



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE AGROPECUARIA**

**EVALUACIÓN DEL DESARROLLO DE *Moniliophthora roreri*
EN MAZORCAS DE CACAO (*Theobroma cacao* L.)
MEDIANTE INCUBACIÓN BAJO CONDICIONES
CONTROLADAS**

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Requisito parcial para la obtención del título de:

INGENIERO AGROPECUARIO

Autor: Josthin Joel Severino Pozo

LA LIBERTAD, AGOSTO 2026



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE AGROPECUARIA**

**EVALUACIÓN DEL DESARROLLO DE *Moniliophthora roreri*
EN MAZORCAS DE CACAO (*Theobroma cacao* L.)
MEDIANTE INCUBACIÓN BAJO CONDICIONES
CONTROLADAS**

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Requisito parcial para la obtención del título de:

INGENIERO AGROPECUARIO

Autor: Josthin Joel Severino Pozo

Tutor: Ing. Marlon Alexis Mena Montoya, Mgtr

LA LIBERTAD, AGOSTO 2026

TRIBUNAL DE GRADO

Trabajo de Integración Curricular presentado por **Josthin Joel Severino Pozo** como requisito parcial para la obtención del grado de Ingeniero Agropecuario de la Carrera de Agropecuaria.

Trabajo de Integración Curricular **APROBADO** el: 12 /08/2026.



Validar únicamente en FirmaEC.
Firmado electrónicamente por:
**VERONICA CRISTINA
ANDRADE YUCAILLA**

Ing. Verónica Andrade Yucailla,
PhD.
**DIRECTORA DE CARRERA
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**



Validar únicamente en FirmaEC.
Firmado electrónicamente por:
**CARLOS ELOY
BALMASEDA ESPINOSA**

Ing. Carlos Eloy Balmaseda
Espinosa PhD.
**PROFESOR ESPECIALISTA
MIEMBRO DEL TRIBUNAL**



Validar únicamente en FirmaEC.
Firmado electrónicamente por:
**MARLON ALEXIS MENA
MONTOKA**

Ing. Marlon Mena Montoya, Mgtr.
**PROFESOR TUTOR
MIEMBRO DEL TRIBUNAL**



Validar únicamente en FirmaEC.
Firmado electrónicamente por:
**NADIA ROSAURA
QUEVEDO PINOS**

Ing. Nadia Quevedo Pinos, PhD.
**PROFESORA GUÍA DE LA UIC
MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

Ing. Washington Perero Vera, MSc.

SECRETARIO
Firmado electrónicamente por:
WASHINGTON PERERO VERA

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a la Universidad Estatal Península de Santa Elena, en su facultad de Ciencias Agrarias, por darme la oportunidad de desarrollarme profesionalmente y proporcionarme el conocimiento, principios y herramientas esenciales para completar con éxito esta fase académica.

Quisiera agradecer de manera especial a mi tutor, Mgtr. Marlon Mena, por su dedicación, guía, paciencia y valioso apoyo durante la realización de esta investigación. Su sabiduría, observaciones y sugerencias fueron claves para fortalecer este trabajo y contribuir a mi desarrollo académico y profesional. También quiero hacer extensiva mi gratitud a todos los docentes de mi carrera, quienes compartieron generosamente su saber, experiencias y enseñanzas, impactando de forma considerable en mi educación.

A mi familia, extendiendo mi más sincero agradecimiento por su amor incondicional, comprensión, respaldo y motivación constante a lo largo de este proceso. Gracias por confiar en mí, por darme la fuerza necesaria para enfrentar cada reto y por ser el soporte esencial que hizo posible alcanzar este objetivo.

Por último, agradezco a mis amigos y a todas las personas que, de diversas maneras, estuvieron a mi lado durante este trayecto, ofreciéndome su apoyo, confianza y palabras de aliento. Cada gesto de ayuda fue significativo para finalizar este proyecto de titulación, el cual simboliza el resultado de la dedicación, la perseverancia y el compromiso asumido en mi formación profesional

Josthin

DEDICATORIA

Dedico este logro a Dios, a la vida, al universo y a cada experiencia que me enseñó que los tiempos perfectos no siempre son lo que imaginamos, sino aquellos en los que estamos listos para seguir adelante.

Finalmente, dedico este trabajo al mundo y a todas las personas que alguna vez sintieron que iban atrasadas en la vida. Cada historia tiene su propio ritmo, y alcanzar una meta después de una pausa no la hace menos valiosa, al contrario, la convierte en un triunfo construido con resiliencia, esperanza y determinación.

Que este logro sea el inicio de nuevos caminos, nuevas oportunidades y nuevos sueños por cumplir.

Josthin

RESUMEN

El cultivo de *Theobroma cacao* L. constituye una de las actividades agrícolas de mayor importancia económica y social en el Ecuador. Sin embargo, su producción se ve afectada por enfermedades fitosanitarias, entre las cuales destaca la moniliasis del cacao, causada por *Moniliophthora roreri*, considerada una de las patologías más destructivas del cultivo debido a las pérdidas productivas y al deterioro de la calidad del grano. La detección de esta enfermedad generalmente ocurre en etapas avanzadas de infección, debido a que los métodos convencionales dependen de la observación visual en campo o de técnicas de laboratorio que requieren infraestructura especializada y personal capacitado, limitando su aplicación en sistemas productivos de pequeña escala. Ante esta problemática, la presente investigación tuvo como objetivo evaluar el desarrollo de *Moniliophthora roreri* en mazorcas de cacao (*Theobroma cacao* L.) mediante incubación, bajo condiciones controladas, considerando el tiempo de aparición de síntomas y esporulación. La investigación fue de tipo experimental y aplicada, utilizando un diseño completamente al azar con dos tratamientos: mazorcas incubadas bajo condiciones controladas y mazorcas mantenidas en condiciones ambientales naturales. Durante el desarrollo experimental se evaluaron variables fitopatológicas relacionadas con el comportamiento del patógeno, entre ellas tiempo de infección, aparición de signos y síntomas, longitud y diámetro de lesiones, porcentaje de contaminación y curvas de infección. Asimismo, se registraron variables ambientales como temperatura y humedad relativa dentro del sistema de incubación. Se realizó un ANOVA (análisis de la varianza), con el propósito de identificar patrones de comportamiento, variaciones entre tratamientos y progresión de la enfermedad bajo condiciones controladas y naturales, considerando un nivel de significancia de $p \leq 0.05$.

Palabras clave: Cultivo de cacao, enfermedades fitosanitarias, hongo *Moniliophthora roreri*.

ABSTRACT

The cultivation of *Theobroma cacao* L. represents one of the most economically and socially important agricultural activities in Ecuador. However, its production is affected by phytosanitary diseases, among which cacao moniliasis, caused by *Moniliophthora roreri*, stands out as one of the most destructive diseases of the crop due to the significant yield losses and deterioration of bean quality it causes. Detection of this disease generally occurs at advanced stages of infection because conventional methods rely on visual field inspection or laboratory techniques that require specialized infrastructure and trained personnel, thereby limiting their application in small-scale production systems. In response to this problem, the objective of this research was to evaluate the development of *Moniliophthora roreri* in cacao pods (*Theobroma cacao* L.) through incubation under controlled conditions, considering the time of symptom appearance and sporulation. The research was experimental and applied in nature and employed a completely randomized design with two treatments: cacao pods incubated under controlled conditions and cacao pods maintained under natural environmental conditions. During the experimental period, phytopathological variables related to pathogen behavior were evaluated, including infection time, appearance of signs and symptoms, lesion length and diameter, percentage of contamination, and infection curves. Environmental variables, such as temperature and relative humidity within the incubation system, were also recorded. An analysis of variance (ANOVA) was performed to identify behavioral patterns, differences between treatments, and disease progression under controlled and natural conditions, using a significance level of $p \leq 0.05$.

Keywords: Cocoa cultivation, phytosanitary diseases, fungus *Moniliophthora roreri*.

DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD

El presente Trabajo de Integración Curricular titulado **“EVALUACIÓN DEL DESARROLLO DE *Moniliophthora roreri* EN MAZORCAS DE CACAO (*Theobroma cacao* L.) ME-DIANTE INCUBACIÓN BAJO CONDICIONES CONTROLADAS”** y elaborado por **Josthin Joel Severino Pozo**, declara que la concepción, análisis y resultados son originales y aportan a la actividad científica educativa agropecuaria.

Transferencia de derechos autorales.

"El contenido del presente Trabajo de Graduación es de mi responsabilidad; el patrimonio intelectual del mismo pertenece a la Universidad Estatal Península de Santa Elena".



Firma del estudiante

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
Problema Científico	3
OBJETIVOS	4
Objetivo general.....	4
Objetivos específicos	4
Capítulo 1. Revisión Bibliográfica	5
1.1.El cultivo de cacao (Theobroma cacao)	5
1.2. Importancia del cacao.....	5
1.3 Características botánicas	5
1.4. Principales variedades o materiales genéticos	6
1.5 Condiciones de producción	6
1.6 Principales enfermedades del cacao.....	6
1.7. Importancia de las enfermedades.....	7
1.7.1 Moniliasis	8
1.7.2. Escoba de bruja	8
1.7.3. Mazorca negra.....	9
1.7.4. Otras enfermedades de importancia	9
1.8. Agentes causales y epidemiología de las enfermedades	9
1.9. Agentes fitopatógenos	10
1.10. Fuentes de inóculo.....	10
1.11. Dispersión	10
1.12. Condiciones ambientales favorables	11
1.13. Ciclo de la enfermedad	11
1.14. Infección, período de incubación y desarrollo de síntomas.....	12
1.14.1. Proceso de infección.....	12
1.14.2. Penetración y colonización del hospedero	12
1.16. Sintomatología de las enfermedades del cacao.....	13
1.16.1.Síntomas iniciales.....	14
1.17 Diagnóstico y detección de enfermedades fitopatógenas	18
1.17.1Diagnostico convencional.....	18
1.18Inducción e incubación de enfermedades fitopatógenas	21
CAPITULO II. MATERIALES Y MÉTODOS	24
2.1 Caracterización del área	24
2.2Materiales, equipos y reactivos.....	24
2.2.1 Material biológico	24
2.2.2 Material de campo para colecta de muestras	25
2.3 Tipo de investigación	25
2.4 Manejo del experimento	25
2.6Parámetros evaluados.....	27
2.6.1Variables fitopatológicas evaluadas	27
2.6.2Curvas de infección.....	28
2.6.3Tiempo de infección.....	28
2.6.4Aparición de signos y síntomas	28
2.6.5Longitud y diámetro de la mancha.....	28
2.6.6Porcentaje de contaminación (%)	28
2.7 Análisis de datos	28
CAPITULO III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	29

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	40
Conclusiones.....	40
Recomendación.....	41
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	2

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Longitud de la mazorca y área afectada (cm)	32
Tabla 2. Área afectada (cm)	33
Tabla 3. Porcentaje de contaminación (%).....	33
Tabla 4. Aparición de signos de la enfermedad en condiciones controladas	38
Tabla 5. Aparición síntomas de la enfermedad en condiciones controladas.....	39

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Modelo de incubadora	27
Ilustración 2: Fase 1	30
Ilustración 3: Fase 2	30
Ilustración 4: Fase 3	31
Ilustración 5: Fase 4	31
Ilustración 6: Curvas de infección de monilia en diferentes materiales del centro de apoyo Manglaralto.....	36
Ilustración 7: Relación entre temperatura y porcentaje de infección.....	37
Ilustración 8: Relación entre humedad relativa y porcentaje de infección	37

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Recolecta de mazorca.	8
Anexo 2: Selección de mazorca.....	8
Anexo 3: Área de estudio	8
Anexo 4: Mazorcas contaminadas	8
Anexo 5: Incubación de mazorca.....	8
Anexo 6: Mazorcas en esporulación	8
Anexo 7: Analisis de micelio	9
Anexo 8: Resultado de analisis	9
Anexo 9: Mazorcas seleccionadas para laboratorio.....	9
Anexo 10: Se localizó presencia de otros patógenos.	9
Anexo 11: Fase final M1	9
Anexo 12: Fase final M2	9
Anexo 13: Fase final M3	10
Anexo 14: Fase final M4	10
Anexo 15: Cuadro ANOVA de la longitud de la mazorca M1	10
Anexo 16: Cuadro ANOVA del área afectada M1	10
Anexo 17: Cuadro ANOVA del porcentaje de infestación M1	10
Anexo 18: Cuadro ANOVA de la longitud de la mazorca M3	11
Anexo 19: Cuadro ANOVA del área afectada M3	11
Anexo 20: Cuadro ANOVA del porcentaje de infestación M3	11
Anexo 21: Cuadro ANOVA de la longitud de la mazorca M4	11
Anexo 22: Cuadro ANOVA del área afectada M4	11
Anexo 23: Cuadro ANOVA del porcentaje de infestación M4.....	12

INTRODUCCIÓN

El cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) representa una actividad clave para la economía y el progreso social de Ecuador, especialmente para los productores de menor y mediana escala. No obstante, tanto su producción como su calidad se ven impactadas por la moniliasis, una enfermedad provocada por *Moniliophthora roreri*, que se clasifica como una de las enfermedades más devastadoras del cacao en América Latina debido a las considerables pérdidas que causa en las mazorcas y a la disminución de la calidad del grano (Ramírez, 2023).

En diversas investigaciones se ha abordado el estudio de la moniliasis desde enfoques epidemiológicos, fisiológicos y de manejo integrado, Montenegro (2024), analizó el comportamiento biológico del patógeno y su capacidad de dispersión bajo diferentes condiciones ambientales, destacando la influencia de la temperatura y la humedad en el desarrollo de la enfermedad.

De manera similar, Herrera *et al.* (2026), estudiaron los procesos de infección y esporulación del hongo, evidenciando que la fase de esporulación constituye un punto crítico en la propagación del patógeno. Estos estudios han permitido comprender la dinámica de la enfermedad; sin embargo, la mayoría de las investigaciones se han desarrollado bajo condiciones de laboratorio y mediante metodologías que requieren infraestructura especializada.

En relación con los métodos de diagnóstico, Faustino (2022), analizó métodos convencionales para la detección de enfermedades en el cacao, destacando el uso de técnicas de laboratorio como cultivos microbiológicos y análisis especializados. Concluyendo que, aunque los métodos son precisos, requieren infraestructura, equipos y personal capacitado, provocando una barrera evidente en la aplicación práctica del conocimiento científico. Por otro lado, Rodríguez *et al.* (2025), destacan la necesidad de desarrollar herramientas accesibles y funcionales que permitan fortalecer la detección temprana de enfermedades directamente en campo, considerando que los métodos tradicionales de observación suelen identificar la infección cuando los síntomas ya se encuentran en etapas avanzadas.

Esta situación favorece la diseminación de enfermedades como la moniliasis, debido a que la identificación de síntomas visibles generalmente ocurre en fases avanzadas de infección, reduciendo la eficacia de las medidas de control. Aunque existen avances científicos relacionados con el comportamiento de *Moniliophthora roreri*, aún persisten

limitaciones en la transferencia de metodologías prácticas y accesibles que permitan detectar tempranamente la presencia del patógeno bajo condiciones reales de producción (Ortega *et al.*, 2025).

Aunque existen avances en el estudio del hongo *M. roreri*, los métodos de diagnóstico disponibles se basan en técnicas de laboratorio que necesitan infraestructura especializada, insumos y personal especializado, lo que limita su aplicación en campo, especialmente en zonas rurales (Paz, 2026). Como consecuencia, se evidencia una brecha significativa entre el conocimiento técnico y su implementación práctica, lo que dificulta la detección temprana, favoreciendo su diseminación de la enfermedad.

Problema Científico

En diversos sistemas productivos, la detección de esta enfermedad se realiza a través de la observación, pero esto ocurre cuando los síntomas ya son evidentes, lo que implica que la infección se encuentra en etapas avanzadas. Esta situación limita la aplicación oportuna de medidas de control, favoreciendo la diseminación del patógeno dentro de las plantaciones. Frente a esta problemática, surge la necesidad de desarrollar cámaras de incubación funcionales que simulen condiciones controladas para inducir síntomas y procesos de esporulación, permitiendo un diagnóstico sin depender de infraestructura compleja.

¿Es eficaz la incubación bajo condiciones controladas para la detección de patógenos como *Moniliophthora roreri* en mazorcas de *Theobroma cacao* L?

OBJETIVOS

Objetivo general

Evaluar el desarrollo de *Moniliophthora roreri* en mazorcas de cacao (*Theobroma cacao* L.) mediante incubación, bajo condiciones controladas, considerando el tiempo de aparición de síntomas y esporulación.

Objetivos específicos

1. Caracterizar el desarrollo de *Moniliophthora roreri* en mazorcas de cacao (*Theobroma cacao* L.) mediante incubación bajo condiciones controladas, considerando la aparición y evolución de síntomas y signos.
2. Determinar la progresión de las lesiones de moniliasis mediante el seguimiento del crecimiento de lesiones, aparición de síntomas y esporulación bajo condiciones controladas.
3. Comparar el tiempo de aparición de síntomas y signos de *Moniliophthora roreri* en mazorcas de cacao sometidas a condiciones de incubación controladas.

Hipótesis

La incubación bajo condiciones controladas permite detectar la presencia del patógeno *Moniliophthora roreri* en mazorcas de *Theobroma cacao* L., reduciendo significativamente el tiempo de aparición de síntomas y esporulación.

CAPÍTULO 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1. El cultivo de cacao (*Theobroma cacao*)

El cultivo de *Theobroma cacao* es una especie tropical de gran importancia económica, especialmente en países productores como Ecuador (Plasencia *et al.*, 2022). Según Ríos *et al.* (2023), el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) es una especie de gran importancia económica en regiones tropicales, donde constituye una de las principales fuentes de ingreso para pequeños y medianos productores.

Su producción se encuentra limitada por diversos factores, entre los cuales destacan las enfermedades causadas por patógenos, que afectan directamente la calidad y el rendimiento del cultivo, en este contexto, la sanidad vegetal es fundamental para el manejo adecuado del cacao (Sornoza *et al.*, 2022)

1.2. Importancia del cacao

La importancia productiva del cacao está relacionada con su capacidad de generar rendimientos comerciales y con la adaptación de determinados cultivares a diferentes ambientes de producción (Jaimez *et al.*, 2022). El cultivo del cacao posee una histórica trayectoria como motor económico en América Latina, generando múltiples beneficios sociales, económicos y de estabilidad para las comunidades agrícolas locales (Mendoza Vargas *et al.*, 2022).

La producción de cacao constituye una fuente de materia prima para la elaboración de productos alimentarios y otros productos derivados (Dantas *et al.*, 2023). Silva *et al.* (2023), plantea que las enfermedades constituyen una de las principales limitaciones para la producción de cacao a escala mundial, debido a las pérdidas que pueden ocasionar en las plantaciones.

1.3 Características botánicas

El cultivo de *Theobroma cacao* L. es una especie perenne de origen tropical que pertenece a la familia Malvaceae, se caracteriza por ser un árbol de tamaño mediano que puede alcanzar entre 4 y 8 metros de altura en condiciones naturales, aunque en sistemas productivos se mantiene a menor altura mediante podas para facilitar su manejo, presenta un sistema radicular pivotante con abundantes raíces secundarias, hojas simples de disposición alterna y flores pequeñas que se desarrollan directamente sobre el tronco y ramas principales, fenómeno conocido como cauliflora (Díaz *et al.*, 2022).

De acuerdo con Alcívar *et al.* (2022), el cacao requiere condiciones ambientales específicas para su adecuado desarrollo, destacando temperaturas entre 22 y 28 °C, alta

humedad relativa y precipitaciones anuales superiores a los 1.500 mm. Asimismo, es un cultivo que se adapta mejor a sistemas agroforestales, donde la sombra juega un papel fundamental en la regulación micro climática y en la reducción del estrés hídrico. Estas condiciones favorecen el desarrollo de patógenos, lo que incrementa la importancia del manejo fitosanitario.

1.4. Principales variedades o materiales genéticos

El clon CCN-51 se originó mediante procesos de cruzamiento y presenta características genéticas particulares derivadas de sus progenitores, lo que ha contribuido a su amplia utilización en diferentes regiones productoras, los programas de mejoramiento del cacao buscan combinar características de rendimiento, adaptación y resistencia o tolerancia a enfermedades para mejorar el desempeño de los materiales cultivados (Jaimez *et al.*, 2022).

Rodríguez y Sounigo (2023), mencionan que los programas de mejoramiento genético del cacao emplean diversas estrategias centradas en la recolección y conservación de germoplasma para optimizar el rendimiento y la adaptabilidad de los nuevos cultivares frente a las exigencias de la agricultura moderna.

1.5 Condiciones de producción

Jaimes *et al.*, (2022), indican que el cacao se desarrolla principalmente en regiones tropicales húmedas y sus condiciones de producción están estrechamente relacionadas con factores ambientales como temperatura, disponibilidad de agua y radiación. El clon CCN-51 presenta capacidad de adaptación a diferentes ambientes y ha mostrado un desempeño productivo elevado bajo distintas condiciones edafoclimáticas. Las mismas condiciones ambientales que permiten el establecimiento del cacao pueden favorecer también el desarrollo de enfermedades, especialmente debido a la humedad y a la naturaleza perenne del cultivo (Jaimez *et al*, 2022; Kongor *et al*, 2024).

En este sentido, los altos niveles de precipitación y las constantes temperaturas de las regiones tropicales generan microclimas propicios para la germinación y rápida diseminación de esporas fúngicas, lo cual, combinado con la permanencia del follaje y de los frutos durante todo el año, mantiene ciclos de infección continuos que dificultan el manejo fitosanitario de las plantaciones (Torres *et al*, 2023).

1.6 Principales enfermedades del cacao

Entre las enfermedades más relevantes se encuentra la Moniliasis del cacao, causada por el hongo *Moniliophthora roreri*. Tal como manifiesta Plasencia *et al.* (2022), esta

patología afecta directamente a las mazorcas, provocando su deterioro y reduciendo la producción. Entre las más importantes en América Latina se encuentran la Moniliasis del cacao (*M. roreri*), la Escoba de bruja (*Moniliophthora perniciosa*) y la Mazorca negra (*Phytophthora spp.*). Estas enfermedades representan una de las principales limitantes del cultivo, debido a su capacidad de diseminación y al daño directo que ocasionan en las mazorcas, reduciendo significativamente el rendimiento (Burgos *et al.*, 2024).

De acuerdo con Córdova *et al.* (2025), la Moniliasis del cacao, causada por el hongo *M. roreri*, es considerada una de las enfermedades más destructivas. Su ciclo biológico inicia con la infección de mazorcas jóvenes a través de esporas que germinan en condiciones de alta humedad. Posteriormente, el patógeno se desarrolla de manera interna durante una fase asintomática, lo que dificulta su detección temprana. En etapas avanzadas, se produce la esporulación, visible como una capa blanquecina en la superficie del fruto, lo que facilita su diseminación hacia otras mazorcas. Este comportamiento biológico constituye un factor crítico en la propagación de la enfermedad.

De otra manera, Cadena y Poma (2022), mencionan que los daños ocasionados por la Moniliasis incluyen la deformación, necrosis y pudrición de las mazorcas, lo que puede generar pérdidas de producción que superan el 70% en condiciones favorables para el patógeno. Asimismo, afecta la calidad del grano, reduciendo su valor comercial. Otras enfermedades como la Escoba de bruja provocan deformaciones en brotes y flores, mientras que la Mazorca negra genera pudrición húmeda del fruto, todas con impacto negativo en la producción.

1.7. Importancia de las enfermedades

Silva *et al.* (2023), sostiene que las enfermedades representan una amenaza significativa para la producción mundial de cacao debido a las pérdidas que pueden ocasionar. Este mismo señala que las enfermedades del cacao ocasionan pérdidas superiores al 30 % del potencial productivo del cultivo (p. 1658). Así mismo, Bouchon and ten Hoopen, (2022), señalan que las enfermedades del cacao reducen aproximadamente un 20 % de los rendimientos, aunque algunas enfermedades particularmente destructivas podrían generar pérdidas mucho mayores si aumentara su distribución geográfica.

Dantas *et al.* (2023), explican que los principales patógenos del cacao presentan diferentes mecanismos de interacción con la planta hospedera, lo que contribuye al

desarrollo de enfermedades. Un estudio publicado en LWT en 2026 encontró que los daños ocasionados por enfermedades como escoba de bruja y mazorca negra pueden modificar la composición química de los frutos infectados y afectar la calidad de los productos derivados del cacao (Dionízio da Silva *et al.*, 2026).

1.7.1 Moniliasis

La moniliasis o pudrición acuosa de la mazorca, causada por *Moniliophthora roreri*, constituye una de las enfermedades de mayor importancia económica del cacao debido a su capacidad para afectar directamente los frutos y generar pérdidas productivas que pueden alcanzar hasta el 90 % en condiciones favorables para el desarrollo de la enfermedad (Jaimes *et al.*, 2022). Bailey *et al.* (2018) explican que el patógeno presenta inicialmente una fase de infección con pocos síntomas visibles, que puede prolongarse aproximadamente entre 45 y 90 días, para posteriormente desarrollar una fase necrotrófica caracterizada por la muerte de los tejidos del fruto y la formación de abundantes esporas sobre las mazorcas afectadas.

Estas estructuras reproductivas desempeñan un papel fundamental en la propagación de la enfermedad, ya que pueden ser dispersadas principalmente por el viento y la lluvia, además de contribuir a su diseminación las actividades realizadas por el ser humano dentro de las plantaciones. Asimismo, la presencia de humedad y de frutos susceptibles favorece la germinación de las esporas y el establecimiento de nuevas infecciones, por lo que las condiciones ambientales, la disponibilidad de inóculo y la presencia de frutos infectados constituyen factores importantes en el desarrollo de epidemias de moniliasis (Bailey *et al.*, 2018).

1.7.2. Escoba de bruja

La escoba de bruja constituye una de las enfermedades de mayor importancia del cultivo de cacao debido a las pérdidas productivas y económicas que puede ocasionar. Esta enfermedad es causada por el hongo hemibiotrófico *Moniliophthora perniciosa*, el cual ha provocado reducciones del rendimiento de entre 50 y 90 % en diferentes regiones cacaoteras donde se ha establecido. El desarrollo de la enfermedad comprende una fase biotrófica inicial en la que el patógeno altera el crecimiento de los tejidos vegetativos, provocando hipertrofia, hiperplasia y la formación de estructuras conocidas como escobas verdes. Posteriormente, estos tejidos entran en una fase necrotrófica, se secan y desarrollan estructuras reproductivas capaces de producir grandes cantidades de esporas. La dispersión de estas estructuras mediante agua y viento favorece la propagación del patógeno dentro de las plantaciones,

mientras que la transición entre las fases biotrófica y necrotrófica constituye uno de los aspectos fundamentales para comprender el desarrollo de la enfermedad y establecer estrategias de manejo (Meinhardt *et al.*, 2008).

1.7.3. Mazorca negra

La mazorca negra está asociada principalmente con especies del género *Phytophthora* que afectan los frutos y otros tejidos del cacao, además, incluye a la mazorca negra entre las enfermedades de mayor importancia para la producción mundial de cacao. (Silva *et al.*, 2023). Dantas *et al.* (2023) indican que las especies de *Phytophthora* poseen mecanismos de patogenicidad que les permiten interactuar con los tejidos del cacao y provocar el desarrollo de la enfermedad.

1.7.4. Otras enfermedades de importancia

Además de la moniliasis y la escoba de bruja, el cultivo de cacao es afectado por enfermedades ocasionadas por diferentes grupos de fitopatógenos, entre las que destaca la pudrición negra de la mazorca. Esta enfermedad es causada principalmente por especies del género *Phytophthora*, siendo *P. palmivora* una de las especies de mayor importancia a escala mundial. El patógeno puede infectar diferentes órganos de la planta, especialmente las mazorcas, donde ocasiona lesiones que evolucionan rápidamente y pueden comprometer la producción. La importancia de estas enfermedades radica en su capacidad para reducir el rendimiento y afectar la productividad de las plantaciones de cacao (Perrine-Walker, 2020).

1.8. Agentes causales y epidemiología de las enfermedades

Las enfermedades del cultivo de cacao son provocadas por diversos microorganismos fitopatógenos que presentan diferentes mecanismos de infección y adaptación al hospedero, entre los cuales destacan *Moniliophthora roreri*, *Moniliophthora perniciosa* y especies del género *Phytophthora* (Bailey *et al.*, 2018; Meinhardt *et al.*, 2008; Perrine-Walker, 2020). La epidemiología de estas patologías está fuertemente determinada por las fuentes de inóculo, donde los tejidos vegetales enfermos que no se retiran oportunamente favorecen la acumulación de estructuras reproductivas capaces de iniciar nuevas infecciones (Pérez, 2018). Respecto a su propagación, la dispersión de las estructuras reproductivas de patógenos como *Moniliophthora roreri* se moviliza mediante el viento, las salpicaduras de agua y las labores agrícolas, facilitando que las esporas alcancen frutos sanos (Pérez, 2018; Bailey *et al.*, 2018). Asimismo, el desarrollo de las epidemias se ve influenciado por variables microclimáticas como la temperatura, la humedad relativa y el mojado superficial (Leandro *et al.*, 2017), además de factores espaciales de la plantación como la distribución

y el espaciamiento entre árboles, los cuales modifican el microambiente y la incidencia individual de la enfermedad (Ngo Bieng *et al.*, 2017).

1.9. Agentes fitopatógenos

Las enfermedades del cacao son provocadas por diversos microorganismos fitopatógenos que presentan diferentes mecanismos de infección y adaptación al hospedero. Entre los principales agentes se encuentran *Moniliophthora roreri*, causante de la moniliasis o pudrición helada de la mazorca; *Moniliophthora perniciosa*, responsable de la escoba de bruja; y especies de *Phytophthora*, asociadas principalmente con la pudrición negra. Estos patógenos presentan características biológicas y epidemiológicas particulares que determinan su capacidad para colonizar los tejidos del cacao y desarrollar la enfermedad. Por ello, conocer su biología resulta fundamental para comprender el desarrollo de las enfermedades y establecer estrategias adecuadas de manejo fitosanitario. (Bailey *et al.*, 2018; Meinhardt *et al.*, 2008; Perrine-Walker, 2020).

1.10. Fuentes de inóculo

Las fuentes de inóculo constituyen un componente fundamental en la epidemiología de las enfermedades del cacao, debido a que permiten la permanencia y posterior propagación de los agentes fitopatógenos dentro de las plantaciones. En el caso de *Moniliophthora roreri* y *M. perniciosa*, los tejidos vegetales enfermos representan importantes fuentes de estructuras reproductivas capaces de iniciar nuevas infecciones. La presencia de frutos y tejidos infectados que no son retirados oportunamente puede favorecer la acumulación de inóculo y aumentar el riesgo de infección de órganos sanos. Por esta razón, las prácticas de saneamiento y eliminación de material vegetal enfermo constituyen medidas importantes dentro del manejo epidemiológico de estas enfermedades (Sousa *et al.*, 2021; Jiménez *et al.*, 2022; Kongor *et al.*, 2024)

1.11. Dispersión

La dispersión de los agentes causales de las enfermedades del cacao constituye un proceso determinante para el establecimiento de nuevos focos de infección. En *Moniliophthora roreri*, las estructuras reproductivas pueden movilizarse mediante el viento y las salpicaduras de agua, favoreciendo la llegada del inóculo a frutos susceptibles. Asimismo, las actividades realizadas durante las labores agrícolas pueden contribuir a la movilización de estructuras del patógeno cuando existe contacto con tejidos contaminados. Estas vías de dispersión permiten que el patógeno se desplace dentro de la plantación y aumentan la probabilidad de que las esporas alcancen frutos sanos en condiciones favorables. (Pérez, 2018; Bailey *et al.*, 2018)

1.12. Condiciones ambientales favorables

Las condiciones microclimáticas desempeñan un papel fundamental en el desarrollo de las enfermedades del cacao, debido a que variables como la temperatura, la humedad relativa y la duración del mojado superficial pueden modificar la aparición de síntomas y la producción de estructuras reproductivas de los patógenos. En el caso de *Moniliophthora roreri*, investigaciones experimentales han demostrado que diferentes variables microclimáticas están relacionadas con la transición de frutos sanos a frutos enfermos y posteriormente con la aparición de lesiones esporulantes. Por lo tanto, las características ambientales de una plantación pueden influir directamente sobre la dinámica de la enfermedad y deben ser consideradas dentro de los estudios epidemiológicos y de las estrategias de manejo (Leandro *et al.*, 2017).

La incidencia de *Moniliophthora roreri* no depende únicamente de la presencia del patógeno, sino también de las características de la plantación y de las condiciones que favorecen el establecimiento de la enfermedad. La distribución espacial de las plantas puede modificar el microambiente y, consecuentemente, influir en la incidencia individual de la enfermedad. En este sentido, el manejo de la estructura de las plantaciones constituye un componente que puede contribuir a reducir las condiciones favorables para el desarrollo y propagación de la moniliasis (Ngo Bieng *et al.*, 2017).

1.13. Ciclo de la enfermedad

El ciclo de las enfermedades del cacao comprende una sucesión de etapas que inicia con la producción y dispersión de estructuras infectivas del patógeno, continúa con la llegada del inóculo a los tejidos susceptibles, la germinación, penetración y colonización del hospedero, y culmina con el desarrollo de síntomas, la reproducción del agente causal y la formación de nuevo inóculo que permite iniciar ciclos posteriores. En el caso de la escoba de bruja, causada por *Moniliophthora perniciosa*, el ciclo comienza con la formación de basidiosporas en estructuras reproductivas desarrolladas sobre tejidos previamente infectados y necrosados; estas esporas son transportadas principalmente por el aire y, bajo condiciones de elevada humedad, pueden infectar tejidos meristemáticos del cacao, como brotes, flores y frutos jóvenes. Posteriormente, el patógeno desarrolla una fase biotrófica dentro de los tejidos vivos, seguida por una fase necrotrófica en la que los tejidos infectados mueren y se forman nuevas estructuras reproductivas capaces de producir basidiosporas (Santos *et al.*, 2023)

En la moniliasis, causada por *Moniliophthora roreri*, el ciclo presenta igualmente una fase inicial de infección y colonización seguida de una etapa necrotrófica. Las esporas

producidas sobre las mazorcas infectadas son dispersadas principalmente por el viento, la lluvia y las actividades humanas, y al alcanzar frutos susceptibles pueden germinar y penetrar a través de la cutícula o las estomas. Posteriormente, el hongo coloniza los tejidos de la mazorca durante una fase biotrófica prolongada, que puede durar aproximadamente entre 45 y 90 días, antes de iniciar la fase necrotrófica, caracterizada por la muerte de los tejidos y la producción abundante de nuevas esporas sobre la superficie del fruto. De esta manera, las mazorcas infectadas se convierten nuevamente en fuentes de inóculo y permiten que el patógeno continúe su ciclo epidemiológico dentro de la plantación (Bailey *et al.*, 2018).

1.14. Infección, período de incubación y desarrollo de síntomas

1.14.1. Proceso de infección

El proceso de infección en el cultivo de cacao inicia cuando las esporas germinan sobre la superficie del fruto susceptible, requiriendo condiciones óptimas de humedad y temperatura para su establecimiento (Bailey *et al.*, 2018). Según Leandro *et al.* (2017), el patógeno requiere de un periodo de mojado superficial continuo para lograr penetrar la cutícula y los tejidos del hospedero.

1.14.2. Penetración y colonización del hospedero

Una vez superada la barrera cuticular, el micelio se propaga de manera interna y biotrófica a través del apoplasto del fruto joven. Durante esta etapa, las hifas colonizan activamente los tejidos corticales sin mostrar daños externos aparentes, alterando el metabolismo celular del fruto en desarrollo (Meinhardt *et al.*, 2008).

1.14.3 Período de incubación

El período de incubación abarca el lapso transcurrido desde la penetración inicial del propágulo hasta la manifestación externa de las primeras alteraciones fisiológicas. Este intervalo es prolongado y variable, estimándose comúnmente entre 45 y 90 días dependiendo de factores ambientales y de la agresividad de la cepa (Bailey *et al.*, 2018).

1.14.4 Aparición de síntomas

La aparición de los primeros síntomas externos suele coincidir con la transición del patógeno de su fase biotrófica a una fase necrotrófica. Esto se traduce en un cambio en la coloración de la mazorca, pasando de un desarrollo normal a presentar manchas cloróticas traslúcidas o zonas de maduración prematura y deformaciones (Leandro-Muñoz *et al.*, 2017).

1.14.5 Desarrollo y progresión de lesiones

A medida que el hongo avanza en su ciclo destructivo, las lesiones iniciales se expanden rápidamente por el mesocarpio del fruto. Se produce una necrosis severa de los

tejidos internos, lo que genera una pudrición firme o acuosa (según el agente causal) que compromete la totalidad de las almendras en el interior de la mazorca (Bailey *et al.*, 2018).

1.15 Diferenciación entre síntomas iniciales y avanzados

En las etapas iniciales, los síntomas se limitan a abultamientos sutiles y ligeras decoloraciones en frutos jóvenes. En contraste, en los síntomas avanzados y en la fase de signos del patógeno, la mazorca muestra una necrosis total cubierta por una capa densa de micelio o estroma fúngico (esporulación masiva), la cual sirve como fuente de inóculo secundario para la diseminación de la enfermedad en la plantación (Meinhardt *et al.*, 2008).

1.16. Sintomatología de las enfermedades del cacao

Bailey *et al.* (2018) indican que la sintomatología de las enfermedades del cacao comprende el conjunto de alteraciones visibles que se producen en la planta como consecuencia de la infección por diferentes agentes fitopatógenos. Estas manifestaciones pueden variar de acuerdo con el patógeno, el órgano afectado, la edad del tejido y las condiciones ambientales. En la moniliasis, causada por *Moniliophthora roreri*, los primeros síntomas pueden presentarse como pequeñas lesiones o manchas de apariencia irregular en la superficie de los frutos, que posteriormente evolucionan hacia áreas necróticas y cambios en la coloración de la mazorca. Conforme avanza la enfermedad, el tejido interno del fruto es afectado y finalmente aparece sobre la superficie una abundante masa de esporas de color blanco que posteriormente adquiere tonalidades crema o amarillentas, constituyendo uno de los signos más característicos de la enfermedad.

En el caso de la escoba de bruja, ocasionada por *Moniliophthora perniciosa*, los síntomas se relacionan principalmente con alteraciones del crecimiento de los tejidos jóvenes. La infección provoca un crecimiento anormal de los brotes, incremento del tamaño de los tejidos y desarrollo de numerosas ramas delgadas que adquieren la apariencia característica de una “escoba”. Inicialmente estas estructuras permanecen verdes y activas, pero posteriormente pierden su funcionalidad, se necrosan y se secan. Además, el patógeno puede afectar cojines florales y frutos, ocasionando deformaciones y alteraciones en su desarrollo. En etapas avanzadas, sobre los tejidos muertos pueden desarrollarse estructuras reproductivas del hongo que producen las basidiosporas responsables de nuevas infecciones (Ferraz *et al.*, 2021; Santos *et al.*, 2023).

La identificación de estos síntomas resulta fundamental para el diagnóstico inicial de las enfermedades en campo, ya que permite diferenciar, de manera preliminar, los daños ocasionados por los principales patógenos del cacao. Sin embargo, debido a que algunas manifestaciones pueden presentar características similares entre diferentes enfermedades, la

evaluación visual debe complementarse, cuando sea necesario, con métodos microbiológicos o moleculares que permitan confirmar la identidad del agente causal (Dantas *et al.*, 2023).

1.16.1. Síntomas iniciales

Los síntomas iniciales de las enfermedades del cacao corresponden a las primeras alteraciones que pueden observarse después de la infección y constituyen una etapa importante para la detección temprana de los patógenos en campo. En el caso de la moniliasis, causada por *Moniliophthora roreri*, las primeras manifestaciones pueden aparecer como pequeñas lesiones o cambios de coloración en la superficie de las mazorcas, aunque durante las primeras etapas de la infección los frutos pueden permanecer aparentemente sanos. Esta característica dificulta la identificación temprana de la enfermedad, debido a que el patógeno puede desarrollarse internamente antes de que los síntomas externos sean claramente visibles (Kongor *et al.*, 2024).

En la escoba de bruja, causada por *Moniliophthora perniciosa*, los síntomas iniciales se relacionan principalmente con alteraciones en el crecimiento de los tejidos jóvenes. Los brotes infectados pueden presentar un crecimiento excesivo y anormal, acompañado de un aumento en el número de ramas y hojas, dando lugar progresivamente a la estructura característica denominada “escoba verde”. Estas modificaciones son consecuencia de la interacción del patógeno con los tejidos meristemáticos de la planta y representan una de las primeras manifestaciones visibles de la enfermedad (Ferraz *et al.*, 2021).

La identificación de estos cambios durante las primeras etapas resulta importante para el manejo fitosanitario, debido a que permite detectar tejidos potencialmente infectados antes de que se complete el desarrollo de estructuras reproductivas y se incremente la cantidad de inóculo disponible para nuevas infecciones (Santos *et al.*, 2023).

1.16.2 Síntomas intermedios

Durante la etapa intermedia de las enfermedades del cacao, los síntomas se hacen más evidentes debido al avance de la infección y a la colonización progresiva de los tejidos por los agentes fitopatógenos. En el caso de la moniliasis, causada por *Moniliophthora roreri*, las lesiones iniciales presentes en la superficie de las mazorcas aumentan progresivamente de tamaño y adquieren una coloración más evidente. Conforme avanza la enfermedad, el tejido del fruto experimenta cambios internos y externos asociados con la pérdida de funcionalidad de las células, mientras que la superficie puede presentar áreas de necrosis y alteraciones en la apariencia normal de la mazorca (Kongor *et al.*, 2024).

En la escoba de bruja, los síntomas intermedios se caracterizan por el desarrollo más marcado de los tejidos afectados. Los brotes que inicialmente presentan un crecimiento

anormal continúan desarrollándose hasta formar estructuras alargadas y ramificadas conocidas como escobas verdes. Estas estructuras presentan una alteración evidente de la arquitectura normal de la planta y posteriormente comienzan a perder su vitalidad, iniciándose el proceso de necrosis y secamiento de los tejidos. El patógeno también puede afectar los cojines florales y los frutos jóvenes, provocando alteraciones en su desarrollo y favoreciendo la progresión de la enfermedad (Ferraz *et al.*, 2021; Santos *et al.*, 2023).

En esta etapa, el reconocimiento de los cambios morfológicos resulta importante para establecer medidas de manejo, debido a que el incremento de los tejidos afectados y la progresión de las lesiones indican que la infección se encuentra en desarrollo. La identificación oportuna de estos síntomas permite diferenciar plantas y órganos afectados y reducir, mediante prácticas fitosanitarias, la cantidad de tejido que posteriormente puede convertirse en fuente de inóculo para nuevas infecciones (Sousa *et al.*, 2021; Castillo *et al.*, 2024).

1.16.3 Síntomas avanzados

Los síntomas avanzados constituyen la fase terminal del proceso patológico, caracterizada por la colonización total de los tejidos del hospedero y la pérdida completa de la funcionalidad celular. En esta etapa, el daño estructural y fisiológico es irreversible, comprometiendo severamente el rendimiento productivo del cultivo y la calidad comercial de los frutos (Cadena y Poma, 2022; Dionízio da Silva *et al.*, 2026).

En el caso de la moniliasis (*Moniliophthora roreri*), los síntomas avanzados se manifiestan con una necrosis severa y generalizada que abarca gran parte o la totalidad de la mazorca. Las lesiones de tonalidad parda o chocolate que comenzaron en la etapa intermedia confluyen rápidamente, provocando el endurecimiento, la deformación extrema y la pudrición interna del fruto (Kongor *et al.*, 2024; Cadena & Poma, 2022). Internamente, el patógeno destruye el mesocarpio y las almendras, las cuales se desintegran en una masa acuosa o momificada inservible para la comercialización (Bailey *et al.*, 2018). Para la escoba de bruja (*Moniliophthora perniciosa*), la etapa avanzada coincide con la consolidación de la fase necrotrófica del patógeno (Santos *et al.*, 2023).

Las estructuras vegetativas hipertrofiadas (escobas verdes) experimentan una senescencia acelerada y muerte celular masiva, transformándose en "escobas secas" de consistencia quebradiza y coloración pardo-oscura (Ferraz *et al.*, 2021). Cuando la infección compromete los frutos jóvenes, estos sufren deformaciones severas, momificación y una necrosis compacta que frena completamente su crecimiento y desarrollo (Silva *et al.*, 2022).

Por su parte, en la mazorca negra provocada por especies del género *Phytophthora* (principalmente *P. palmivora*), los síntomas avanzados se caracterizan por una mancha necrótica de color negro uniforme que cubre por completo la superficie del fruto en cuestión de pocos días (Silva *et al.*, 2023). La lesión evoluciona hacia una pudrición húmeda generalizada que descompone tanto la cáscara como las semillas, causando la pérdida total del fruto antes de la cosecha (Cadena & Poma, 2022).

La manifestación de síntomas avanzados representa el punto crítico en la epidemiología del cultivo, ya que los tejidos completamente necrosados actúan como sustrato directo para la fase de esporulación masiva, convirtiendo a las plantas y órganos afectados en fuentes primordiales de inóculo dentro de la plantación (Sousa Filho *et al.*, 2021; Kongor *et al.*, 2024).

1.16.4 Signos del patógeno

Los signos del patógeno corresponden a las estructuras físicas y visibles del agente causal que se manifiestan sobre los tejidos afectados de la planta, permitiendo confirmar de manera directa la presencia del organismo fitopatógeno en el cultivo. A diferencia de los síntomas (que son las respuestas o alteraciones del hospedero), los signos constituyen la evidencia tangible de la morfología del hongo, la cual se desarrolla de forma masiva durante las etapas avanzadas de la infección, coincidiendo con la fase necrotrófica de su ciclo biológico (Ferraz *et al.*, 2021; Santos *et al.*, 2023).

En el caso de la moniliasis (*Moniliophthora roreri*), el signo más característico y evidente es la aparición de una densa capa de micelio sobre la superficie externa de la mazorca necrótica. Inicialmente, esta estructura se observa como una capa blanquecina que, al madurar y producir masivamente esporas (conidios), adquiere tonalidades crema, amarillentas o marrón claro (Bailey *et al.*, 2018). Esta cubierta pulverulenta representa una abundante masa de inóculo secundario que facilita la rápida diseminación de la enfermedad hacia otros frutos sanos mediante la acción del viento y la lluvia (Bailey *et al.*, 2018; Pérez-Vicente, 2018).

En la escoba de bruja (*Moniliophthora perniciosa*), los signos del patógeno se desarrollan principalmente sobre los tejidos secos y necrosados, como las denominadas "escobas secas", cojines florales muertos y frutos momificados. Sobre estas estructuras muertas, bajo condiciones de alta humedad relativa, el hongo produce basidiocarpos (pequeñas estructuras en forma de sombrilla o copa) en los cuales se forman las basidiosporas, estas esporas sexuales son liberadas al ambiente y transportadas por el aire

para iniciar nuevos ciclos infecciosos en los brotes y tejidos meristemáticos jóvenes (Sousa *et al.*, 2021; Santos *et al.*, 2023).

Perry-Walker (2020) menciona que en la pudrición negra de la mazorca (*Phytophthora spp.*, como *P. palmivora*), los signos se manifiestan bajo condiciones de alta humedad como un crecimiento micelial y esporulación blanquecina o cenicienta sutil sobre las lesiones oscuras de la mazorca (Silva *et al.*, 2023; Perrine-Walker, 2020). En este género, el patógeno produce estructuras asexuales (esporangios) capaces de liberar zoosporas móviles en presencia de agua libre, lo que intensifica drásticamente la pudrición húmeda del fruto.

La identificación visual de estos signos en campo resulta fundamental para el diagnóstico fitosanitario, ya que permite reconocer con precisión el agente causal predominante y subraya la necesidad urgente de realizar prácticas de saneamiento y eliminación de frutos y ramas enfermas para reducir la acumulación de inóculo en la plantación (Sousa *et al.*, 2021; Castillo *et al.*, 2024).

1.16.5 Características visuales para diferenciar enfermedades

La diferenciación visual de las principales enfermedades del cacao en campo es fundamental para realizar un diagnóstico preliminar oportuno y aplicar las medidas de manejo fitosanitario adecuadas. Aunque los patógenos pueden compartir ciertas condiciones ambientales para su desarrollo, cada uno presenta características morfológicas particulares en sus síntomas y signos (Dantas *et al.*, 2023).

La *Moniliophthora roreri* se diferencia principalmente por afectar de forma exclusiva a los frutos (mazorcas) en diversas etapas de desarrollo (Plasencia *et al.*, 2022). Los síntomas iniciales incluyen pequeñas manchas o abultamientos irregulares y cambios de coloración, mientras que en etapas avanzadas el fruto experimenta una deformación severa y necrosis interna (Bailey *et al.*, 2018; Cadena y Poma, 2022). Su signo más inequívoco es la aparición de una densa capa de micelio polvoriento que evoluciona de un color blanco a tonalidades crema o amarillentas debido a la esporulación masiva sobre la superficie de la mazorca.

La escoba de bruja *Moniliophthora perniciosa* a diferencia de la moniliasis, este patógeno afecta principalmente a los tejidos meristemáticos jóvenes de la planta, provocando un crecimiento anormal y desordenado en brotes y ramas que adoptan la forma característica de "escobas verdes" (que posteriormente se necrosan y secan) (Meinhardt *et al.*, 2008). Cuando llega a infectar cojines florales y frutos, genera deformaciones notables y momificación, diferenciándose por alterar la arquitectura vegetativa general del árbol y no limitarse únicamente a los frutos (Santos *et al.*, 2023).

La Mazorca negra (*P. palmivora*): Se identifica visualmente por la presencia de lesiones de un color marrón oscuro a negro uniforme que avanzan con rapidez por la superficie de la mazorca (Perrine-Walker, 2020). A diferencia de la moniliasis (que suele mantener una consistencia más firme o deformada con polvo esporular claro), la mazorca negra provoca una pudrición húmeda y blanda del fruto, acompañada en condiciones de alta humedad por un crecimiento micelial y esporulación sumamente sutil o cenicienta (Perrine-Walker, 2020).

1.17 Diagnóstico y detección de enfermedades fitopatógenas

El diagnóstico y la detección oportuna de las enfermedades fitopatógenas en el cultivo de cacao son componentes esenciales para el manejo integrado de plagas y enfermedades, ya que permiten identificar la presencia de los agentes causales antes de que alcancen niveles epidémicos que comprometan la producción (Córdova *et al.*, 2025). Dantas *et al.* (2023) expresan que la complejidad biológica de patógenos como *Moniliophthora roreri*, *Moniliophthora perniciosa* y especies del género *Phytophthora* exige la implementación de estrategias de monitoreo precisas que combinen la observación en campo con herramientas de confirmación especializada

1.17.1 Diagnóstico convencional

El diagnóstico convencional en el cultivo de cacao es el método tradicional y de bajo costo basado en la inspección visual para reconocer los síntomas y signos característicos inducidos por fitopatógenos como *Moniliophthora roreri*, *Moniliophthora perniciosa* y *Phytophthora spp.* en frutos, brotes y cojines florales; sin embargo, presenta limitaciones técnicas importantes debido a las fases de incubación asintomática prolongada y al solapamiento de manifestaciones clínicas entre distintas enfermedades, lo que a menudo requiere el respaldo complementario de métodos microbiológicos o moleculares para una identificación precisa (Bailey *et al.*, 2018; Dantas *et al.*, 2023; Silva *et al.*, 2022).

1.17.2 Evaluación visual

La evaluación visual consiste en la inspección sistemática de las plantaciones de cacao para detectar alteraciones morfológicas tempranas o avanzadas. Permite identificar indicios como manchas cloróticas, abultamientos irregulares, deformaciones en brotes (escobas) y pudriciones en los frutos (Bailey *et al.*, 2018; Bock *et al.*, 2022). No obstante, la eficacia de la evaluación visual puede verse limitada durante las fases asintomáticas o de incubación prolongada (como ocurre en las etapas iniciales de la moniliasis), donde el

patógeno coloniza internamente los tejidos sin manifestar señales externas evidentes (Bailey *et al.*, 2018).

1.17.3 Métodos microbiológicos y moleculares

Ante las limitaciones del diagnóstico visual y la necesidad de superar la incertidumbre generada por el solapamiento de síntomas o las fases de latencia de los patógenos, los métodos microbiológicos y moleculares se establecen como herramientas de alta precisión; mientras que los métodos microbiológicos permiten el aislamiento y la caracterización cultural de los microorganismos fitopatógenos en medios específicos, Dantas *et al.* (2023) resaltan que las técnicas moleculares avanzadas brindan una identificación inequívoca a nivel de especie o cepa mediante el análisis del material genético, lo que optimiza profundamente la comprensión de las interacciones planta-patógeno y fundamenta las estrategias de control fitosanitario.

1.17.4 Limitaciones del diagnóstico visual

Si bien el diagnóstico convencional basado en la inspección visual es una herramienta rápida y accesible en campo, presenta restricciones críticas para el manejo fitosanitario del cacao; entre ellas destacan la existencia de largos períodos de incubación asintomática como el lapso de 45 a 90 días en el que *Moniliophthora roreri* coloniza internamente los frutos sin mostrar señales externas, el solapamiento de manifestaciones clínicas entre diferentes enfermedades y la alta dependencia de la experiencia del observador, lo que limita su efectividad para evitar pérdidas severas en la producción (Cadena & Poma, 2022; Bailey *et al.*, 2018; Dantas *et al.*, 2023).

1.17.5 Evaluación de enfermedades en plantas

La evaluación de enfermedades en las plantaciones de cacao constituye un proceso metodológico indispensable para cuantificar el impacto epidemiológico y la magnitud de los daños causados por fitopatógenos, permitiendo determinar con precisión métricas fundamentales como la incidencia (proporción de órganos o plantas afectadas) y la severidad (porcentaje de tejido vegetal destruido por la infección); para ello, se emplean escalas de evaluación estandarizadas que facilitan el monitoreo del progreso temporal de la enfermedad en función de las variables ambientales y espaciales del agroecosistema (Leandro *et al.*, 2017; Ngo Bieng *et al.*, 2017). Lo que a su vez fundamenta la toma de decisiones oportunas en el manejo integrado del cultivo frente a patógenos altamente destructivo (Ramírez *et al.*, 2026).

1.17.6 Incidencias

La incidencia de una enfermedad en el cultivo de cacao se define como la proporción o porcentaje de unidades muestrales ya sean árboles, brotes o mazorcas— que presentan síntomas o signos de infección en relación con el total evaluado, constituyendo un indicador epidemiológico fundamental para medir la frecuencia espacial con la que los patógenos se establecen y distribuyen dentro de la plantación; de este modo, el monitoreo sistemático de este parámetro permite valorar cómo las condiciones microclimáticas y los factores de manejo influyen en la propagación de agentes limitantes como *Moniliophthora roreri* y *Moniliophthora perniciosa*, facilitando la toma de decisiones oportunas para la implementación de esquemas de control fitosanitario eficaces (Bock *et al.*, 2022).

1.17.7 Severidad

La severidad de una enfermedad en el cultivo de cacao se define como el grado, proporción o porcentaje de tejido vegetal afectado o destruido por la acción de fitopatógenos en relación con el total del órgano evaluado (como frutos, hojas o ramas), constituyendo un parámetro de gran utilidad para estimar las pérdidas de rendimiento y predecir el impacto económico en la producción; de este modo, su cuantificación precisa mediante escalas estandarizadas permite medir la magnitud real del daño provocado por patógenos destructivos como *Moniliophthora roreri* y *Phytophthora* spp., facilitando la evaluación de la eficacia de las medidas de control implementadas en campo (Chiang *et al.*, 2022)

1.17.8 Escalas de evaluación

Bock *et al* (2022), indican que las escalas de evaluación en fitopatología son herramientas estandarizadas, cualitativas o cuantitativas, diseñadas para medir de manera visual y objetiva el porcentaje de tejido afectado o la intensidad de los síntomas en los órganos de la planta (como mazorcas, hojas o tallos) en función de grados preestablecidos, lo cual reduce la subjetividad del observador y permite estandarizar el registro del daño causado por agentes patógenos; de esta manera, su aplicación facilita la comparación temporal y espacial de las epidemias en el cultivo de cacao, optimizando la toma de decisiones para el manejo integrado de enfermedades.

1.17.9 Progreso temporal de la enfermedad

Bock *et al.* (2022) señala que el progreso temporal de una enfermedad describe la evolución y el incremento de la intensidad de una infección a lo largo del tiempo, permitiendo analizar la dinámica epidemiológica de los patógenos bajo condiciones ambientales específicas y prácticas de manejo en el cultivo de cacao; de este modo, el seguimiento de su desarrollo mediante curvas de progreso facilita la comprensión de la velocidad de propagación de agentes como *Moniliophthora roreri* o *Phytophthora* spp., lo

cual es fundamental para anticipar picos epidémicos y optimizar el diseño de estrategias de control oportunas.

1.18 Inducción e incubación de enfermedades fitopatógenas

1.18.1 Inducción del desarrollo de síntomas

Las fases iniciales del ciclo infeccioso engloban la inducción e incubación de patógenos fitopatógenos, procesos en los cuales se establecen las interacciones moleculares y celulares silenciosas dentro de los tejidos del hospedante antes de que se desencadenen las alteraciones fisiológicas y los cambios estructurales característicos de la enfermedad (Jones y Naidu, 2019).

1.18.2 Condiciones necesarias para el desarrollo de enfermedades

Leveau (2024) explica que el desarrollo de enfermedades en los cultivos fitopatógenos se fundamenta en el modelo clásico del triángulo interactivo, el cual establece que la manifestación de una patología es el resultado dinámico y simultáneo entre la susceptibilidad del hospedante, la virulencia del agente microbiano y las condiciones ambientales imperantes.

El surgimiento y la evolución de las enfermedades en los cultivos dependen de la interacción simultánea de tres factores fundamentales conocidos como el triángulo de la enfermedad, el cual postula que para que ocurra una infección se requiere la presencia indispensable de un hospedante susceptible, un patógeno virulento y condiciones ambientales favorables que propicien el desarrollo del proceso patológico (Bock *et al.*, 2022).

1.18.3 Incubación de tejidos vegetales infectados

La fase de incubación en los tejidos vegetales infectados comprende el intervalo temporal que transcurre desde la penetración y establecimiento inicial del patógeno hasta la aparición de los primeros síntomas visibles en el hospedante (Shikha *et al.*, 2024), constituyendo un lapso clave donde el agente causal coloniza el tejido de forma interna antes de que se manifiesten los desórdenes fisiológicos externos (Carisse *et al.*, 2024)

Carisse *et al.* (2024) mencionan que la incubación de los tejidos vegetales infectados comprende el lapso temporal que transcurre desde la penetración y establecimiento inicial del patógeno hasta la manifestación de los primeros signos o síntomas externos, permitiendo analizar de forma cuantitativa la dinámica interna del parásito y su variabilidad influenciada por la edad del hospedante y las condiciones ambientales del cultivo.

1.18.4 Temperatura y humedad relativa como factores del desarrollo de patógenos

La temperatura y la humedad relativa actúan como variables ambientales determinantes en la biología de los fitopatógenos, ya que modulan de manera directa la velocidad de incubación, la tasa de desarrollo sintomatológico y la severidad global de las infecciones, evidenciándose que los periodos prolongados con alta humedad y los rangos térmicos específicos aceleran significativamente el progreso de las enfermedades en los tejidos vegetales (Tho *et al.*, 2019).

Asimismo, el análisis microclimático evidencia que las fluctuaciones térmicas diarias y los periodos prolongados de alta humedad relativa en el dosel del cultivo determinan la disponibilidad de agua libre sobre la superficie vegetal, un factor físico indispensable para activar la motilidad de zoosporas y la infección exitosa de patógenos hemibiótrofos o necrótrofos (Torres *et al.*, 2023).

1.18.5 Período de incubación y expresión de síntomas

El período de incubación comprende el intervalo temporal que transcurre desde la penetración y el establecimiento interno del patógeno hasta la manifestación visible de los primeros síntomas en el hospedante, un proceso cuya duración y expresión sintomatológica están intrínsecamente determinadas por la velocidad de colonización del tejido, la virulencia del agente causal y la susceptibilidad fisiológica del cultivo (Shikha *et al.*, 2024).

Asimismo, la manifestación clínica y visual de los daños en los cultivos suele presentar un desfase temporal significativo respecto al momento de la infección inicial, debido a que muchos agentes fitopatógenos operan de manera sistémica o subterránea de forma latente, lo que demuestra que depender exclusivamente de la inspección visual de los síntomas puede retrasar la detección oportuna y subestimar la verdadera escala del avance epidémico en el campo (Díaz *et al.*, 2024).

1.18.6 Desarrollo de signos y estructuras reproductivas del patógeno

Como señalan Bock *et al.* (2022), una vez establecida la infección y superado el periodo de incubación, el patógeno completa su ciclo biológico mediante la formación de signos visibles y estructuras reproductivas externas sobre los tejidos del hospedante, tales como esporas, esclerocios o cuerpos fructíferos, los cuales aseguran la dispersión del inóculo hacia nuevos tejidos o plantas sanas para perpetuar la epidemia en el agroecosistema.

Así mismo, Chaudhary *et al.* (2022), indican que una vez superado el periodo de incubación y establecida la infección, el agente causal completa su ciclo biológico mediante la producción de signos visibles y estructuras reproductivas externas sobre los tejidos del hospedante —tales como micelio, esporas y cuerpos fructíferos, los cuales constituyen

evidencias biológicas clave para confirmar la presencia del patógeno y asegurar la dispersión del inóculo hacia nuevos tejidos.

1.18.7 Observación y registro de cambios sintomatológicos durante la incubación

El seguimiento continuo mediante la observación sistemática y el registro periódico de los cambios sintomatológicos durante la fase de incubación permite trazar la evolución temporal de la enfermedad, facilitando la construcción de curvas de progreso epidémico que son indispensables para modelar el comportamiento del patógeno y determinar el momento óptimo de intervención en el cultivo (Shikha *et al.*, 2024).

De igual manera, la implementación de escalas estandarizadas y el registro métrico o digital de la progresión de los síntomas durante las fases tempranas del desarrollo del patógeno minimizan la subjetividad visual del evaluador, garantizando mediciones precisas y reproducibles de la severidad para el análisis epidemiológico cuantitativo (Bock *et al.*, 2022).

CAPITULO II. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Caracterización del área

La investigación se realizó en el Centro de Apoyo Manglaralto, ubicado en la parroquia Manglaralto, cantón Santa Elena, provincia de Santa Elena, Ecuador. Este centro constituye un espacio destinado al desarrollo de actividades académicas, productivas y de investigación agrícola, donde se cultiva *Theobroma cacao* bajo condiciones propias de la región costera ecuatoriana.

El área de estudio presenta un clima tropical seco a subhúmedo, con temperaturas promedio que oscilan entre los 23 y 28 °C, y una humedad relativa variable dependiendo de la época del año. Estas condiciones, aunque menos húmedas que otras zonas cacaoteras, permiten la presencia de enfermedades fitosanitarias, especialmente cuando existen microambientes favorables dentro del cultivo, lo que resulta adecuado para el desarrollo del presente estudio.

Los suelos predominantes en la zona presentan texturas franco-arenosas a franco-arcillosas, con niveles variables de fertilidad y drenaje. La investigación se ejecutó en un periodo de cuatro meses para la fase experimental y tres meses adicionales para el análisis de resultados, lo que permitirá observar adecuadamente el comportamiento del patógeno en condiciones controladas y naturales.

2.2 Materiales, equipos y reactivos

2.2.1 Material biológico

El material biológico estuvo constituido por mazorcas de *Theobroma cacao* recolectadas en parcelas del Centro de Apoyo Manglaralto. Estas mazorcas presentaron signos iniciales de infección por la Moniliasis del cacao, lo que permitió analizar el desarrollo del patógeno en condiciones controladas.

Las muestras fueron seleccionadas considerando su estado de madurez, tamaño y nivel de afectación, presencia de síntomas y uniformidad fisiológica. Este proceso permitió reducir la variabilidad y asegurar mayor precisión en los resultados, se procuró que las mazorcas provengan de áreas con condiciones similares de manejo agronómico dentro del centro.

2.2.2 Material de campo para colecta de muestras

Para la recolección de las muestras se utilizaron herramientas básicas de campo, tales como tijeras de podar, bolsas plásticas de polietileno, cinta métrica y flexómetro marca INGCO, además de etiquetas y marcadores permanentes para la identificación de las unidades experimentales.

Durante la colecta se realizó una identificación cuidadosa de cada muestra, asignando códigos específicos que permitieron su seguimiento durante todo el proceso experimental, este procedimiento garantizó un adecuado control de las variables estudiadas. Se adoptaron medidas básicas de manejo para evitar la contaminación cruzada entre muestras, lo que permitió preservar la integridad del material recolectado y asegurar la validez de los resultados obtenidos.

2.3 Tipo de investigación

La investigación fue de tipo experimental, de tipo aplicada debido a que se manipularon las variables independientes, correspondiente al uso de la incubadora, con el propósito de observar su efecto sobre el tiempo de esporulación del patógeno en las mazorcas de *Theobroma cacao* L. Según Hernández *et al.* (2014), la investigación experimental permitió analizar la relación causa-efecto mediante la manipulación de variables independientes y la observación de sus efectos en las variables dependientes.

El estudio se desarrolló bajo un diseño completamente al azar (DCA), considerando los tratamientos experimentales:

- Mazorcas sometidas a incubación bajo condiciones controladas.

Cada mazorca fue considerada como una unidad experimental independiente, permitiendo realizar comparaciones entre tratamientos en función del tiempo de aparición de síntomas, esporulación y progresión de lesiones.

Este diseño permitió determinar si la incubación influye en la detección temprana de la enfermedad, mediante la comparación del tiempo de aparición de la esporulación, ante eso, se consiguió evaluar la eficacia del método propuesto en condiciones reales de aplicación (Guevara *et al.*, 2020).

2.4 Manejo del experimento

El experimento inició con la recolección de mazorcas de *Theobroma cacao* en el Centro de Apoyo Manglaralto, seleccionando aquellas que presenten síntomas iniciales o sospechosos de infección por la Moniliasis del cacao. Las muestras se recolectaron utilizando herramientas básicas y fueron identificadas para su seguimiento.

La incubadora se configuró para mantener rangos específicos de humedad relativa elevada y temperaturas favorables para el desarrollo del hongo *Moniliophthora roreri*, tomando como referencia condiciones reportadas en la literatura fitopatológica. A través de la aplicación, se realizó el seguimiento continuo de estas variables, permitiendo ajustar manualmente las condiciones cuando era necesario. Este proceso de validación permitió comprobar que el sistema fue capaz de generar un microambiente adecuado para inducir la esporulación del patógeno.

2.5 Elaboración de la incubadora

Para la construcción de la incubadora se empleó plywood como material principal para la conformación de la estructura y el cerramiento de la cámara de incubación. Este material fue seleccionado debido a su disponibilidad en el medio, facilidad de manipulación y capacidad para proporcionar una estructura rígida y estable. Las piezas fueron dimensionadas y ensambladas de manera que se obtuviera un recinto cerrado, permitiendo mantener condiciones ambientales controladas durante el proceso de incubación.

En el interior de la estructura se instaló un sistema de calentamiento mediante focos eléctricos, cuya función fue proporcionar la energía térmica necesaria para alcanzar y mantener la temperatura requerida para el proceso experimental. La distribución de los elementos calefactores se realizó considerando una adecuada dispersión del calor dentro de la cámara, con el propósito de reducir variaciones térmicas y favorecer condiciones homogéneas en el área de incubación.

Asimismo, se incorporaron ventiladores eléctricos para favorecer la circulación y distribución uniforme del aire caliente en el interior de la incubadora. Este sistema permitió mejorar la transferencia de calor dentro de la cámara y disminuir la formación de zonas con diferencias marcadas de temperatura. Como parte del diseño estructural, se instaló un fragmento de vidrio destinado a funcionar como ventana de observación, permitiendo visualizar el interior de la incubadora sin necesidad de realizar aperturas constantes que pudieran alterar las condiciones ambientales internas.

En la parte inferior de la estructura se implementaron ranuras de ventilación, destinadas a facilitar el intercambio y circulación del aire. Estas aberturas fueron incorporadas estratégicamente para complementar el sistema de ventilación interna y contribuir a la regulación de las condiciones ambientales. La disposición de estos componentes permitió obtener una estructura funcional y adaptable a los requerimientos establecidos para el proceso de incubación.

Finalmente, para el control y monitoreo automatizado de las condiciones de funcionamiento, se implementó un sistema basado en Arduino y un microcontrolador ESP32. El ESP32 permitió integrar los diferentes componentes eléctricos y realizar el procesamiento de las variables monitoreadas. Adicionalmente, se empleó la plataforma Blynk IoT, mediante la cual fue posible establecer una interfaz de supervisión remota y visualizar el comportamiento de las condiciones de la incubadora desde un dispositivo móvil. La integración de estos elementos permitió disponer de un sistema de incubación con características de automatización y monitoreo en tiempo real, facilitando el control de las condiciones experimentales durante el desarrollo del estudio

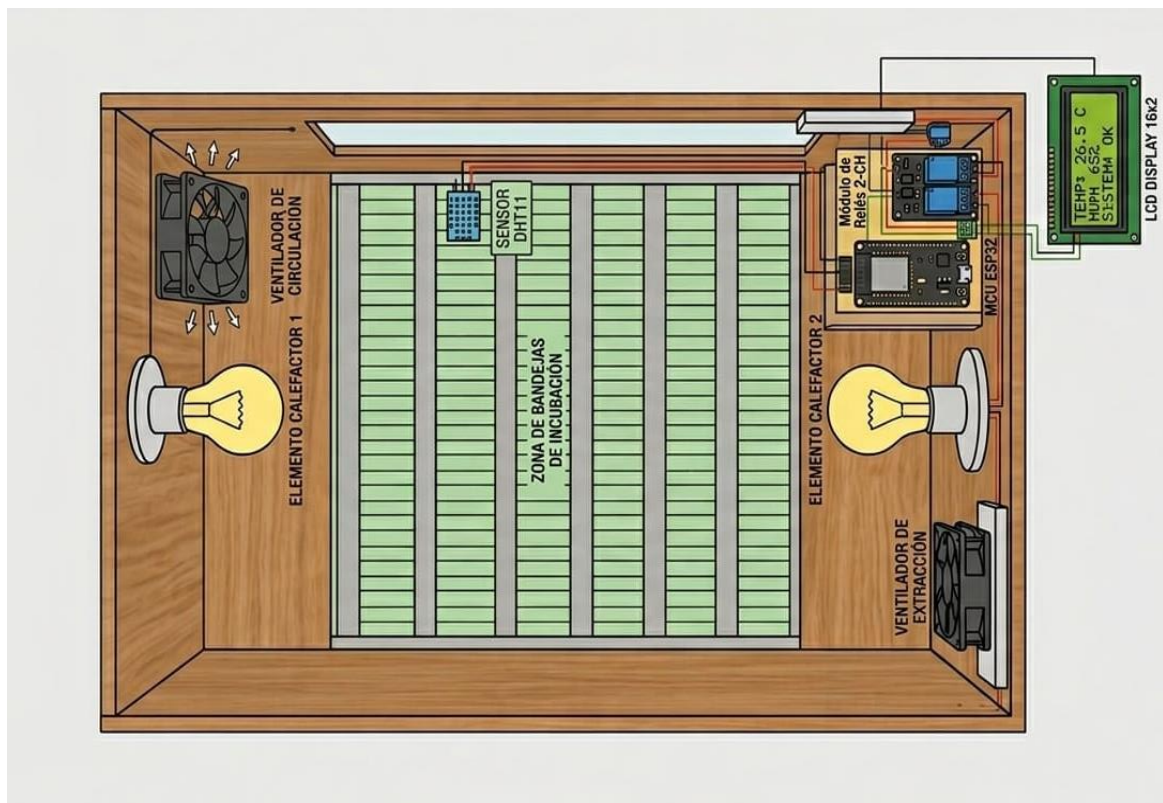


Ilustración 1: Modelo de incubadora

Nota. Fuente. Elaborado por el autor (2026).

2.6 Parámetros evaluados

2.6.1 Variables fitopatológicas evaluadas

Durante el desarrollo experimental se evaluó variables fitopatológicas relacionadas con el comportamiento de *Moniliophthora roreri* en mazorcas de *Theobroma cacao* L., con el propósito de analizar la eficacia de la cámara bajo condiciones controladas (Aldas *et al.*, 2023).

2.6.2 Curvas de infección

Las curvas de infección permitieron representar gráficamente la progresión de la enfermedad en función del tiempo. Para ello, se realizó seguimiento periódico del desarrollo de síntomas y lesiones en cada mazorca evaluada, registrando el avance de la infección durante las diferentes etapas del experimento (Morales *et al.*, 2024).

2.6.3 Tiempo de infección

Corresponde al período transcurrido desde el inicio del experimento hasta la aparición visible de síntomas asociados a la infección por *Moniliophthora roreri*. Esta variable fue registrada en días y permitió comparar la velocidad de desarrollo del patógeno entre tratamientos (Pérez *et al.*, 2025).

2.6.4 Aparición de signos y síntomas

Se recopiló la aparición de signos y síntomas característicos de la enfermedad en las mazorcas evaluadas. Entre los signos se consideró la presencia de esporulación visible del hongo, mientras que los síntomas incluyeron cambios de coloración, manchas necróticas, deformaciones y crecimiento de lesiones en la superficie de la mazorca (Torres *et al.*, 2025).

2.6.5 Longitud y diámetro de la mancha

Se midió el crecimiento de las lesiones presentes en las mazorcas mediante cinta métrica o flexómetro, considerando tanto la longitud como el diámetro de las manchas desarrolladas por efecto del patógeno. Estas mediciones fueron registradas periódicamente y expresadas en centímetros (Sánchez *et al.*, 2025).

2.6.6 Porcentaje de contaminación (%)

Esta variable corresponderá al porcentaje de superficie de la mazorca afectada por síntomas o esporulación del patógeno. La estimación permitió cuantificar el nivel de avance de la enfermedad durante el período experimental y comparar el comportamiento de la infección entre tratamientos (La Rosa, 2026).

Asimismo, se realizó el seguimiento fotográfico de la progresión de síntomas durante las diferentes fases de incubación, permitiendo construir curvas de infección y analizar la dinámica de desarrollo del patógeno. Finalmente, se compararon estos resultados con mazorcas mantenidas en condiciones naturales, incluyendo la variable edad de la mazorca, con el propósito de determinar la eficacia de la cámara en la detección temprana de la enfermedad (Echeverría y Ortiz, 2025).

2.7 Análisis de datos

La información recolectada fue organizada mediante tablas, gráficos y registros fotográficos, facilitando la visualización del comportamiento de las variables evaluadas

durante las diferentes fases del experimento. Se analizaron variables como el tiempo de aparición de síntomas, tiempo de esporulación, longitud y diámetro de lesiones, así como el porcentaje de contaminación observado en las mazorcas.

Se realizó un ANOVA (análisis de la varianza), con el propósito de identificar patrones de comportamiento, variaciones entre tratamientos y progresión de la enfermedad bajo condiciones controladas y naturales, considerando un nivel de significancia de $p \leq 0.05$. Esta prueba permitió determinar si existían diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos evaluados respecto al tiempo de aparición de síntomas, esporulación y desarrollo de lesiones, además, se elaboraron curvas de infección que permitieron representar gráficamente la evolución del patógeno en función del tiempo.

Adicionalmente, se analizó la relación entre las condiciones ambientales registradas dentro del sistema de incubación, principalmente temperatura y humedad relativa, y el comportamiento del patógeno *Moniliophthora roreri*. Este análisis permitió determinar si las condiciones controladas favorecen el desarrollo del hongo y aceleran los procesos de infección y esporulación.

CAPITULO III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Caracterización del desarrollo inicial de *Moniliophthora roreri* presentes en mazorcas de cacao (*Theobroma cacao* L.) utilizando la cámara incubación.

3.1.1. Caracterización del desarrollo de *M. roreri* mediante observación

En la Ilustración 1, correspondiente a la fase 1, se observa el comportamiento inicial de las mazorcas de cacao durante un período aproximado de un mes. Al inicio del ensayo, las mazorcas presentaron síntomas leves, caracterizados principalmente por pequeñas alteraciones en la superficie del fruto, compatibles con una posible infección por *Moniliophthora roreri*. Conforme transcurrieron los días, se evidenció un incremento progresivo de la afectación, acompañado por el desarrollo del micelio sobre la superficie de las mazorcas. Posteriormente, las zonas afectadas adquirieron una apariencia necrótica, lo que evidenció el avance del proceso de deterioro del tejido.

En la fase 2, las mazorcas, con aproximadamente tres meses de desarrollo, comenzaron a presentar manchas de tonalidad oscura sobre su superficie. Inicialmente, estas lesiones mostraron una coloración negra que, con el transcurso del tiempo, evolucionó hacia

tonalidades marrón oscuro. Este cambio progresivo en la coloración estuvo acompañado por un incremento de la superficie afectada y por la aparición gradual de estructuras miceliales, características que pueden relacionarse con el desarrollo de *Moniliophthora roreri*. De manera progresiva, la presencia del hongo se hizo más evidente, hasta alcanzar una mayor formación de estructuras asociadas a la esporulación.

En la fase 3, se mantuvo la tendencia observada en las etapas anteriores, evidenciándose una progresión de los síntomas y un incremento de la colonización del fruto. Las lesiones continuaron expandiéndose y adquirieron tonalidades cada vez más oscuras, mientras que el crecimiento micelial se hizo más evidente sobre la superficie de las mazorcas. Este comportamiento demuestra una evolución progresiva del proceso de infección y colonización, en la medida en que avanzó el período de evaluación.

Finalmente, en la fase 4, correspondiente a la última etapa de evaluación, se observó una mayor presencia de micelio y una marcada esporulación sobre las mazorcas. En esta fase, los frutos presentaban un mayor grado de madurez de su capa superficial, condición que estuvo asociada con una mayor expresión de los síntomas y una evidente susceptibilidad al desarrollo del hongo. Las lesiones adquirieron tonalidades café muy oscuras y aumentaron progresivamente su extensión, hasta que algunas mazorcas terminaron prácticamente cubiertas por una capa de micelio de color blanco.

En conjunto, las observaciones realizadas durante las cuatro fases evidencian una progresión gradual de los síntomas, desde manifestaciones iniciales leves hasta un estado avanzado de colonización, necrosis y abundante formación de micelio y estructuras de esporulación. La evolución observada permite relacionar el incremento de la severidad de los síntomas con el tiempo de exposición y desarrollo del patógeno, siendo la fase 4 aquella en la que se manifestó de manera más evidente la colonización superficial de las mazorcas.



Ilustración 2: Fase 1



Ilustración 3: Fase 2



Ilustración 4: Fase 3



Ilustración 5: Fase 4

3.1.2. Curvas de infección de los principales patógenos del cacao mediante el seguimiento del crecimiento de lesiones, aparición de síntomas y esporulación bajo condiciones controladas.

1. Longitud de la mazorca y área afectada (cm)

De acuerdo a la tabla 1 los datos analizados muestran diferencias estadísticamente significativas dentro de las variables longitud y área afectada de la mazorca por lesiones fúngicas en las diferentes etapas evaluadas (M1, M2, M3, M4), registrando coeficientes de variación muy controladas de 0.19%, 6.13% y 8.00%, respectivamente. Al analizar el comportamiento del patógeno en la etapa M3, el tratamiento 4 (EET-103) se apreció la mayor resistencia al avance de las lesiones en proporción al tamaño de la mazorca con una medida de 13,50 cm, diferenciándose de forma significativa del clon EET-576 (T2) que dio el resultado más bajo con 12.36 cm, sugiriendo una inclinación más temprana al tejido o menor tasa de crecimiento relativo bajo estrés.

A pesar de todo, en la etapa M4 se observó un cambio drástico en la enfermedad. el clon CCN-51 (T1) alcanzó la mayor longitud de mancha con un promedio de 20.00 cm, superando estadísticamente a los clones de tipo Nacional EET-103 (T4) Y ETT-558 (T5) que presentaron daños de 16 cm. Finalmente al alcanzar la etapa M5, todos los clones sin excepción alcanzaron un valor absoluto de 22.00 cm de longitud de mancha. este comportamiento demostrando que el hongo completó su ciclo destructivo al cubrir el 100% de la mazorca de micelio provocando la pérdida de la mazorca

Estos resultados coinciden con la investigación de Torres *et al.* (2022), quien indica que la velocidad crecimiento de la monilia varían en las etapas intermedias (M3 y M4) según la resistencia de cada clon, el hongo termina contaminando todo el fruto si no se controla.

Asimismo, la investigación realizada por Reyes y Castro (2024) aseguran que, a pesar a los cambios iniciales de desarrollo entre materiales de cacao como el CCN-51 y el EET,

en fase final (M5) el daño del hongo se iguala por completo bajo alta humedad dañando la mazorca con una necrosis completa.

Tabla 1. Longitud de la mazorca y área afectada (cm)

Tratamientos	LM M1	LM M3	LM M4	LM M5
T1 (CCN-51)	6.01	12.71 ab	20.00 a	22.00 a
T2 (EET-576)	6.00	12.36 b	17.00 b	22.00 a
T3 (EET-575)	5.75	13.00 ab	17.00 b	22.00 a
T4 (EET-103)	6.00	13.50 a	16.00 c	22.00 a
T5 (EET-558)	5.80	13.36 a	16.00 c	22.00 a
CV (%)	0.19	6.13	8.00	-
P>0.05	<0.0001	0.0022	<0.0001	-

*CCN-51= Colección Castro Naranjal. *EET-576= Estación Experimental Pichilingue. *EET-575= Estación Experimental Pichilingue. *EET-103= Estación Experimental Pichilingue. *EET-558= Estación Experimental Pichilingue. *LM= Longitud de mazorcas de un mes a cinco meses. *CV= Coeficiente de variación (%) *P= p-valor. *abc= Letras iguales no difieren estadísticamente

2. Área afectada (cm)

En la Tabla 2 durante el primer mes (M1) los daños por monilia fueron mínimos (2.78 a 3.22 cm) sin contrastes estadísticos ($P=0.9982$), aunque con la alta variabilidad (74.55%) debido a la esporulación inicial aleatoria. En la etapa intermedia M3 surgieron cambios altamente significativos ($P<0.0001$; CV de 1.85%), donde el clon EET-558 (T5) registró el mayor daño con 7.12 cm y el clon CCN-51 (T1) tuvo menor avance con 6.38 cm. En los meses cuatro (M4) y cinco (M5), el lugar afectado se expandió de forma generalizada hasta promedios de 10.50cm y 12.50cm, perdiendo toda la significancia estadística ($P=0.9996$) ya que la necrosis avanzó de manera rápida hasta igualar el daño en todos los clones.

Los resultados coinciden con García *et al.* (2021), quienes indican que las diferencias en el área de la mancha necrótica solo son notables en la etapa intermedia debido que el grosor del epicarpio de cada clon es diferente, así mismo Tirado *et al* (2023) indican que en

la etapa de maduración se igualan estadísticamente debido a la saturación tisular del hongo, el cual deja inservible la totalidad de la corteza independiente de la genética.

Tabla 2. Área afectada (cm)

Tratamientos	AF M1	AF M3	AF M4	AF M5
T1 (CCN-51)	2.78	6.38 d	9.81 a	12.26 a
T2 (EET-576)	3.00	6.46 cd	10.29 a	12.52 a
T3 (EET-575)	3.00	6.57 c	10.40 a	12.52 a
T4 (EET-103)	3.08	6.82 b	10.34 a	12.62 a
T5 (EET-558)	3.22	7.12 a	10.59 a	12.81 a
CV (%)	74.55	1.85	48.9	52.66
P>0.05	0.9982	<0.0001	0.9996	0.9996

*CCN-51= Colección Castro Naranjal. *EET-576= Estación Experimental Pichilingue. *EET-575= Estación Experimental Pichilingue. *EET-103= Estación Experimental Pichilingue. *EET-558= Estación Experimental Pichilingue. *AF= Área afectada de mazorcas de un mes a cinco meses. *CV= Coeficiente de variación (%). *P= p-valor. *abc= Letras iguales no difieren estadísticamente

3. Porcentaje de contaminación (%)

En la Tabla 3 se puede apreciar que en el primer mes la presencia de monilia fue similar (de 46.26% a 55.46%) y no hubo diferencia notable ($P=0.9956$) con una elevada variabilidad (74.51%) provocada por la dispersión inicial de hongo en la fase M3, se observaron diferencias muy significativas ($P=0.0026$; CV de 0.98%), donde el clon CCN-51 (T1) mostró el menor nivel de contaminación (38.68%) en comparación con los mayores niveles registrados de EET-103 (T4) y EET-558 (T5) (42.88% y 43.60%) por último, en los meses M4 y M5, las diferencias estadísticas dejaron de ser relevantes ($P=0.9999$ en M5) dado que la contaminación se incrementó de manera uniforme en los tratamientos alcanzando valores entre 55.74%.

Boukar *et al.* (2022), afirman que la capacidad defensiva de variedades como CCN-51 se hace más notable durante la fase inmediata (M3) debido a reacciones bioquímicas particulares que retardaran el avance inicial de la infección por monilia. De igual forma,

Tabla 3. Porcentaje de contaminación (%)

Tratamientos	PC M1	PC M3	PC M4	PC M5
T1 (CCN-51)	46.26	38.68 b	49.06 a	55.74 a

T2 (EET-576)	50.00	40.19 ab	60.55 a	56.91 a
T3 (EET-575)	52.17	41.78 ab	61.18 a	56.91 a
T4 (EET-103)	51.39	42.88 a	64.65 a	57.37 a
T5 (EET-558)	55.46	43.60 a	66.17 a	56.99 a
CV (%)	74.51	0.98	48.74	52.14
P>0.05	0.9956	0.0026	0.5070	0.9999

*CCN-51= Colección Castro Naranjal. *EET-576= Estación Experimental Pichilingue. *EET-575= Estación Experimental Pichilingue. *EET-103= Estación Experimental Pichilingue. *EET-558= Estación Experimental Pichilingue. *PC: Porcentaje de contaminación. *CV= Coeficiente de variación (%). *P= p-valor.

*abc= Letras iguales no difieren estadísticamente

3.1.3. Tiempo de infección

De acuerdo a la ilustración 6, se evidencia, el comportamiento de la infección por monilia medida en días de infección, que denota el periodo de incubación o del patógeno, en cinco tratamientos (Materiales de cacao: CCN-51, EET-576, EET-575, EET-103 y EET-558) analizados durante cuatro etapas, el desarrollo de las mazorcas: 1 mes (M1). 3 meses (M3), 4 meses (M4) y 5 meses (M5).

Durante el primer mes se aprecia que todas las variedades presentan un alto grado de vulnerabilidad con periodos de incubación que oscilan entre 4 y 6 días. Al llegar a los tres meses se observa una extensión en el tiempo de infección (12 a 15 días) lo que indica que están entrando a una fase de resistencia, se notan diferencias en la capacidad de entre los clones CCN-51 y EET-103 tienen menos latencia pre, mientras que el EET-558 se muestra como el más resistente, sin embargo al alcanzar la madurez el CCN-51 revela una mayor resistencia, mientras que el EET-558 pierde parte de su capacidad de tolerancia lo que pone de manifiesto los cambios en la susceptibilidad durante el proceso de desarrollo.

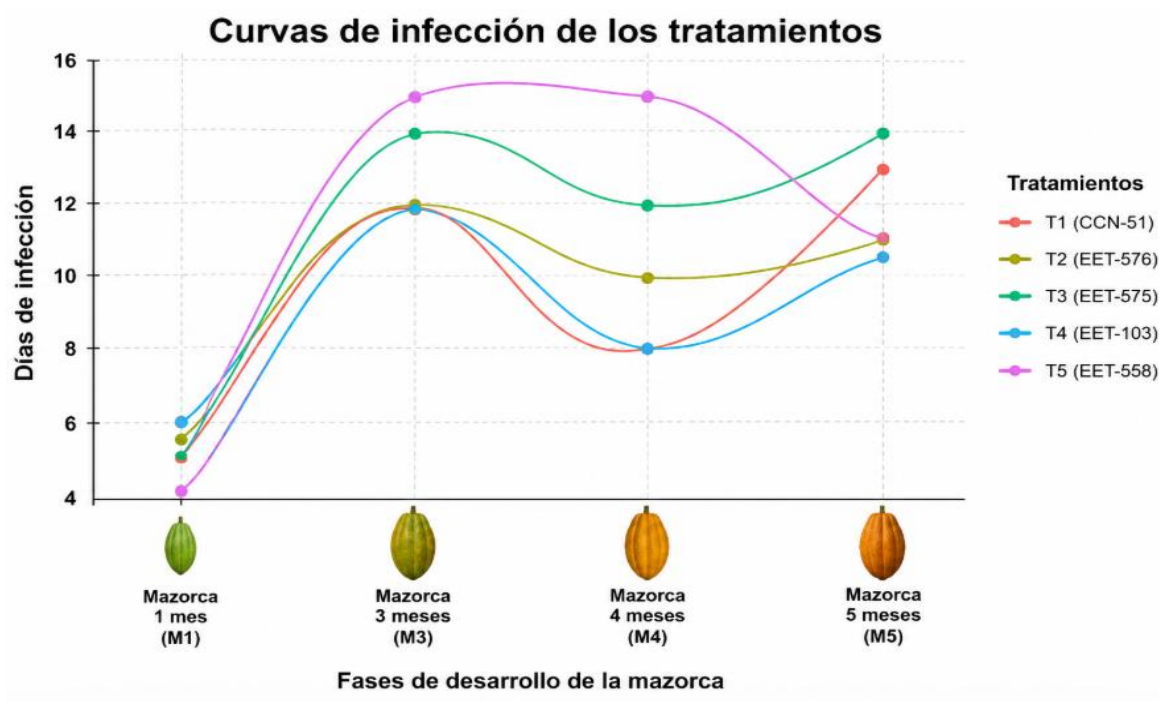
De manera general se evidenció que todos los materiales genéticos evaluados mostraron una mayor resistencia temporal a medida que el fruto incrementó su edad de un mes a tres meses, duplicando o triplicando el tiempo requerido para que se manifestaran sus primeros síntomas con rangos que subieron de 12 a 15 días. Esto indicó que los tejidos de estas mazorcas adquieren ciertas tolerancias transitorias a los tres meses de edad. No obstante, esta uniformidad se quebró drásticamente a partir del cuarto y quinto mes donde la velocidad de colonización del hongo varió de forma visible en función de la susceptibilidad de cada clon.

El clon EET-558 sobresalió por retrasar la aparición de los síntomas durante las etapas intermedias del mes 3 y mes 4 al registrar un periodo de incubación prolongado de 15

días; no obstante, su susceptibilidad se incrementó notablemente al mes cinco donde el tiempo de manifestación cayó a 11 días el clon EET-575 demostró comportamientos más equilibrados y estable frente a la agresión del hongo, sosteniendo periodos de latencia altos y homogéneos en casi todo el ciclo (14,12 y 14 días). En el extremo opuesto los clones CCN-51 (T1) y EET-103 (T4) sufrieron un colapso acelerado a los cuatro meses de edad, reduciendo su tiempo de incubación a apenas ocho días para luego experimentar una ligera recuperación en la etapa de maduración final mientras que el clon EET-576 (T2) exhibió una respuesta moderada y fluctuaciones mínimas a lo largo del estudio.

En conclusión, el estado de madurez fisiológica de la mazorca influye directamente sobre la velocidad de la colonización de la monilia, aunque la magnitud de esta respuesta es regulada por la identidad genética de los hospederos. Esta variabilidad interclonal se relaciona directamente con los atributos anatómicos e histológicos de cada variedad, tales como la densidad de la corteza la acumulación de compuestos bioquímicos defensivos y la velocidad de respuesta del tejido ante la invasión fúngica. Por esto ciertos clones logran ralentizar temporalmente el avance del daño en momentos específicos de su desarrollo, mientras que otros materiales facilitan una degradación más acelerada

Mis resultados coinciden con Sánchez *et al.* (2022), ellos indican que la velocidad de incubación y colonización de la monilia varían en las etapas intermedias (M3 y M4) por las defensas temporales de cada material, aunque el patógeno termina rompiendo esta resistencia en fases tardías si el ambiente favorece. Así mismo, Reyes-Vargas y Castro-Rivas (2024), afirman que, a pesar de las diferencias iniciales en periodo de esporulación entre



clones como el CCN-51 y la serie EET, la susceptibilidad en la etapa de maduración (M5) esporulan de forma desigual debido a que algunos genotipos pierden su tolerancia al debilitarse la firmeza del tejido cortical de la mazorca

3.1.4 Relación entre temperatura, humedad relativa y porcentaje de infestación

De acuerdo a la Ilustración 7 y 8 durante la etapa de incubación, se determinó una asociación directa y altamente significativa entre la temperatura y la humedad relativa ($r=0.987$; <0.001). Esta pequeña dependencia lineal se atribuye al manejo del microclima en condiciones controladas, donde cualquier oscilación térmica mínima generó un ajuste proporcional en los niveles de humedad del aire.

Por el contrario, al analizar el efecto individual de estas variables sobre la tasa de infestación se encontraron, correlación directa pero bajas, registrando un coeficiente de $r=0.249$ para la temperatura y de $r=0.391$ para la humedad relativa, estos valores revelaron que ambos factores ambientales son necesarios para el hongo, por sí solos no determinan la severidad del ataque en las primeras fases, a su vez el avance del daño parece estar condicionado de manera primordial por el factor tiempo reflejando de la colonización tisular por parte del hongo es un proceso progresivo que necesita completar sus ciclos biológicos internos dentro de la mazorca.

Ilustración 6: Curvas de infección de monilia en diferentes materiales del centro de apoyo Manglaralto.

Los resultados coinciden con Jaimes *et al* (2021), quienes indican que la temperatura y la humedad trabajan juntas para comenzar la germinación del hongo, pero una vez dentro de la mazorca, el desarrollo de la infección depende del tiempo de incubación interna y no del clima externo.

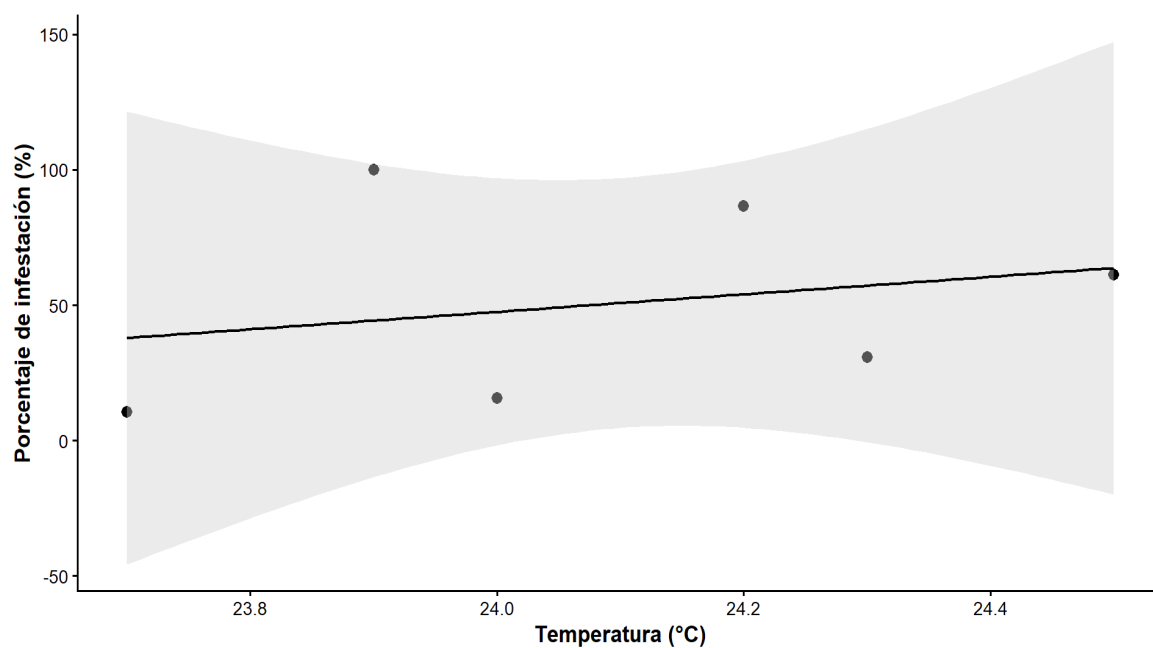


Ilustración 7: Relación entre temperatura y porcentaje de infección

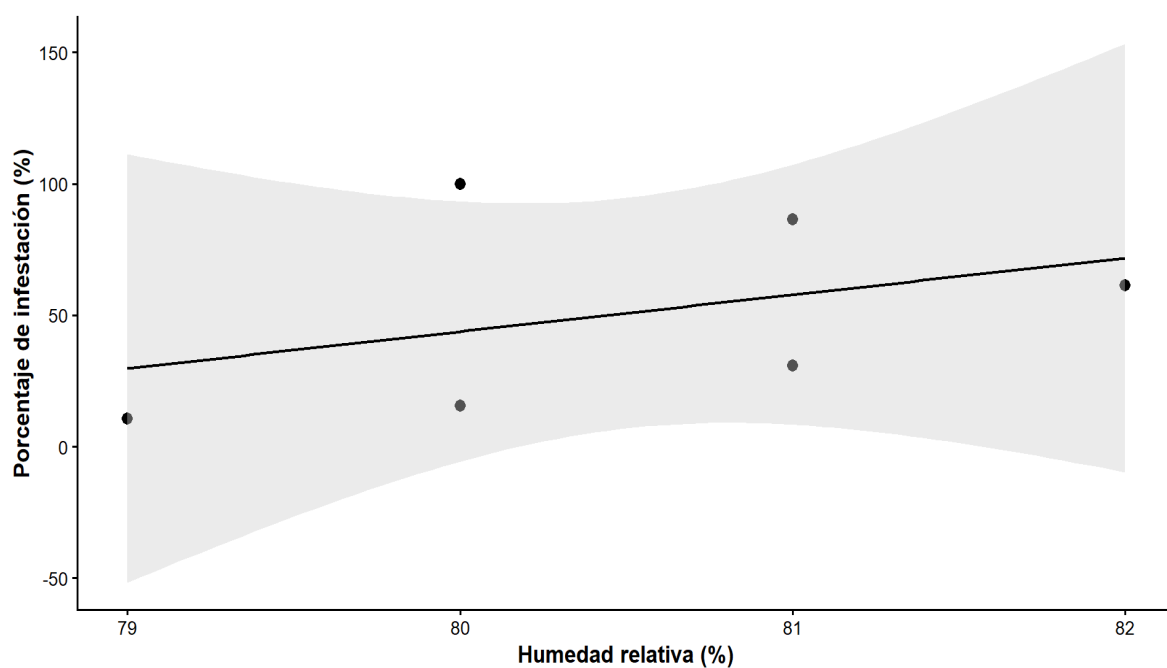


Ilustración 8: Relación entre humedad relativa y porcentaje de infección

3.2. Eficacia mediante la comparación del tiempo de aparición de síntomas y signos entre mazorcas incubadas.

3.2.1 Aparición de signos

De acuerdo a la tabla 4 la moniliasis al inicio (M1) se manifiesta de forma visual mediante manchas marrones o con la típica deformación externa llamada joroba. A los tres

meses (M3), los síntomas se agravan con la aparición de lesiones múltiples y la combinación de manchas necróticas con deformaciones en la corteza.

En las etapas finales (M4 y M5) el patógeno entra en su fase más destructiva; En el cuarto mes M4 aparece el micelio blanco y una pigmentación verdosa que indica la maduración de las esporas, finalmente al quinto mes todos los clones colapsan por completo mostrando una necrosis severa, oscurecimiento total y pudrición generalizada.

Los resultados coinciden con Garcia *et al.* (2021), quienes señalan que la aparición de manchas y jorobas dependen del clon; sin embargo, la colonización de micelio termina por generalizarse conforme avanza la infección.

Tabla 4. Aparición de signos de la enfermedad en condiciones controladas

Tratamientos	Días de infección M1	Días de infección M3	Días de infección M4	Días de infección M5
T1 (CCN-51)	Lesión necrótica incipiente de color marrón.	Lesión necrótica de color marrón.	Lesión necrótica de color marrón y evidencia de crecimiento micelial.	Lesión necrótica avanzada con oscurecimiento o (necrosis severa).
T2 (EET-576)	Formación de joroba característica de moniliasis.	Formación de joroba.	Evidencia de crecimiento micelial superficial.	Fruto en proceso de maduración con lesiones necróticas de color marrón.
T3 (EET-575)	Lesión necrótica de color marrón.	Presencia simultánea de lesiones necróticas y formación de joroba.	Lesión con pigmentación verdosa asociada al desarrollo del patógeno.	Múltiples lesiones necróticas de color marrón.
T4 (EET-103)	Fruto en madurez fisiológica con lesión necrótica de color marrón.	Múltiples lesiones necróticas de color marrón.	Formación de joroba característica de moniliasis.	Formación de joroba característica de moniliasis.
T5 (EET-558)	Formación de joroba característica de moniliasis	Formación de joroba característica de moniliasis.	Formación de joroba característica de moniliasis.	Formación de joroba característica de moniliasis.

3.2.2 Aparición de síntomas

De acuerdo a la tabla 5, la moniliasis se manifiesta como pequeñas manchas oscuras o con la típica deformación externa llamada joroba. A los tres meses (M3), el deterioro crece de manera significativa; las manchas necróticas se expanden sobre la superficie, las lesiones multiplican y las deformaciones se vuelven más marcadas o se combinan.

En las fases finales de maduración (M4 y M5), la infección se vuelve más agresiva, en el mes cuatro (M4), es evidente la pérdida de color del tejido de la corteza y el progreso de la necrosis. Finalmente, en el quinto mes (M5), la enfermedad acaba por completo con el fruto, causando un oscurecimiento total (necrosis avanzada), una maduración prematura y deformaciones generalizadas que afectan a todos los clones de manera uniforme.

Tabla 5. *Aparición síntomas de la enfermedad en condiciones controladas*

Tratamientos	Días de infección M1	Días de infección M3	Días de infección M4	Días de infección M5
T1 (CCN-51)	Lesión necrótica incipiente de color marrón.	Incremento del área necrótica sobre el pericarpio.	Expansión de la necrosis con decoloración del tejido.	Necrosis avanzada con oscurecimiento del fruto.
T2 (EET-576)	Formación de joroba (abultamiento) característica de la moniliasis.	Incremento de la deformación del fruto.	Desarrollo progresivo de la deformación con afectación del tejido.	Maduración prematura acompañada de lesiones necróticas.
T3 (EET-575)	Lesión necrótica inicial de color marrón.	Presencia de lesiones necróticas asociadas a deformación del fruto.	Decoloración del tejido con progresión de la necrosis.	Múltiples lesiones necróticas distribuidas en la superficie del fruto.

T4 (EET-103)	Fruto en madurez fisiológica con lesión necrótica localizada.	Incremento del número y tamaño de las lesiones necróticas.	Desarrollo de deformación característica (joroba).	Persistencia y acentuación de la deformación del fruto.
T5 (EET-558)	Formación inicial de joroba en la superficie del fruto.	Incremento del abultamiento característico.	Deformación evidente de la mazorca por avance de la enfermedad.	Deformación generalizada del fruto compatible con moniliasis

Estos hallazgos se alinean con lo que menciona García *et al.* (2021), quienes señalan que la aparición de manchas y protuberancias varían en un principio según el clon, pero el proceso de la necrosis se extiende con el tiempo. A su vez, Tirado-Lara y sus asociados (2023) ratifican que las etapas finales (M4 y M5) la formación de esporas y una necrosis severa saturan los tejidos del fruto, causando un colapso visual y físico similar en todos los tratamientos analizados.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

La presente investigación permitió validar la detección temprana de *Moniliophthora roreri* en cacao (*Theobroma cacao* L.) demostrando que la aplicación de una metodología estandarizada nos permitió comprobar la eficacia de esta herramienta para la identificación oportuna de esta enfermedad de importancia económica. Los resultados obtenidos presentaron un adecuado nivel de confiabilidad y permitió reconocer de forma temprana la presencia del patógeno antes de la manifestación de síntomas severos. Así mismo, el análisis de los signos visibles y las evaluaciones realizadas confirmaron que implementar procedimientos técnicos y críticos de diagnósticos favorecen a una mayor precisión de la detección de moniliasis en el cultivo.

También pude comprobar que el monitoreo sistemático y la aplicación contribuyen a optimizar las estrategias de manejo fitosanitario, disminuyendo el riesgo de propagación de patógeno y las pérdidas productivas.

Estos resultados respaldan el cumplimiento del objetivo planteado al inicio de la investigación, dando a conocer que la metodología propuesta es viable para su aplicación en programas de vigilancia sanitaria del cultivo de cacao.

Recomendación

Se recomienda implementar de manera permanente cámaras de incubación para la detección temprana de patógenos en el cultivo de cacao como parte de programas de monitoreo fitosanitario en fincas productoras con el fin de identificar la presencia de enfermedades, aplicar medidas de control en etapas iniciales y reducir las pérdidas económicas ocasionadas por la moniliasis y otros agentes fitopatógenos.

ANEXOS



Figura 1A: Recolecta de mazorca.

Figura 2A: Selección de mazorca



Figura 3A: Área de estudio

Figura 4A: Mazorcas contaminadas



Figura 5A: Incubación de mazorca



Figura 6A: Mazorcas en esporulación



Figura 7A: Análisis de micelio



Figura 8A: Resultado de análisis



Figura 9A: Mazorcas seleccionadas para laboratorio.

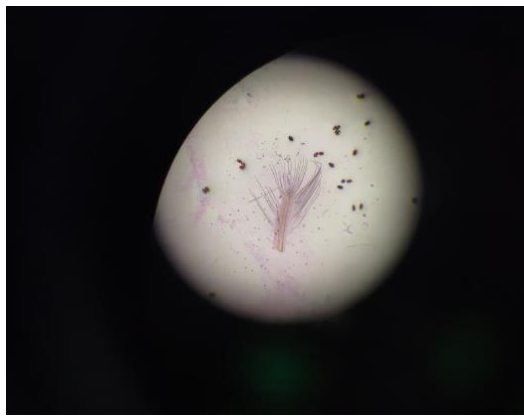


Figura 10A: Se localizó presencia de otros patógenos.



Figura 11A: Fase final M1



Figura 12A: Fase final M2



Figura 13A: Fase final M3



Figura 14A: Fase final M4

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,38	4	0,10	798,50	<0,0001
Ttos	0,38	4	0,10	798,50	<0,0001
Error	3,0E-03	25	1,2E-04		
Total	0,39	29			

Figura 15A: Cuadro ANOVA de la longitud de la mazorca M1

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,60	4	0,15	0,03	0,9982
Ttos	0,60	4	0,15	0,03	0,9982
Error	126,45	25	5,06		
Total	127,04	29			

Figura 16A: Cuadro ANOVA del área afectada M1

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	269,40	4	67,35	0,05	0,9956
Ttos	269,40	4	67,35	0,05	0,9956
Error	36175,64	25	1447,03		
Total	36445,04	29			

Figura 17A: Cuadro ANOVA del porcentaje de infestación M1

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	13,99	17	0,82	1,30	0,2319
Día	1,79	13	0,14	0,22	0,9979
Ttos	12,20	4	3,05	4,81	0,0022
Error	33,00	52	0,63		
Total	46,99	69			

Figura 18A: Cuadro ANOVA de la longitud de la mazorca M3

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1061,81	17	62,46	4087,61	<0,0001
Día	1056,68	13	81,28	5319,49	<0,0001
Ttos	5,13	4	1,28	83,99	<0,0001
Error	0,79	52	0,02		
Total	1062,61	69			

Figura 19A: Cuadro ANOVA del área afectada M3

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	45255,07	17	2662,06	222,69	<0,0001
Día	45030,84	13	3463,91	289,77	<0,0001
Ttos	224,23	4	56,06	4,69	0,0026
Error	621,61	52	11,95		
Total	45876,68	69			

Figura 20A: Cuadro ANOVA del porcentaje de infestación M3

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	172,80	4	43,20	217127742090571000,00	<0,0001
Ttos	172,80	4	43,20		sd sd
Error	0,00	75	0,00		
Total	172,80	79			

Figura 21A: Cuadro ANOVA de la longitud de la mazorca M4

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo II)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	5,30	4	1,33	0,05	0,9948
Ttos	5,30	4	1,33	0,05	0,9948
Error	1902,06	75	25,36		
Total	1907,37	79			

Figura 22A: Cuadro ANOVA del área afectada M4

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2887,97	4	721,99	0,84	0,5070
Ttos	2887,97	4	721,99	0,84	0,5070
Error	64826,46	75	864,35		
Total	67714,43	79			

Figura 23A: Cuadro ANOVA del porcentaje de infestación M4