de palma en el manejo de *Moniliophthora roreri* Cif & Par en cacao | Centro Agrícola | Ecuador |
| VILLAMIL, J. et al | 2015 | Integración de prácticas culturales y control biológico para el manejo de *Moniliophthora roreri* Cif & Par | Revista de Ciencias Agrícolas | Colombia |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2.

*Tesis de pregrado y posgrado con información relevante de M. roreri*

| AUTOR | AÑO | Título | PAIS DE ESTUDIO |
|---|---|---|---|
| Aguirre Cobos Génesis | 2019 | Caracterización molecular de *Moniliophthora roreri* causante de la vaina helada (moniliasis) en el cacao en tres provincias del Ecuador: Los Ríos, Manabí y Santo Domingo de los Tsáchilas | Ecuador |
| Arciniega Monta Jessica | 2017 | Propuesta de manejo integrado de la Moniliasis (*Moniliophthora roreri*) del cacao (*theobroma cacao*) en Santo Domingo de los Tsáchilas | Ecuador |
| Carrera Sánchez Karina | 2014 | Caracterización cultural, morfológica, fisiológica y patogénica de *Moniliophthora roreri* en cacao, provincia de Napo-Ecuador | Cuba |
| Carrera Sánchez Karina | 2016 | Caracterización de *Moniliophthora roreri* Evans et al. y evaluación de alternativas de control biológico en cacao, para la Amazonía ecuatoriana | Cuba |
| Estrella Guayasamín Erick y José Cedeño Aguilar | 2012 | Medidas de control de bajo impacto ambiental para mitigar la Moniliasis (*Moniliophthora roreri* Cif y Par. Evans et al.) en cacao híbrido nacional x trinitario en Santo Domingo de los Tsáchilas.” | Ecuador |
| González, E. y Soto, R. | 2020 | *Moniliophthora roreri* y su relación en la pudrición interna del cacao en la provincia de Leoncio Prado, Huánuco-Perú | Perú |
| Limones Briones Carlos Andrés | 2015 | Descripción del manejo técnico de la Moniliasis (*Moniliophthora roreri*) en cultivos de cacao (*Theobroma cacao* L.) | Ecuador |
| Leandro Muñoz Mariela Eugenia | 2017 | Biology and epidemiology of *Moniliophthora roreri*, causal agent of *Moniliophthora* pod rot of cacao | Costa Rica |

Fuente: Elaboración propia

### 4.1 Análisis de la biología, adaptación y severidad de *M. roreri* en cacao

Nombres comunes de la enfermedad según Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IDIAF, 2012): Moniliasis del cacao, pudrición de fruto, pudrición acuosa del fruto, helada mancha ceniza, enfermedad de Quevedo.

Díaz y Aime (2016) declaran dos especies que se diferencian por el tamaño de espora y el huésped. La primera es *M. roreri* var. *roreri* que produce pequeñas esporas e infecta principalmente a especies de los géneros *Theobroma (T. angustifolium, T. bicolor, T. gileri, T. grandiflora, T. mammosum, T. simiarum, T. balaoensis* y *T. sylvestre*) y *Herrania,* mientras que la segunda *M. roreri* var. *gileri* produce esporas grandes y tiene a *T. gileri* como única especie huésped.

El ciclo de la enfermedad se inicia en condiciones de humedad relativa alta de 80 y 100 %, a una altitud entre 0 y 1 520 msnm, donde exista precipitación fluvial anual de 780 – 5 500 mm y temperaturas de 20 y 28° C en la cual se produce la liberación y dispersión de las esporas en la plantación, se necesita la presencia de una película de agua en los frutos para la germinación de las esporas e invasión del hongo, además deben existir cambios bruscos de temperaturas y humedad para estimular el proceso de esporulación (Leandro, 2011). El patógeno tiene tres condiciones principales para determinar su desarrollo entre las cuales tenemos: humedad relativa, la precipitación, la temperatura mínima del mes más frío y del mes más cálido, estas condiciones permiten tener un ambiente óptimo para su reproducción y distribución (Gonzales, 2018).

La Moniliasis cumple un ciclo de vida dual, una fase biotrófica desde su germinación de las esporas hasta su invasión intercelular del huésped, puede durar hasta 45 días antes de la clorosis y otra fase necrótica, que causa reducción y maduración prematura de mazorcas y aparecen necrosis externas e internas que se propagan rápidamente, cubriendo toda la mazorca de micelios donde se desarrolla las esporas asexuales lo que desencadena la muerte del tejido y la momificación, mismas que se desprenden con el viento formando masas densas contaminando nuevos lugares por varios temporadas (Fayton, 2017).

Este patógeno vive en los restos de cosecha (cáscaras y mazorcas infectadas) y de esta manera las esporas son transportadas por el viento, lluvia, y por las labores culturales que son fuentes de proliferación para otras plantaciones; cuando este hongo tiene las condiciones de humedad y temperatura puede llegar a infectar severamente los frutos menores de 2 meses, al contagiar penetra directamente la epidermis o estomas lo que origina el crecimiento entre las células del córtex provocando un periodo largo de incubación, no obstante cuando se tiene las condiciones climáticas no adecuadas (humedad, temperatura, precipitación y altitud), las esporas no germinan en los frutos y se destruyen por la radiación solar (Mora et al., 2012). Las conidias

pueden ser globosas, subglobosas y elípticas, pudiendo medir de 7-10.5; 6.3-9.3 y 7.5-11.6 µm, respectivamente (Villavicencio y Jiménez, 2010).

La principal plaga actualmente está presente en el cultivo de cacao es: *M. roreri* que ataca al fruto causando deformaciones en la superficie, la no formación de las semillas o daños inservibles ocasionando pérdidas de hasta el 80 % de la producción sino se toman las medidas de prevención como el control cultural, sobre todo la eliminación de frutos contaminados (Agrocalidad, 2015).

El primer síntoma de infección sobre el fruto se presenta al mes de la inoculación, observándose principalmente en la epidermis y se caracteriza por puntos pequeños de apariencia aceitosa, que con el tiempo se unen formando una mancha café con bordes bien definidos, sobre la cual aparece más tarde el micelio y las esporas del hongo. Internamente las almendras se encuentran fuertemente adheridas y en estado de descomposición más o menos avanzado, los frutos enfermos generalmente tienden a ser más pesados que los sanos (Correa, Castro y Coy, 2014).

La severidad de esta enfermedad es diversa dependiendo de la época del año, de la zona, e incluso dentro de la misma área; esto dependerá de los factores climáticos que se presenten, debido a que esta enfermedad ataca directamente a los frutos es considerada como la mayor limitante de la producción del cultivo de cacao en América tropical. *M. roreri* ha sido la gran causante de grandes pérdidas económicas en países de américa tales como: Ecuador, Colombia, Costa Rica entre otros; de los países mencionados los de mayor afectación han sido Ecuador y Colombia, alcanzando entre los 2 países una pérdida anual de al menos un tercio de la producción total, el cual representa 40.000tn/grano seco (Ronquillo, 2020).

Los daños por esta enfermedad en Colombia alcanzan más del 40 % de la producción anual del país (Cárdenas, Darghan, Sosa y Rodríguez, 2017), en términos de pérdidas de grano comercial significaría 28.000 t sobre una producción aproximada de 42.000 t (Correa, Castro & Coy, 2014). Su presencia en algunos países de América como Cuba se considera como de tipo cuarentenario (Martínez & Pérez, 2015).

### 4.2. Identificación de las estrategias de control usadas para combatir la Moniliasis en el cultivo de cacao

#### 4.2.1 Análisis del control cultural

Esta estrategia de control tiene como objetivo evitar la entrada del patógeno en el área de la finca, y si está presente, impedir que encuentre las condiciones favorables de infección,

multiplicación y diseminación. Evitar el excesivo crecimiento del árbol de cacao, ya que la autosombra reduce su actividad fotosintética, creando un microclima interno que estimula la infección y el desarrollo de la enfermedad en los frutos, lo que ayudaría también en la recolección de los frutos al momento de la cosecha (Tirado, Lopero y Rios, 2016).

Anzules et al., (2019) realizaron un control mecánico de malezas mediante el macheteo, podas sanitarias y eliminando las mazorcas con presencia de la enfermedad. Las podas oportunas permitirán una mejor circulación del aire y una apropiada entrada de luz para evitar la creación de microclimas que favorezca al hongo.

Las podas sanitarias al momento de la cosecha es otra buena práctica para eliminar las partes afectadas por insectos o enfermedades. La poda frecuente, regulación del estrato superior, buen drenaje, densidades apropiadas, la eliminación de malezas y adecuado programa de fertilización, ayudan al óptimo desarrollo del árbol de cacao, por lo tanto los patógenos que ingresen a las plantaciones tengan pocas probabilidades de establecerse y posteriormente desarrollarse; en caso de que la enfermedad llegase a establecerse, con un manejo cultural adecuado estas pueden ser controladas económicamente y se podrá convivir con la enfermedad, y si la enfermedad ya está presente, es de suma importancia remover de la plantación, semanalmente las partes afectadas (frutos con síntomas de la enfermedad) del cacaotal, reduciendo la intensidad de la mencionada molestia (Sánchez y Garcés, 2012).

También, es importante la recolección y eliminación de frutos enfermos, pues es el método de control más recomendado contra la enfermedad, pudiendo ser ella de forma semanal (Colonia, 2012). Los frutos con signos del hongo (mazorcas con aspecto de ceniza), se deben tumbar o remover en las primeras horas de la mañana o en la tarde después de las 16:00 pm, evitando que la humedad no permita el desprendimiento de las conidias, y por último dependiendo de la cantidad de estos, puedan enterrarse o pudiendo ser trasladados a otro sitio. La remoción debe ser oportuna; en caso contrario, una sola falla puede permitir la esporulación en mazorcas en la copa y así diseminar el patógeno (Sánchez y Garcés, 2012).

Algunos productos de síntesis química de tipo protector (a base de cobre) pueden ser combinados con la medida cultural en las épocas de alta incidencia de la enfermedad, aplicándose semanalmente durante dos meses, iniciando en la época de mayor floración (Jaimes y Aranzazu, 2010).

### 4.2.2 Análisis del control biológico

Vera et al. (2018) señalan que el uso de bacterias, especialmente *Bacillus* spp. y *Pseudomonas fluorescens*, ha comenzado a recibir atención durante los últimos años para el control de las enfermedades del cacao, aunque menos que el uso de hongos antagonistas. Melnick et al. (2011), encontraron que en el cacao pueden coexistir múltiples especies bacterianas formadoras de endosporas de diferentes géneros. Anzules et al. (2019) mencionan una de las estrategias de control que se ha venido estableciendo es la utilización de agentes biológicos, como hongos y bacterias. Actualmente, se ha documentado que ciertos grupos de estos presentan efecto antagónico sobre otros microorganismos, de modo que desarrollan diferentes procesos bilógicos de antagonismo, como la producción de metabolitos, actividades parasíticas y actividades de competencia por espacio y nutrientes contra microorganismos patógenos, más la inducción de resistencia en el árbol de cacao.

Entre los microorganismos más empleados como agentes de biocontrol se encuentran hongos, como el *Trichoderma* sp., y bacterias, como el *Bacillus* sp., los cuales tienen la capacidad de desarrollar diferentes procesos metabólicos que les permiten ser los mejores candidatos para su empleo como agentes de control biológico (Galarza et al., 2015).

Entre las especies que han sido más ampliamente estudiadas, se encuentran las del género *Trichoderma* sp., que utiliza varios mecanismos de control biológico como parasitismo, antibiosis y competencia por espacio y nutrientes; también es capaz de promover el crecimiento y desarrollo de la planta e inducir en esta la respuesta de defensa (Cuervo et al., 2011).

En Colombia, los resultados obtenidos durante la prueba de antagonismo *in vitro*, fue observado una inhibición en el crecimiento de *M. roreri* de un 95 % frente a la cepa de *Trichoderma* sp del Zulia, pudiendo ser un posible controlador biológico para la Moniliasis, entre tanto la cepa *Trichoderma* sp de Iscalá fue del 70 %, mientras la de *Trichoderma* sp Cubana fue de un 55 %. Estos valores de inhibición por encima del 50 %, los convierten en posibles controladores biológicos (Sánchez y Garcés, 2012).

En cuanto al efecto *in vitro* e *in vivo* de los tratamientos con *Trichoderma* spp sobre *M. roreri* se obtuvieron con aislados *T. harzianum* y *T. viride* este último mostró la mayor eficacia técnica en el control de *M. roreri* en condiciones de campo. La aplicación de estos dos aislados nativos reduce la incidencia de la enfermedad hasta en un 40 % con una eficacia técnica de 80,39 %. Esto demuestra la importancia de reproducir artesanalmente los hongos antagonistas a nivel

local. Aplicando una dosis de $1x10^{13}$ esporas. $mL^{-1}$ en campo la producción pasaría de 200 a 320 kg $ha^{-1}$ de cacao seco por año (Carrera, 2016).

La especie *T. harzianum* produce antibióticos y enzimas como la β-1,3-glucanasa, quitinasa, proteasa y celulasa, que actúan como degradadores de la pared celular. Se produce ácido nonanoico (AN), el cual tiene una actividad inhibitoria *in vitro* en el crecimiento micelial y germinación de esporas para *M. roreri* (Cuervo et al., 2011).

*Trichoderma ovalisporum* es un hongo endófito que desarrolla infecciones asintomáticas dentro del árbol sano para formar una simbiosis mutualista que puede presentar un efecto adverso sobre la esporulación de *M. roreri* y, de esta manera, proteger las semillas de cacao de la infección (Krauss et al., 2010). Uno de los argumentos a favor que sostiene Krauss et al. (2010) acerca de los agentes de biocontrol endofíticos como *T. ovalisporium* es que este se enfrenta mayormente al antagonismo con *M. roreri*, debido a que germinan y penetran la superficie de la mazorca, para después hacer su establecimiento sistémico en la infección de esta con la reducción en un 23, 8 % de la Moniliasis en los cultivos de cacao.

Los endófitos con gran potencial para el biocontrol son los siguientes: *T. stromaticum*, *T. hamatum* y *T. asperellum*. así como otras de las especies aisladas de *Trichoderma* sp. indican una alta efectividad, porque inducen una respuesta de resistencia en el árbol de cacao a las enfermedades (Galarza et al., 2015).

San-Blas et al. (2012) confirmaron que bacterias aisladas del género *Xenorhabdus* sp tienen una acción antifúngica alcanzando hasta el 97 % *M. roreri*. Algunas de las especies reportadas son *X. bovienii*, *X. nematophila*, *X. innexi*, *X. poinari*, *X. cabanillasii*, inhibiendo la esporulación por sus exudados en un 70 %.

Según lo reportado por la literatura, otras bacterias que pueden presentar actividades antagónicas frente a microorganismos patógenos del cacao son las del género *Bacillus* sp., ya que estas pueden colonizar los tejidos del cacao por un tiempo de 60 días o más, con la consecuente reducción de enfermedades producidas por patógenos. Un alto porcentaje de estas se encuentra en diferentes partes del árbol de cacao, tanto en las hojas y cojines florales como en las semillas y el tallo, zonas de las cuales ha sido aislada e identificada una gran variedad de especies que producen sustancias antibióticas (Sánchez y Garcés, 2012).

A continuación, se mencionan algunas de las bacterias aisladas que presentan mayor actividad antagónica, y altos niveles de colonización frente a *M. roreri*: *B. cereus*, *B. subtilis*, *B.*

*thuringiensis, B. pumilus* y *B. amyloliquefaciens. B. subtilis*, presentó una inhibición del 40,4 % en *M. roreri*. Hay evidencias de que la gran mayoría de las bacterias aisladas presenta un porcentaje mínimo de inhibición de crecimiento contra *M. roreri* del 28,6 %. Existen cepas de la misma especie, aisladas de diferentes partes del árbol de cacao, que poseen un porcentaje de inhibición diferente, según la zona de aislamiento (Melnick et al., 2011; Anzules et al., 2019).

*Colletotrichum gloeosporioides* es un patógeno del cacao, pero ha demostrado actividad de inhibición en Moniliasis por procesos de competencia, aunque su acción no es la más eficiente, presenta una gran influencia en la interacción con el cacao (Mejía et al., 2008). El empleo de *Clonostachys rosea* y *Clonostachys byssicola* en combinación con *T. asperellum*, *Fusarium* sp. y la presencia de hongos competidores nativos, presenta efectos positivos en el control de Moniliasis, debido a que poseen una alta capacidad colonizadora y parasítica frente a *M. roreri* (Galarza et al., 2015).

Villamil (2015) evaluó tres aislamientos nativos de *Trichoderma* spp. H3, H5 y H20; tres cepas comerciales identificadas como: Trombo ®W.P (*T. harzianum + T. lignorum + T. viride + Saccharomyces cerevisiae*), ®Protector (*T. harzianum*) y Safer Soil ®W.P (*T. asperellum, T. atroviride, T. harzianum* y *Paecilomyces lilacinus*) y como control químico Oxido de cobre, en integración con prácticas culturales. Se reportó la disminución de la severidad externa de la enfermedad, con valores de 19,5 y 28 %, al evaluar aislamientos autóctonos de *Trichoderma* spp. H5 y H20 (Tabla 3).

Tabla 3.

*Cepas biológicas evaluadas para el control de la Moniliasis en condiciones de campo*

| Tratamiento/Producto | Formulación | Concentración |
|---|---|---|
| *Trichoderma* sp. H2O | Sólida | $1,5x10^7$ UFC. $g^{-1}$ |
| *Trichoderma* sp. H3 | Sólida | $1,2x10^7$ UFC. $g^{-1}$ |
| *Trichoderma* sp. H5 | Sólida | $2,9x10^7$ UFC. $g^{-1}$ |
| *Bacillus* sp. B3 | Polvo mojable (WP) | $1x10^8$ UFC $mL^{-1}$ |
| Trombo WP (*T. harzianum + T. lignorum + T. viride + Saccharomyces cerevisiae)* | Polvo mojable (WP) | $2,0x10^8$ UFC $mL^{-1}$ |
| Protector WP (*T. harzianum)* | Polvo mojable (WP) | $2,0x10^8$ UFC $mL^{-2}$ |
| Safer Solil WP (*T. asperellum, T. atroviride, T. harzianum* y *Paecilomyces lilacinus)* | Polvo mojable (WP) | $5,0x10^8$ UFC $mL^{-2}$ |

Fuente: Villamil (2015)

### 4.2.3 Análisis del control con Bioaceites esenciales

Los aceites esenciales obtenidos de plantas han aparecido como una nueva alternativa para el control de microrganismos fitopatógenos, en respuesta a la demanda creciente por reducir los productos químicos de origen sintético. Los aceites esenciales de plantas pueden controlar a los hongos por su capacidad hidrofóbica, la cual les permite fraccionar los lípidos de la membrana celular del hongo, alterando la función de las membranas u organelos o inhibir la síntesis de proteínas o material nuclear (Calo et al., 2015 y Nazzarro et al., 2017).

Los resultados presentados por Gómez et al. (2020) son los primeros en mostrar el efecto de los bioaceites esenciales en el control de *M. roreri* e indican que los aceites esenciales de *O. vulgare, S. aromaticum, T. vulgaris y C. verum* inhibieron el crecimiento *in vitro* al 100 % de *M. roreri* a partir de 500 μL $L^{-1}$. Estos bioaceites esenciales representan una opción ecológica para el control de la moniliasis y podrían utilizarse como ingredientes activos de fungicidas naturales si previamente se determina su eficacia en plantaciones de cacao.

### 4.2.4 Análisis del control genético

En el tema de mejoramiento genético, algunas variedades han mostrado un grado de resistencia mayor, y por medio de evaluaciones en campo se han identificado clones con baja incidencia de la enfermedad. Los genotipos que producen los frutos en temporadas secas pueden evadir la enfermedad, sin embargo, la siembra de cultivares resistentes presenta dificultades por la amplia variabilidad y adaptación del patógeno (Jaimes y Aranzazu, 2010).

Sotomayor et al. (2020) demostraron las características de los genotipos más productivos, el clon que presentó el menor valor para número de mazorcas sanas, fue el EET 103 con 33,77 mazorcas. El genotipo que presentó el valor más alto fue el INIAPT C84, con 83.27 mazorcas, notándose que fue el clon que mayor cantidad de mazorcas sanas produjo. La alta variabilidad encontrada en los clones, en cuanto a incidencia de mazorcas con moniliasis, permitió identificar genotipos que presentaron poca o casi nula infección de la enfermedad como es el caso del INIAPT D35, INIAPT C69, INIAPT E40, INIAPT A58 y el INIAPT E47, con valores cercanos a cero.

Risco (2019) menciona que la utilización de clones resistentes para el control de enfermedades fúngicas es la alternativa más atractiva para los agricultores, ya que reduce considerablemente los costos de producción y favorece al ambiente, sin embargo, hasta ahora se han logrado muy pocos genotipos resistentes a infecciones, por lo tanto gran parte de los cultivos actuales contienen genotipos débiles, susceptibles a infecciones de patógenos, no obstante para

minimizar el riesgo, se vuelve necesario seleccionar clones adecuados para la zona de siembra, e implementar la siembra de clones que presenten mayor resistencia.

Actualmente existen genotipos reportados como resistentes a la Moniliasis como ICS 95 (Trinidad y Tobago), UF 273 (Costa Rica), PA 169 (Perú), EET 233 (Ecuador) y EET 183 (Ecuador); estos materiales fueron introducidos por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) en el año 2006 a México y han mostrado producción de 0.7 kg de grano seco por árbol para el clon PA 169, 1 kg para el clon UF 273 y 1.5 kg en el clon ICS 95 y después de cinco años de evaluación han mostrado resistencia (Phillips-Mora et al., 2012).

Aún no se ha descubierto un material inmune a *M. roreri*, pero de las pruebas en Ecuador, Colombia, Costa Rica y Honduras, se conoce que hay cultivares (clones o híbridos) que consistentemente muestran una menor afectación en mazorcas infectadas. Ejemplo de esos materiales son: UF-273, EET-75, EET- 233, UF-296, CC-210, IMC-67 y el CC-266. (González y Roble, 2014).

En la actualidad se están realizando estudios del genoma del hongo *M. roreri*, que permitirá una imagen más completa de su evolución, mejorará el conocimiento de su biología, pudiendo también ayudar en el desarrollo de estrategias para un mejor control (Costa et al., 2012).

### 4.2.5 Análisis del control químico

Se recomienda el uso de fungicidas protectantes y sistémicos, en el primer caso las aplicaciones deben ser quincenales, y consecuentemente proteger al fruto de las esporas que pueden llegar a infectarlo. Los fungicidas sistémicos deben ser aplicados en intervalos más prolongados, según sus especificaciones, para no generar resistencia por parte del patógeno, y para no elevar los costos de producción (Sánchez & Garcés, 2014).

Arciniega, (2017) manifiestan que el tratamiento (Pyraclostrobin + Metiram) reduce la severidad de infección de *M. roreri*, inicialmente el cultivo presentaba porcentajes de severidad de hasta el 80 %, por lo que, se logró reducir el 49 % de la severidad, aplicando alternadamente Pyraclostrobin y Metiram.

El uso de Metalaxyl con una concentración de 80 $g.kg^{-1}$ y a una dosis recomendada de 500 $g.ha^{-1}$ mostró resultados efectivos en el control de *M. roreri*, pues se obtuvo una reducción entre 25 a 48 % de incidencia de infección y un aumento del rendimiento entre 10.9 a 51.8 % (Ramírez, 2016).

Los resultados mostrados por Zurita, (2018) indica que el mayor control en el porcentaje de incidencia de infección de moniliasis la presentó el tratamiento T2 (Pyraclostrobin 0.50 $L.ha^{-1}$ con 3 aplicaciones), con un promedio de 2.36 % de incidencia de infección en comparación con el tratamiento T5 (testigo absoluto) que presentó un porcentaje de incidencia de infección de 15.83 %, la diferencia entre ambos tratamientos fue de 13.47 %.

Azoxystrobin, para *M. roreri*, con una concentración de 250 $g.L^{-1}$ y una dosis de 0.4 $L.ha^{-1}$ . Esta molécula se recomienda para el manejo de epidemias en dosis de 250 $g.ha^{-1}$ de ingrediente activo en los frutos con menos de dos meses de edad distribuidos durante tres meses para reducir la incidencia de la enfermedad (Torres et al., 2011). En un estudio de evaluación de fungicidas sistémicos, se reportó que el fungicida Azoxystrobin a 800 $mg.L^{-1}$ , mostró altas efectividades (65 al 70 %) para el control de moniliasis, en condiciones de campo (Quevedo, 2012).

Según Colonia (2012) la aplicación de control químico con productos como Triadimefon, Tebuconazol y Prochloraz pueden ayudar a disminuir la severidad de la enfermedad. Para aplicaciones de productos químicos lo más recomendable es hacerlo cuando el fruto esté entre los 30 y 90 días, etapa de máxima sensibilidad del cultivo a este hongo. Una aplicación de Azoxystrobin, Trifloxystrobin, Tebuconazol o Propiconazol, complementada con hidróxido de cobre, disminuye la incidencia de la Moniliasis (Torres De La Cruz et al., 2019).

Torres de la Cruz et al. (2019) realizaron una investigación, en la cual se demostró la sensibilidad de *M. roreri* a los fungicidas sistémicos Azoxystrobin, Trifloxystrobin, Tebuconazole y Propiconazole. La Moniliasis también es sensible a los fungicidas protectantes sulfato de cobre, hidróxido de cobre, óxido cuproso, oxicloruro de cobre y polisulfuro de calcio. Los fungicidas Azoxystrobin, Clorotalonil y la mezcla azufre elemental + oxicloruro de cobre presentaron mayor efectividad sobre la germinación de esporas que en el crecimiento micelial. A continuación, en la Tabla 4 se indican los fungicidas con sus respectivas dosis y que han demostrado tener mayor eficacia para reducir la enfermedad causada por *M. roreri.*

Tabla 4.

*Fungicidas químicos evaluadas in vivo sobre M. roreri.*

| **Ingrediente activo** | **Dosis/ha** | **Número de aplicaciones** | **Mecanismo de acción** | **Modo de acción** | **Autor** |
|---|---|---|---|---|---|
| Azoxystrobin | 800 mL | 2 | Inhibición de la respiración (quinona) | Protector y Sistémico | Torres de la Cruz et al. (2019) |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Pyraclostrobin | 500 g | 3 | Inhibición de la respiración (quinona) | Sistémico | Zurita (2018) |
| Clorotalonil | 500 mL | 5 | Actividad multi sitio | Protectante | Torres de la Cruz et al. (2019) |
| Trifloxystrobin | 500 mL | 4 | Inhibición de la respiración (quinona) | Sistémico | Colonia (2012) |

Fuente: Elaboración propia

Cruz de la Torre et al. (2019) mencionan que todos los fungicidas protectantes cúpricos tienen la capacidad de inhibir la germinación de esporas y el crecimiento micelial de *M. roreri* en un 100 % en las dosis evaluadas *in vitro*. Por otro lado, el hidróxido cúprico es el fungicida más recomendado para el control de *M. roreri*. A continuación, se muestra en la (Tabla 5) los fungicidas protectantes que inhibieron al 100 % el crecimiento micelial y la germinación de esporas.

Tabla 5.

*Fungicidas protectantes evaluadas in vitro sobre M. roreri*

| **Fungicidas protectantes** | **Grupo químico** | **Dosis (g.i.a/L)** | **Inhibición del crecimiento micelial (%)** | **Inhibición de la germinación de esporas (%)** |
|---|---|---|---|---|
| Sulfato de cobre 250 | Cúprico | 2.5 | 100 | 100 |
| Hidróxido cúprico | Cúprico | 7.5 | 100 | 100 |
| Óxido cuproso | Cúprico | 3.75 | 100 | 100 |
| Oxicloruro de cobre | Cúprico | 5 | 100 | 100 |
| Polisulfuro de calcio | Azufre | 16 | 100 | 100 |

Fuente: Torres de la Cruz et al. (2019)

### 4.2.6 Análisis del manejo integrado

El manejo integrado de plagas (MIP) en Cacao se convierte en una alternativa para controlarlas, estas acciones se inician con la evaluación de plagas en las zonas de intervención, priorizando las más importantes y eligiendo las prácticas agrícolas adecuadas (Cerrón, 2012). Ortiz et al. (2015) mencionan que existen manejos integrales de patógenos o plagas (MIP) en la cual se

utilizan métodos o técnicas apropiados para mantener un nivel inferior de afectación en el cultivo de cacao, el MIP tiene una eficiencia de 79 % sobre la incidencia de la moniliasis.

Pico (2012) refiere que el manejo integrado en el cultivo del cacao empieza con varias prácticas:

a.- Resistencia genética del material sembrado.
b.- Prácticas culturales (adecuado balance nutricional, y control oportuno de malezas).
c.- Control biológico con agentes antagonistas como *Trichoderma* sp. y *Bacillus* sp.
d.- Control químico con el uso de productos de baja toxicidad.

En la Tabla 6 se muestran algunas estrategias que han sido utilizadas como método de control y que, según la literatura encontrada, tienen una alta eficiencia en la reducción de la moniliasis.

Tabla 6.

*Estrategias empleadas como método de control de M. roreri*

| TIPO DE CONTROL | MECANISMO | GÉNERO | ESPECIE | REFERENCIA |
|---|---|---|---|---|
| CULTURAL | Remoción de mazorcas enfermas | * | * | Krauss et al. 2010; Medeiros et al. 2010 |
| BIOLÓGICO | Hongos | *Trichoderma* | *T. harzianum, T. koningiopsis, T. stromaticum, T. hamatum, T. asperellum, T. ovalisporum, T. viride* | Carrera, K. (2016), Galarza et al. 2015,Villafuerte et al. 2020 |
| | | *Clonostachys* | *C. rosea y C. byssicola* | Mejía et al. 2008 |
| | | *Colletotrichum* | *C. gloeosporioides* | Mejía et al. 2008 |
| | | *Botryosphaeria* | *B. ribis* | Mejía et al. 2008 |
| | | *Fusarium* | *F. solani, F. decemcellulare* | Mejía et al. 2008 |
| | | *Acremonium* | *Acremonium sp.* | Mejía et al. 2008 |
| | | *Xylaria* | *Xylaria sp.* | Mejía et al. 2008 |
| | Bacterias | *Bacillus* | *B. subtilis, B. pumilus, B. cereus, B. thuringiensis, B. mycoides, B. amyloliquefaciens* | Melnick et al. 2011 |
| | | *Lysinibacillus* | *L. fusiformis, L. sphaericus* | Melnick et al. 2011 |
| | | *Solibacillus* | *S. silvestris* | Melnick et al. 2011 |
| | | *Xenorhabdus* | *X. bovienii, X. nematophila, X. innexi, X. poinari, X. cabanillasii* | San-Blas et al. 2012 |
| | | *Photorhabdus* | *P. luminescens* | San-Blas et al. 2012 |
| BIOACEITES ESENCIALES | Extractos de plantas | *Origanum* | *O. vulgare* L. | Gómez-López et al. 2020 |
| | | *Schinus* | *S. molle* L. | Gómez-López et al. 2020 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | | *Syzygium* | *S. aromaticum* | Gómez-López et al. 2020 |
| | | *Thymus* | *T. vulgaris* L. | Gómez-López et al. 2020 |
| | | *Pimenta* | *P. dioica* | Gómez-López et al. 2020 |
| | | *Cinnamomum* | *C. verum* | Gómez-López et al. 2020 |
| GENÉTICO | Siembra de variedades de árboles mejorados genéticamente | * | * | Sotomayor et al. 2020, Phillips-Mora et al., 2012 |
| QUÍMICO | fungicidas a base de cobre y sistémicos | * | * | Torres et al. 2019; |

Fuente: Elaboración propia

Es importante destacar que las revisiones sistemáticas, como propuesta de investigación teórica, consisten en una estrategia adecuada para incorporar conocimientos científicos de investigaciones originales a nivel mundial. Estas constituyen el primer paso para sugerir nuevas líneas de investigación en diferentes campos de las ciencias. En este caso, por ejemplo, en cuanto a caracterizar a la Moniliasis y a la optimización de estrategias de control de este fitopatógeno en el cacao determinada por el reconocimiento sistemático de lo ya existente.

## CONCLUSIONES

La Moniliasis, causada por el hongo *M. roreri* es considerada la principal enfermedad que afecta los cultivos de cacao, han sido descritas dos especies de *M. roreri* var. *roreri*, que afecta a especies de los géneros *Theobroma* y *Herrania*, y *M. roreri* var. *gileri* que tiene a *T. gileri* como única especie huésped. Se desarrolla en condiciones de humedad relativa alta de 80 y 100 %, a una altitud entre 0 y 1 520 msnm, con precipitación anual de 780 – 5 500 mm y temperaturas de 20 y 28° C en la cual se produce la liberación y dispersión de las esporas en la plantación. Las conidias pueden ser globosas, subglobosas y elípticas, pudiendo medir de 7-10.5; 6.3-9.3 y 7.5-11.6 µm, respectivamente. Se destacan dos fases en su ciclo de vida fase biotrófica desde su germinación de las esporas hasta su invasión intercelular del huésped, y otra fase necrótica, que causa reducción y maduración prematura de mazorcas y aparecen necrosis externas e internas que se propagan rápidamente. Este patógeno vive en los restos de cosecha (cáscaras y mazorcas infectadas) y de esta manera las esporas son transportadas por el viento, lluvia, y por las labores culturales.

El manejo integrado de plagas (MIP) tiene una eficiencia de 79 % sobre la incidencia de la moniliasis. Esto involucran la siembra de materiales genéticos de alta productividad con tolerancia o resistencia parcial a la enfermedad, integración de prácticas que ayuden a prevenir la diseminación de la enfermedad como el uso de cortinas rompe vientos, desinfección de herramientas, evitar el traslado de material vegetal contaminado y el transporte de animales o el mismo hombre entre lotes de cacao. Además, debe llevarse a cabo un control cultural como podas sanitarias, remoción semanal de las mazorcas enfermas, fertilización foliar y radical con base en análisis de suelos, sistemas adecuados de drenaje y eliminación de malezas. El tratamiento con Pyraclostrobin 0.50 $L.ha^{-1}$ con 3 aplicaciones presentó un porcentaje de incidencia de infección de 15.83 %, la diferencia entre ambos tratamientos fue de 13.47 %. También se puede hacer uso de fungicidas protectantes a base de cobre los que han demostrado tener una eficiencia del 100 % en condiciones de laboratorio a través de la inhibición del crecimiento micelial y la germinación de esporas. Según estudios realizados *in situ* e *in vitro* se destaca a *Trichoderma* sp. con una eficacia del 95 %, resultando una buena opción sobre *M. roreri*. En condiciones de campo se determinó que *T. harzianum* y *T. viride* obtienen valores de hasta 80.39 % manifestando de esta manera que existen varias alternativas de control biológico para poder implementar en las fincas cacaoteras de la Amazonía.

## RECOMENDACIONES

1. Elaborar una cartilla técnica de difusión con información de mayor impacto de los últimos años en la que se describa la etiología, signos, síntomas, incidencia y estrategias de control de la Moniliasis en cacao.
2. Adoptar un enfoque de Manejo Integrado de Plagas (MIP) en el cultivo del cacao enfatizará la prevención, el saneamiento y la exclusión para poder emplear como último recurso el control químico. El uso de controladores biológicos debe seguir un protocolo de aplicación bajo el asesoramiento de un técnico, el productor debe ser responsable del control cultural y mediante estos mecanismos se puede impedir el progreso del patógeno.
3. Se recomienda capacitar a técnicos y productores donde se pueda dar a conocer los beneficios y cuidados al hacer uso de agentes biológicos y que se facilite información sobre la adquisición de estos productos porque esto ha sido la principal limitante para poner en práctica esta estrategia en la Amazonía ecuatoriana.
4. Se espera que los casos exitosos que se obtengan en condiciones de campo puedan ser desarrollados y divulgados sirviendo de testimonio para el resto de los productores de la RAE (Región Amazónica Ecuatoriana) que han sido afectados por esta enfermedad.

**REFERENCIAS**


Alarcón, J., Arévalo, E., Díaz, A., Galindo, J., y Rosero, A. (2012). *Manejo fitosanitario del cultivo de cacao.* Recuperado de https://www.ica.gov.co/getattachment/c01fa43b-cf48-497a-aa7f-51e6da3f7e96/-

Almeida, S., Silva, S., Lima, J., Rosas, J., & Capelini, A. (2020). Fuzzy modeling of the risk of cacao Moniliasis occurrence in Bahia state, Brazil. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, *24*(4), 225-230. Recuperado de https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662020000400225

Amores, F., Palacios, A., y Jiménez, J. (2009). Entorno ambiental, genética, atributos de calidad y singularización del cacao en el Nororiente de la provincia de Esmeraldas. Recuperado de file:///C:/Users/Ronny/Downloads/Boletin%20tecnico%20135.PDF

Antolinez, E., Almazán, P., Baraona, A., Polanco, E., Serrano, P. (2020). Estado actual de la cacaocultura: una revisión de sus principales limitantes. *Ciencia y Agricultura*, *12*(2), 1-11. Recuperado de https://www.redalyc.org/jatsRepo/5600/560063241002/html/index.html

Anzules, V., Borjas, Ricardo., Alvarado, L., Castro, V., y Julca, A. (2019). Control cultural, biológico y químico de *Moniliophthora roreri* y *Phytophthora* spp en *Theobroma cacao* 'CCN-51'. *Scientia Agropecuaria*, *10*(4), 511-520. Recuperado de http://www.scielo.org.pe/pdf/agro/v10n4/a08v10n4.pdf

Arévalo, E., Obando, M., Zúñiga, L., Arévalo, C., Baligar, V., y He, Z. (2016). Metales pesados en suelos de plantaciones de cacao (*Theobroma cacao* L.) en tres regiones del Perú. *Ecología Aplicada*, *15*(2), 81-89. Recuperado de http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S17262216201600020003

Ayala, M. (2008). *Manejo Integrado de Moniliasis (Moniliophthora roreri) en el Cultivo de Cacao (Theobroma cacao* L.*) Mediante el Uso de Fungicidas, Combinado con Labores Culturales* (Tesis de Pregrado). Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil, Ecuador. Recuperado de http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/10404/2/D-42610.pdf

Bustamante, E. (2020). Evaluación de alternativas orgánicas comerciales en el control del chinche negro (*Antiteuchus* sp.) del cacao (*Theobroma cacao* L.) (Tesis de pregrado). Universidad Agraria del Ecuador, Milagro, Ecuador. Recuperado de https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/BUSTAMANTE%20BRIONES%20EDGAR%20JOEL.pdf

CABI,(10 de diciembre 2020). *Moniliophthora roreri* (frosty pod rot). Recuperado de https://www.cabi.org/isc/datasheet/34779

Cárdenas.,N, Darghan., A, Sosa., M, y Rodríguez., A. (2017). Análisis espacial de la incidencia de enfermedades en diferentes genotipos de cacao *(Theobroma cacao* L.). *El Yopal (Casanare)*, *22*(2), 209-220. Recuperado de DOI: http://dx.doi.org/10.15446/abc.v22n2.61161

Carrera, K. (2016*). Caracterización de Moniliophthora roreri Evans et al. y evaluación de alternativas de control biológico en cacao, para la Amazonía ecuatoriana* (Tesis de doctorado). Universidad Central "Marta Abreu" de las Villas. Santa Clara, Cuba. Recuperado de https://dspace.uclv.edu.cu/bitstream/handle/123456789/6888/Tesis%20Dr.%20Karina%20M.%20E.%20Carrera%20S%C3%A1nchez.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Cerrón, G. (2012). *Guía de asistencia técnica dirigida en manejo del cultivo de cacao*. Recuperado de https://www.agrobanco.com.pe/wp-content/uploads/2017/07/010-f-cacao_CULTIVOS_.pdf

Chamorro, M. (2018). Evaluación de programas fitosanitarios junto a una práctica cultural para el control de *Moniliophthora roreri* en cacao (*Theobroma cacao*). Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador. Recuperado de http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/14565/1/T-UCE-0004-A62-2018.pdf

Chavéz, E. (2018). *Plataforma multiagencia de cacao para América Latina y el Caribe.* Fontagro. Ecuador. Recuperado de https://www.fontagro.org/new/proyectos/plataforma-cacao-2030

Colonia, L. (2012). *Manejo Integrado de plagas y enfermedades en el cultivo de cacao*. recuperado de http://www.agrobanco.com.pe/data/uploads/ctecnica/010-e-cacao.pdf

Correa, J., Castro, S., y Coy, J. (2014). Estado de la moniliasis del cacao causada. *Acta Agronómica*, *63*(4), 388-399. Recuperado de https://revistas.unal.edu.co/index.php/acta_agronomica/article/view/42747/47914

Cruz, J., Vargas, M., y Coronel, O. (2011). *CACAO: Operaciones Poscosecha.* Recuperado de http://www.fao.org/3/au995s/au995s.pdf

Cuervo, J., Ramirez, M., Sanchéz, V., & Ramirez., M. (2011). Antagonistic effect of Trichoderma harzianum VSL291 on phytopathogenic fungi isolated from cocoa (*Theobroma*

*cacao* L.) fruits. *African Journal of Biotechnology*, *10*(52), 10657-10663. Recuperado de file:///C:/Users/Ronny/Downloads/Antagonistic_effect_of_Trichoderma_harzianum_VSL29.pdf

Delgado y Suarez. (1993). *Moniliasis del cacao*. Recuperado de https://books.google.es/books?id=W7szAQAAMAAJ&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false

Díaz, J., y Aime, M. (2016). The Cacao Pathogen *Moniliophthora roreri* (Marasmiaceae) produces Rhexolytic Thallic Conidia and their Size is influenced by Nuclear Condition. *Mycoscience*, *57*(3), 208-216. Recuperado de https://doi.org/10.1016/j.myc.2016.01.004

Enríquez, G. (2004). Guía para productores ecuatorianos. Recuperado de http://biblioteca.espam.edu.ec/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=2892

Espinola,V. (2016). *Escoba de bruja (Moniliophthora perniciosa).* Recuperado de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/172327/Ficha_T_cnica_de_Escoba_bruja_del_cacao.pdf

Estrella, E., Falconí, C., Núñez, G., y Uday, V. (2012). *Medidas de control de bajo impacto ambiental para mitigar la moniliasis (Moniliophthora roreri Cif y Par. Evans et al.) en cacao híbrido nacional x trinitario en Santo Domingo de los Tsáchilas* (Tesis de pregrado). Escuela Politécnica del Ejército, Santo Domingo de los Tsáchilas, Ecuador. Recuperado de http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/21000/5599/T-ESPE-IASA%20II-002461-A.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Evans, H., Holmes, K., & Reid, A. (2003). Phylogeny of the frosty pod rot pathogen of cocoa. *Plant Pathology*, *52*(4), 476-485. Recuperado de https://bsppjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1046/j.1365-3059.2003.00867.x

Faytong, W. (2017). *Evaluación del efecto inhibidor del ozono sobre Moniliophthora roreri en condiciones in vitro* (Tesis de pregrado). Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador. Recuperado de http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/9116/1/T-UCSG-PRE-TEC-AGRO-128.pdf

Flood, J., y Murphy, R. (2004). C*ocoa futures: A source book of some important issues facing the cocoa industry*. Recuperado de http://www.worldcat.org/oclc/61453914

Franzen, M., y Borgerhoff, M. (2007). Ecological, economic and social perspectives on cocoa production worldwide. *Biodivers convers*, 16, 3835-3849. Recuperado de https://doi.org/10.1007/s10531-007-9183-5

Freile, J., Morgano, M., Peréz, Guillermo., Alemán, R., & Domínguez, J. (2018). Soil microorganisms and plant diseases associated to cocoa (*Theobroma Cacao* L) genotypes in the Ecuadorian Amazon. *Acta agronómica*, *67*(1), 23-29. Recuperado de https://revistas.unal.edu.co/index.php/acta_agronomica/article/view/60828/63143

Galarza, L., Akagi, Y., Takao, K., Sun, Ch., Maekawa, N.,Itai, A., Peralta, E., Santos, E., & Kodoma, M. (2015). Characterization of *Trichoderma* species isolated in Ecuador and their antagonistic activities against phytopathogenic fungi from Ecuador and Japan. *Journal of General Plant Pathol*ogy, *81***,** 201–210. Recuperado de https://doi.org/10.1007/s10327-015-0587-x

Gómez, A., Martínez, L., Ortiz, G., Martínez, I., Avendaño, C., y Hernández, E. (2020). Bioaceites esenciales inhiben a *Moniliophthora roreri* (Cif. y Par.) Evans et al., causante de la moniliasis en el cultivo del cacao. *Acta Agrícola y Pecuaria*, *6*, 1-10. Recuperado de DOI: 10.30973/aap/2020.6.0061016

Gonzales, A., y Roble, A.(2014). *Aislamiento y caracterizacion del hongo Moniliophthora roreri (Monilia) en frutos de Theobroma cacao* L. *(cacao) del cultivar san jose del real de la carrera, usulutan* (Tesis de pregrado). Universidad del Salvador, San Salvador, el Salvador, Centroamérica. Recuperado de http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/5698/1/16103425.pdf

Gonzales, G. (2018). *Alternativas Orgánicas para el control de Moniliasis (Moniliophthora roreri,* Cif y Par*) en el cultivo de cacao* (Tesis de pregrado). Universidad Técnica de Machala, Machala, Ecuador. Recuperado de http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/12429/1/DE00015_TRABAJODETITULACION.pdf

González, E., y Soto, R. (2020). *Moniliophthora roreri y su relación en la pudrición interna del cacao en la provincia de Leoncio Prado, Huánuco-Perú* (Tesis de pregrado). Universidad Peruana Unión, Lima, Perú. Recuperado de https://repositorio.upeu.edu.pe/bitstream/handle/UPEU/3204/Elena_Trabajo_Bachiller_2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Gutiérrez, Esther. (2015). *Actividad antifúngica del extracto etanólico de hojas y raíces de agave americana "cabuya" frente a Moniliophthora roreri* (Tesis de posgrado). Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga. Recuperado de http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/2255

Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria. (2010). *Guía Tecnológica del Cultivo de Cacao.* Recuperado de http://www.inta.gob.ni/biblioteca/images/pdf/guias/Guia%20CACAO%202010.pdf

Krauss, U., Hoopen, M., Hidalgo, E., Martínez, A., Stirrup, T., Arroyo, C., García, J., & Palacios, M. (2006). The effect of cane molasses amendment on biocontrol of frosty pod rot (*Moniliophthora roreri*) and black pod (*Phytophthora* spp.) of cocoa (*Theobroma cacao*) in Panama, *Biological Control*, *39*(2), 232-239. Recuperado de https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2006.06.005.

Krauss, U., Hidalgo, E., Bateman, R., Adonijah, V., Arroyo, C., García, J., Crozier, J., Brown, G., Hoopen, M., & Holmes, K. (2010). Improving the formulation and timing of application of endophytic biocontrol and chemical agents against frosty pod rot (*Moniliophthora roreri*) in cocoa (*Theobroma cacao*), *Biological Control*, 54(3), 230-240. Recuperado de https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2010.05.011.

Leandro, M. (2011). *Efecto de los factores macro y microclimáticas y las características productivas del cacao sobre la epidemiología de la moniliasis* (Tesis de posgrado). Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Turrialba, Costa Rica. Recuperado de https://agritrop.cirad.fr/562217/1/document_562217.pdf

Limones, B. (2015). *Descripción del manejo técnico de la moniliasis (Moniliophthora roreri) en cultivos de cacao (Theobroma cacao* L.*)* (Tesis de pregrado). Universidad Agraria del Ecuador, Balzar, Ecuador. Recuperado de https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/LIMONES%20BRIONES%20CARLOS%20ANDRES.pdf

Martínez de la parte, E., y Pérez, L. (2015). Incidencia de enfermedades fúngicas en plantaciones de cacao de las provincias orientales de Cuba. *Protección Vegetal*, *30*(2), 87-96. Recuperado de http://scielo.sld.cu/pdf/rpv/v30n2/rpv02215.pdf

Másmela, J. (2019). Distribución potencial y nicho, fundamental de *Moniliophthora* spp. en cacao de América y África. *Agronomía Mesoamericana*, *30*(3), 659- 679. Recuperado de https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7128700

Meinhardt, L.W., Costa, G.G.L., Thomazella, D. & Schuster, S. (2014). Genome and secretome analysis of the hemibiotrophic fungal pathogen, *Moniliophthora roreri*, which causes frosty pod rot disease of cacao: mechanisms of the biotrophic and necrotrophic phases. *BMC Genomics, 15***,** 164. Recuperado de https://doi.org/10.1186/1471-2164-15-164

Mejía, L., Rojas, E., Maynard, E., Van Bael, S., Arnold, E., Prakash, G., Robbins, N., & Herre, E. (2008). Endophytic fungi as biocontrol agents of Theobroma cacao pathogens. *Biological Control, 46* (1), 4-14. Recuperado de https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2008.01.012.

Montoya, M. (2012). *Evaluación de 36 clones élites de cacao (Theobroma cacao* L.*), tipos nacional y trinitario, procedentes de huertas tradicionales de la cuenca alta del rio Guayas* (Tesis de pregrado). Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Quevedo, Ecuador. Recuperado de https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/4222/1/T-UTEQ-0060.pdf

Ochoa, L., González, S., López, O., Martínez, J., y Zaragoza, S. (2015). Efecto de preparados minerales sobre el crecimiento y desarrollo *in vitro* de *Moniliophthora roreri* (Cif. & Par.). *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, *6*(5), 1065-1075. Recuperado de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S20070934201500050003

Paredes, N. (2009). *Manual de cultivo e cacao para la Amazonia*. Recuperado de https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/4786/7/iniapeecam76.pdf

Peñaherrera, S., Cedeño, G., Solórzano, F., Cedeño, G., y Terrero, P. (2020). Eficacia de mezclas de *Trichoderma* spp. y aceite de palma en el manejo de *Moniliophthora roreri* Cif & Par en cacao. *Centro Agrícola*, *47*(2), 5-15. Recuperado de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0253-57852020000200005

Pérez, G. (2009). Ética y comunicación en la perspectiva de los derechos humanos: *signo y pensamiento,* *28*(55), 50-65. Recuperado de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120482320090002000003&lng=es&tlng=es.

Pérez, L. (2018). *Moniliophthora roreri* H.C. Evans et al. y *Moniliophthora perniciosa* (Stahel) Aime: impacto, síntomas, diagnóstico, epidemiología y manejo. *Revista de Protección Vegetal*,

*33*(1), 00. Recuperado de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1010-27522018000100007

Phillips, W. (2003). *Origin, biogeography, genetic diversity and taxonomic affinities of the cacao (Theobroma cacao L.) fungus Moniliophthora roreri (Cif.) Evans et al. as determined using molecular, phytopathological and morpho-physiological evidence. The university of Reading* (Tesis de posgrado), UK. Recuperado de http://cadenacacaoca.info/CDOCDeployment/documentos/Origin,_biogeography,_genetic_diversity_and_taxonomic_affinities_of_the_cacao.pdf

Phillips, W. (2006). *Origin, biogeography, genetic diversity and taxonomic affinities of the cacao (Theobroma cacao L.) fungus Moniliophthora roreri (Cif.) Evans et al. as determined using molecular, phytopathological and morpho-physiological evidence. The university of Reading* (Tesis de posgrado), UK. Recuperado de http://cadenacacaoca.info/CDOCDeployment/documentos/Origin,_biogeography,_genetic_diversity_and_taxonomic_affinities_of_the_cacao.pdf

Phillips, W., y Cerda, R. (2011). *Enfermedades de cacao en Centroamerica.* Recuperado de http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/H20-10877.PDF

Ramírez, J. (2016). Pérdidas económicas asociadas a la pudrición de la mazorca del cacao causada por *Phytophthora* spp., y *Moniliophthora roreri* (Cif y Par) Evans et al., en la hacienda Theobroma, Colombia. *Protección vegetal*, *31*(1), 42-49. Recuperado de http://scielo.sld.cu/pdf/rpv/v31n1/rpv06116.pdf

Reyes, Omar., Ortiz, C., Torres-de la Cruz, M., Lagunes, Luz del C., & Valdovinos, G. (2016). *Trichoderma* species from the cacao agroecosystem with biocontrol potential of *Moniliophthora roreri*. *Revista Chapingo serie ciencias forestales y del ambiente*, *22*(2), 149-163. Recuperado de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007401820160002001 9

Sánchez, F., y Gárces, F. (2012). *Moniliophthora roreri* (Cif y Par) Evans et al. en el cultivo de cacao. *Scientia Agropecuaria*, *3*(3) 249-258. Recuperado de https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/scientiaagrop/article/view/87/97

Sanchez, V., Zambrano, J., y Iglesias, C. (2019). La cadena de valor del Cacao en América Latina y Caribe. Recuperado de

https://www.researchgate.net/publication/341051482_La_cadena_de_valor_del_cacao_en_America_Latina_y_el_Caribe

San-Blas E., Carrillo, Z., Parra, Y. (2012). Effect of *Xenorhabdus* and *Photorhabdus* bacteria and their exudates on *Moniliophthora roreri*. Arch Phytopathol Plant Protect. *45*(16), 1950-1967. Recuperado de https://doi.org/10.1080/03235408.2012.718688

Seng, J., Herrera, G., Vaughan, Ch., & McCoy, M. (2014). Use of *Trichoderma* fungi in spray solutions to reduce *Moniliophthora roreri* infection of *Theobroma cacao* fruits in Northeastern Costa Rica. *Biol trop*, *62*(3), 899-907. Recuperado de https://www.scielo.sa.cr/pdf/rbt/v62n3/a06v62n3.pdf

Solís, J., Zamarripa, A., Pecina, V., Garrido, E., y Hernández, E. (2015). Evaluación agronómica de híbridos de cacao (*Theobroma cacao* L.) para selección de alto rendimiento y resistencia en campo a Moniliasis. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, *6*(1), 71-82. Recuperado de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S20070934201500010007

Sotomayor, I., Tarqui, O., Peña, G., Amores, F., Loor, R., y Casanova, T. (2020). Generación de Nueva Descendencia Híbrida Promisoria para Futuras Plantaciones Comerciales de Cacao Fino. En Caicedo, C., Díaz, A., (Eds). *Memorias del Primer Simposio Internacional Innovaciones Tecnológicas para Fortalecer la Cadena de Cacao en la Amazonía Ecuatoriana*. (pp. 1-4). La Joya de los Sachas, Ecuador: INIAP, Estación Experimental Central Amazónica. Recuperado de https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/5554/1/iniapbeetpMSC_Art1.pdf

Suarez, L., y Rangel, A. (2013). Aislamiento de microorganismos para control biológico de *Moniliophthora roreri*. *Acta Agronómica*, *62*(3), 370-378. Recuperado de https://revistas.unal.edu.co/index.php/acta_agronomica/article/view/36211/43989

Tirado,P., Lopero, A.,y Rios, L. (2016). Estrategias de control de *Moniliophthora roreri* y *Moniliophthora perniciosa* en Theobroma cacao L.: revisión sistemática. *Corpoica Cienc Tecnol Agropecuaria*, *17*(3), 417-430. Recuperado de http://www.scielo.org.co/pdf/ccta/v17n3/v17n3a09.pdf

Torres de la Cruz, (2010). *Progreso temporal y manejo integrado de la moniliasis (Moniliophthora rorer (Cif y Par.) Evans et al.) del cacao (Theobroma cacao) en Tabasco, México* (Tesis de posgrado). Colegio de Postgraduados, Tabasco, México. Recuperado

https://www.academia.edu/2285634/Progreso_temporal_y_manejo_integrado_de_la_moniliais_Moniliophthora_roreri_Cif_y_Par_Evans_et_al_del_cacao_Theobroma_cacao_en_Tabasco_M%C3%A9xico

Torres de la Cruz, M., Quevedo, I., Ortiz, C., Lagúnez, L., Nieto, D., y Pérez de la Cruz, M. (2019). Control químico de *Moniliophthora roreri* en México. *Biotecnia, 21*(2), 55-61. Recuperado de https://biotecnia.unison.mx/index.php/biotecnia/article/view/906#:~:text=roreri%20fue%20sensible%20a%20los,cobre%20y%20polisulfuro%20de%20calcio.

Vera, M., Bernal, A., Leiva, M., Vera, A., Vera, D., Peñaherrera, S., Solís, K, Terrero, P., y Jiménez, V. (2018). Microorganismos endófitos asociados a *Theobroma cacao* como agentes de control biológico de *Moniliophthora roreri*. *Centro Agrícola*, *45*(3), 81-87. Recuperado de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0253-57852018000300081

Villacis, A. (14 de enero 2019). Cacao Ecuatoriano: Historia e Identidad. *A hora New.* Recuperado de http://ahoranews.net/cacao-ecuatoriano-historia-e-identidad/

Villamil, J., Sierra, L., Olarte, Y., Mosquera, A., Fajardo, J., Pinzón, E., y Martínez, J. (2015). Integración de prácticas culturales y control biológico para el manejo de *Moniliophthora roreri* CIF & PAR. *Ciencia Agrícola*, *32(*2), 13 -25. Recuperado de http://www.scielo.org.co/pdf/rcia/v32n2/v32n2a02.pdf

Villamizar, R., Osma, J., & Ortiz, O. (2019). Regional Evaluation of Fungal Pathogen Incidence in Colombian. *Agriculture*, *9*(3) *44.* Recuperado de **h**ttps://doi.org/10.3390/agriculture9030044

Villavicencio, M. (2010). *Caracterización Morfológica, fisiológica, y patogénica de Moniliophthora roreri aislado en 5 provincias de las Costa Ecuatoriana* (Tesis de pregrado). Escuela Superior Politécnica Litoral, Guayaquil, Ecuador. Recuperado de https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/13719/1/D-43202.pdf