



UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR

**SISTEMA DE POSTGRADO UNIVERSIDAD AGRARIA DEL
ECUADOR**

PROGRAMA DE MAESTRÍA EN SANIDAD VEGETAL

**PROYECTO DE TITULACIÓN COMO REQUISITO PREVIO PARA
LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
MAGÍSTER EN SANIDAD VEGETAL**

**INCIDENCIA DEL MANEJO CULTURAL DE MONILLA
(*Moniliophthora roreri*) Y ESCOBA DE BRUJA
(*Moniliophthora perniciosa*) EN CACAO CCN-51 (*Theobroma
cacao* L) EN LA PROVINCIA DEL CAÑAR**

ING. BORIS LENIN ROMERO SANDOVAL

GUAYAQUIL, ECUADOR

2022

SISTEMA DE POSTGRADO UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR

CERTIFICACIÓN

El suscrito, Docente de la Universidad Agraria del Ecuador, en mi calidad de Director **CERTIFICO QUE:** he revisado el Trabajo de Titulación, denominado: **INCIDENCIA DEL MANEJO CULTURAL DE MONILLA (*Moniliophthora roreri*) Y ESCOBA DE BRUJA (*Moniliophthora perniciosa*) EN CACAO CCN-51 (*Theobroma cacao* L) EN LA PROVINCIA DEL CAÑAR**, el mismo que ha sido elaborado y presentado por el/la estudiante, **Ing. Boris Lenin Romero Sandoval**; quien cumple con los requisitos técnicos y legales exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador para este tipo de estudios.

Atentamente,

Ing. Mariela Carrera Maridueña, PhD.

Guayaquil, 24 de mayo del 2022

UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
SISTEMA DE POSTGRADO UNIVERSIDAD AGRARIA DEL
ECUADOR

TEMA

**INCIDENCIA DEL MANEJO CULTURAL DE MONILLA (*Moniliophthora roreri*)
Y ESCOBA DE BRUJA (*Moniliophthora perniciosa*) EN CACAO CCN-51
(*Theobroma cacao* L) EN LA PROVINCIA DEL CAÑAR**

AUTOR

ING. BORIS LENIN ROMERO SANDOVAL

TRABAJO DE TITULACIÓN

**APROBADA Y PRESENTADA AL CONSEJO DE POSTGRADO
COMO REQUISITO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
MAGÍSTER EN SANIDAD VEGETAL**

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

Ing. Arnaldo Otón Barreto Macías, MSc

PRESIDENTE

Ing. Kleber Medina Rodríguez, MSc.

EXAMINADOR PRINCIPAL

Ing. Colon Cruz Romero, MSc.

EXAMINADOR PRINCIPAL

Ing. Mariela Carrera Maridueña, PhD.

EXAMINADOR SUPLENTE

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Agraria del Ecuador, Sistema de Postgrado y al Programa de Maestría en Sanidad Vegetal por darme la oportunidad de cursar esta nueva etapa académica, que sin duda será muy útil en mi desarrollo profesional.

A la Ing. Mariela Carrera, PhD por brindarme el acompañamiento académico respectivo, sin el cual hubiese sido imposible poder culminar con esta investigación.

Al tribunal de sustanciación por darme las facilidades para la exposición de mi trabajo investigativo, y por las sugerencias y aportes brindados al mismo.

DEDICATORIA

A Dios, el todopoderoso, creador y dador de la vida, sin cuya ayuda hubiese sido imposible cumplir con este importante logro académico.

A mis queridos padres, por ser ese pilar fundamental en mi vida, y por otorgarme los valores y principios éticos y morales los cuales me han sido muy útiles para mi desarrollo personal y formación académica.

A mi grandiosa familia, esposa e hijos, que siempre estuvieron a mi lado, dándome el apoyo moral necesario para culminar mi carrera profesional.

RESPONSABILIDAD

La responsabilidad, derecho de la investigación, resultados, conclusiones y recomendaciones que aparecen en el presente Trabajo de Titulación corresponden exclusivamente al Autor/a y los derechos académicos otorgados a la Universidad Agraria del Ecuador.

Ing. Boris Lenin Romero Sandoval

NUI. 070516372-3

RESUMEN

Se evaluó la incidencia del manejo cultural de *M. roleri* y *M. perniciosa* en cacao CCN-51 en la provincia del Cañar. Primero se realizaron visitas a varias fincas y encuestas a 104 productores de las parroquias La Troncal, Manuel J. Calle y Pancho Negro, con el fin de conocer el manejo sanitario aplicado. Luego se establecieron 7 tratamientos con 4 repeticiones cada uno, 5 de los cuales combinaron los factores poda-recolección de frutos y brotes enfermos, uno de los tratamientos fue sin poda y recolección, y el otro tratamiento fue de tipo biológico; su distribución se hizo dentro de 28 unidades experimentales, cada una con dimensión de 9 m ancho x 12 m largo, área de 108 m², y 12 plantas c/u. Para la evaluación de los tratamientos se realizó el Análisis de la Varianza (ANOVA) y prueba de Tukey en el software InfoStat. La utilidad económica de los tratamientos se calculó mediante la Relación Beneficio/Costo. Los resultados indican que el ataque de *M. roleri* y *M. perniciosa* se da con mayor frecuencia en época de lluvias, con un efecto directo en la reducción del número de mazorcas; además se identificó que la poda sanitaria y la recolección de frutos es una de las alternativas de control mayormente utilizadas; además se determinó que el tratamiento T1 - poda y recolección de brotes vegetativos y frutos enfermos cada 7 días es el más efectivo en la reducción de la incidencia y severidad de *M. roleri* y *M. perniciosa*; y por último se determinó que los tratamientos a base de poda y recolección de mazorcas enfermas y brotes vegetativos mostraron una mejor relación beneficio/costo, siendo el tratamiento T1 el que reportó el promedio (1.41) más alto.

Palabras claves: severidad, incidencia, poda, recolección, brotes, mazorcas.

SUMMARY

The incidence of cultural management of *M. royeri* and *M. pernicioso* in CCN-51 cocoa in the province of Cañar was evaluated. First, visits were made to several farms and surveys were made to 104 producers in the parishes of La Troncal, Manuel J. Calle and Pancho Negro, in order to know the sanitary management applied. Then, 7 treatments were established with 4 replications each, 5 of which combined the factors pruning-fruit collection and diseased shoots, one of the treatments was without pruning and collection, and the other treatment was biological; its distribution was made within 28 experimental units, each with a dimension of 9 m wide x 12 m long, area of 108 m², and 12 plants each. For the evaluation of the treatments, the Analysis of Variance (ANOVA) and Tukey's test were carried out in the InfoStat software. The economic utility of the treatments was calculated using the Benefit/Cost Ratio. The results indicate that the attack of *M. royeri* and *M. pernicioso* occurs more frequently during the rainy season, with a direct effect on the reduction in the number of ears; it was also identified that sanitary pruning and fruit collection is one of the most widely used control alternatives; it was also determined that treatment T1 - pruning and collection of vegetative shoots and diseased fruit every 7 days is the most effective in reducing the incidence and severity of *M. royeri* and *M. pernicioso*; and finally, it was determined that the treatments based on pruning and collection of diseased ears and vegetative shoots showed a better benefit/cost ratio, being the T1 treatment the one that reported the highest average (1.71).

Keywords: severity, incidence, pruning, harvesting, shoots, cobs.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

INTRODUCCIÓN	1
Caracterización del Tema	2
Planteamiento de la Situación Problemática	2
Justificación e Importancia del estudio	2
Delimitación del Problema.....	3
Formulación del Problema (pregunta).....	3
Objetivos	3
Objetivo General	3
Objetivos Específicos	3
Hipótesis o Idea a defender.....	4
Aporte teórico o conceptual.....	4
Aplicación práctica	4
CAPÍTULO 1	5
MARCO TEÓRICO	5
1.1 Estado del Arte	5
1.2 Bases Científicas y Teóricas de la Temática	6
1.2.1 <i>Moniliophthora roreri</i>	6
1.2.2 <i>Moniliophthora perniciosa</i>	11
1.3 Fundamentación legal	17
1.3.1 Constitución Política del Ecuador	17
1.3.2 Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización – COOTAD.....	17
1.3.3 Ley orgánica de tierras rurales y territorios ancestrales	17
CAPÍTULO 2	20
ASPECTOS METODOLÓGICOS	20

2.1 Métodos.....	20
2.1.1 Modalidad y tipo de investigación.....	20
2.2 Variables.....	20
2.2.1 Variable independiente.....	20
2.2.2 Variable dependiente.....	20
2.2.3 Operacionalización de las variables	20
2.3 Población y muestra	24
2.3.1 Población.....	24
2.3.2 Muestra.....	24
2.4 Técnicas de recolección de datos	26
2.4.1 Observación directa.....	26
2.4.2 Encuesta.....	26
2.4.3 Tratamientos evaluados	26
2.5 Estadística descriptiva e inferencial.....	28
CAPÍTULO 3	29
RESULTADOS.....	29
3.1 Manejo sanitario utilizadas para el control de <i>M. roreri</i> y <i>M. perniciosa</i> en plantaciones de cacao CCN-51.....	29
3.2 Tratamiento para el control cultural de <i>M. roreri</i> y <i>M. perniciosa</i> en plantíos de cacao CCN-51.....	35
3.2.1 Incidencia de <i>M. roreri</i> y <i>M. perniciosa</i>	35
3.2.2 Severidad de <i>M. roreri</i> y <i>M. perniciosa</i>	37
3.2.3 Rendimiento productivo (kg/ha).....	39
3.3 Tratamiento de mayor utilidad económica mediante la relación beneficio/costo.....	40
CAPITULO 4.....	41
DISCUSIÓN	41

CAPITULO 5	44
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	44
5.1 Conclusiones	44
5.2 Recomendaciones	45
6. BIBLIOGRAFÍA	46
7. ANEXOS	53

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1. Matriz de Operacionalización de las variables.....	20
Tabla N° 2. Escala de clasificación de síntomas para evaluar la severidad de M. royeri en los frutos de cacao, tomado de Paredes (2016).	22
Tabla N° 3. Determinación de la severidad de escoba de bruja en cacao, basados en el estado evolutivo (vigor) de las escobas vegetativas.....	22
Tabla N° 4. Distribución de la muestra poblacional encuestada por parroquias/sectores.....	25
Tabla N° 5. Diseño factorial a utilizar en la evaluación del experimento	27
Tabla N° 6. Tratamientos evaluados para el control cultural de M. royeri y M. pernicioso en plantaciones de cacao CCN-51.....	27
Tabla N° 7. Modelo de análisis de varianza aplicada	28
Tabla N° 8. Análisis de varianza de la incidencia de M. royeri.....	35
Tabla N° 9. Test de Tukey con nivel de significancia del 0.05 para la incidencia de M. royeri.....	35
Tabla N° 10. Análisis de varianza de la incidencia de M. pernicioso.....	36
Tabla N° 11. Test de Tukey con nivel de significancia del 0.05 para la incidencia de M. pernicioso.....	36
Tabla N° 12. Análisis de varianza de la severidad de M. royeri	37
Tabla N° 13. Test de Tukey con nivel de significancia del 0.05 para la severidad de M. royeri.....	37
Tabla N° 14. Análisis de varianza de la severidad de M. pernicioso	38
Tabla N° 15. Test de Tukey con nivel de significancia del 0.05 para la severidad de M. pernicioso.....	38
Tabla N° 16. Análisis de varianza del rendimiento productivo.....	39
Tabla N° 17. Test de Tukey con nivel de significancia del 0.05 para rendimiento.....	39
Tabla N° 18. Relación beneficio/costo de los tratamientos evaluados	40

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Cuestionario de encuesta a aplicarse	53
Anexo 2. Croquis del arreglo experimental a utilizar	55
Anexo 3. Delimitación de unidad experimental y selección de plantas a evaluar. 56	
Anexo 4. Revisión y recolección de mazorcas y brotes	57
Anexo 5. Labores de poda en acompañamiento de la tutora	58
Anexo 6. Aplicación de encuestas a los cacaoteros de La Troncal	59
Anexo 7. Recolección y enterramiento de mazorcas enfermas.....	60
Anexo 8. Acompañamiento de la tutora en la inspección de los tratamientos.....	61
Anexo 9. Cosecha y cuantificación de las mazorcas y almendras de cacao.....	62
Anexo 10. Tratamiento ideal (T1), con mayor rendimiento de mazorcas y utilidad económica (R B/C), y alta efectividad en el control de la incidencia y severidad de <i>M. royeri</i> y <i>M. pernicioso</i>	63
Anexo 11. Tabulación de datos y cálculo de la Relación Beneficio Costo (R B/C) para los tratamientos evaluados.....	64
Anexo 12. Resultados del diagnóstico en laboratorio de los microorganismos identificados	65

INTRODUCCIÓN

En Ecuador, la producción de cacao ha sido severamente afectada por las enfermedades moniliasis y escoba de bruja, altamente invasivas y endémicas, producidas por el hongo *M. royeri* y *M. pernicioso* en orden (Tirado et al., 2016).

Ambos hongos se reproducen y se esparcen entre las mazorcas mediante esporas. Así, colonizan los tejidos meristemáticos del árbol, sin producir daño aparente en el grano del cacao; empero, al entrar en contacto intercelular, producen pérdida apical, hiperplasia e hipertrofia en la semilla, ocasionando finalmente necrosis (Ramírez, 2016).

Las estrategias de control de estas enfermedades son del tipo cultural, genético, químico y biológico (Vera et al., 2018).

El control cultural o fitosanitario se basa en la remoción de las escobas y mazorcas con signos de enfermedad. También se ha incorporado la sustitución de árboles enfermos con variedades genéticamente resistentes, estrategia considerada viable, aunque puede generar un retraso en la producción por el largo ciclo de vida del cacao, más la posibilidad de la pérdida de resistencia contra estas enfermedades (Tirado et al., 2016).

En la actualidad, para el control cultural de *M. pernicioso* se utiliza con frecuencia la poda sanitaria y la destrucción sistemática de residuos a nivel regional, que, a pesar de ser un método laborioso y costoso, resulta rentable. Para la efectividad de ese método se requiere regular la altura de las plantas para hacer posible el saneamiento (Drenth & Guest, 2016).

Para el control de *M. royeri* se emplea el saneamiento y destrucción semanal de mazorcas infectadas antes de que inicie la esporulación; el corte debe efectuarse en el pedúnculo del fruto. También se sugiere la realización de podas para mantener un follaje bajo y así facilitar el saneamiento. Otras de las técnicas empleadas es la recogida de las mazorcas sanas y enfermas al final de la etapa de cosecha, en sitios con pico de producción, a fin de interrumpir el ciclo de reproducción del hongo (Pérez, 2018).

Caracterización del Tema

La evaluación del manejo cultural de Monilla (*M. roreri*) y escoba de bruja (*M. perniciosa*) en cacao CCN-51 (*Theobroma cacao*) del cantón La Troncal tendrá como premisa la identificación de los sitios y las variedades del cultivo en que se reportan dichas enfermedades, para luego proceder a la caracterización de las técnicas culturales empleadas en su erradicación, y por último se llevará a cabo el planteamiento de un plan integral para el control cultural de *M. roreri* y *M. perniciosa* mediante técnicas poco invasivas y de bajo impacto.

Se espera que el desarrollo de la investigación aporte a la identificación del mejor método de manejo cultural de Moniliasis y Escoba de bruja.

Planteamiento de la Situación Problemática

Tanto *M. roreri* como *M. perniciosa* son enfermedades de difícil manejo que generan importantes pérdidas económica-productivas en las plantaciones de cacao del país, como consecuencia del deterioro progresivo de los tejidos meristemáticos de los brotes vegetativos y florales a través de la producción de estomas o heridas, en el caso de *M. perniciosa*. Mientras que *M. roreri* ocasiona decoloraciones acuosas y grasientas (hidrosis), distorsión de los tejidos del fruto (tumefacción), manchas irregulares pardas (necrosis) en los tejidos afectados, maduración precoz de las mazorcas, aparición de grandes masas blancas de esporas, momificación de los frutos y las pudriciones acuosas interiores del fruto y de las semillas del cacao (monilla).

A pesar del desarrollo de una variedad de técnicas para el tratamiento, y erradicación de estas enfermedades, ninguna resulta ser 100% efectiva; además de que la utilización de uno u otro método implica la generación de implicaciones secundarias en el cultivo, así como de efectos adversos en el entorno. De ahí que la selección del método idóneo no solo pende de la eficiencia en la reducción de las enfermedades sino también sobre sus efectos secundarios.

Justificación e Importancia del estudio

Las enfermedades Monilla (*M. roreri*) y escoba de bruja (*M. perniciosa*) se han convertido en una de las patologías de mayor importancia del cultivo de cacao,

no solo por los daños producidos a la producción del mismo, sino por los costos económicos de su erradicación y por la deficiencia en la selección del método adecuado y/o compatible para su tratamiento. Este último aspecto debido a la diversidad de condiciones agroecológicas en las que se desarrolla el cultivo.

El estudio de los métodos de tratamiento de estas enfermedades del cacao ha sido un tema muy recurrente en la literatura científica durante las últimas décadas, debido al gran abanico de alternativas diseñadas para su erradicación. No obstante, las carestías en la aplicabilidad de cada técnica, así como los costos económicos de su implementación y los efectos adversos sobre el entorno, han sido uno de los constantes debates en procura de la identificación de la alternativa idónea.

Así, la presente investigación se centra en la evaluación del control cultural como una técnica amigable con el medio ambiente para el tratamiento de dichas enfermedades en la variedad de cultivo de cacao CCN-51.

Delimitación del Problema

La investigación se desarrollará en el cantón La Troncal de la provincia del Cañar durante el periodo comprendido entre mayo del 2021 y mayo del 2022.

Formulación del Problema (pregunta)

¿Cómo contribuirá el manejo cultural de Monilla (*M. rozeri*) y escoba de bruja (*M. pernicioso*) a la preservación y productividad de las variedades de cacao CCN-51?

Objetivos

Objetivo General

Evaluar la incidencia del manejo cultural de Monilla (*M. rozeri*) y escoba de bruja (*M. pernicioso*) en cacao CCN-51 (*T.cacao*) en la Provincia del Cañar.

Objetivos Específicos

- Describir las técnicas de manejo sanitario usadas para el control de *M. rozeri* y *M. pernicioso* en plantaciones de cacao CCN-51;

- Determinar el mejor tratamiento para el control cultural de *M. royeri* y escoba de bruja *M. perniciosa* en plantíos de cacao CCN-51;
- Definir el tratamiento de mayor utilidad económica mediante la relación beneficio costo.

Hipótesis o Idea a defender

El manejo cultural de *M. royeri* y *M. perniciosa* contribuirá a la preservación y productividad del cultivo de cacao CCN-51 en el cantón La Troncal.

Aporte teórico o conceptual

Se espera contribuir con información cualitativa y cuantitativa sobre el manejo de *M. royeri* y escoba de bruja *M. perniciosa* en plantaciones de cacao CCN-51, así como las características agroecológicas de los sitios de mayor incidencia. Esta información será esencial para la búsqueda de alternativas innovadoras en el manejo eficiente y sostenible de tales patologías.

Aplicación práctica

El estudio permitió delinear el camino a seguir para la ejecución de futuras investigaciones, además de contribuir al conocimiento de los agricultores sobre las técnicas de manejo cultural de las enfermedades.

CAPÍTULO 1

MARCO TEÓRICO

1.1 Estado del Arte

Anzules et al., (2019), evaluaron métodos de control de *M. rozeri* (moniliasis) en cultivo de CCN-51 en Sto. Domingo de los Tsáchilas, Ecuador. Los tratamientos consistieron en una mezcla de dos productos químicos (Clorotalonil y Pyraclostrobin) y uno biológico (*Bacillus subtilis*) con y sin fertilizante en orden. Se evaluó 16 tratamientos con 3 repeticiones, mediante un Diseño de Bloques Completos al Azar. Los resultados exhiben que la utilización de fungicidas químicos y biológicos, disminuyeron la incidencia de *M. rozeri*, a diferencia de la aplicación de fertilizantes que no incremento la efectividad de dichos productos. Mientras que el tratamiento con labores culturales, no disminuyó la incidencia de la moniliasis.

Villamil et al., (2016), evaluaron el control de *M. rozeri* mediante el uso *Trichoderma* spp., combinadas con prácticas agronómicas. Utilizaron diez tratamientos, basados en: prácticas agronómicas, productos biológicos, cepas de hongos nativos y combinaciones de fungicidas químicos. Se aplicó un diseño completamente aleatorio con cuatro repeticiones y 40 unidades experimentales; cada unidad estuvo representada por una planta de la variedad TCS01 (*Theobroma Corpoica* La Suiza 01). Se realizaron inoculaciones en el follaje utilizando concentraciones de 1,2, 1,5 y 2,9 x10⁷ UFC.g⁻¹ para cepas fúngicas nativas y concentraciones de 2,0 y 5,0 x10⁸ UFC.g⁻¹ para cepas comerciales. Se evaluó la incidencia y severidad externa en los frutos durante 25 semanas. Los resultados mostraron que los frutos inoculados con el tratamiento T7 (AP + Safer soil W.P®) y el tratamiento T4 (AP +mezcla de *Trichoderma* H 0, H3, H5) presentaron los menores porcentajes de incidencia externa y severidad y el mayor rendimiento.

Chamorro (2018), evaluó el manejo fitosanitario y cultural para la erradicación de *M. rozeri* en plantíos de cacao CCN-51 de la finca “La Ponderosa” del cantón Quinindé, Esmeraldas. Para ello se emplearon 8 tratamientos y 3 repeticiones, aplicados a 24 parcelas con un área de 270 m² c/u y un número de 30

plantas por parcela Los tratamientos seleccionados consistieron en los diversos programas fitosanitarios, sumado a la incorporación de cuatro tratamientos adicionales con el fin de conseguir una mayor fiabilidad en los resultados, siendo estos: ingrediente activo Azoxystrobin + ciproconazole; **Bacillus subtilis**, **Trichoderma** sp., aplicados de forma rotacional; y la remoción de mazorcas enfermas. Los resultados evidencian una alta efectividad del control químico (fungicidas), mientras que la alternativa más eficaz fue el tratamiento 5 conformado por Azoxystrobin-ciproconazole + labores culturales. Para el caso del control biológico se observó que **B. subtilis** muestra un alto nivel de inhibición de **M. royeri**.

1.2 Bases Científicas y Teóricas de la Temática

1.2.1 *Moniliophthora royeri*

1.2.1.1 Agente causal e importancia económica

El patógeno causante de la pudrición helada de la vaina fue descrito morfológicamente en 1933 por Ciferri y Parodi, quienes lo clasificaron como un hongo imperfecto perteneciente a la clase *Deuteromycete*, orden *Moniliales*, género *Monilia* y especie **royeri** (Díaz y Aime, 2016).

Este hongo posee características propias de un basidiomiceto ubicándose taxonómicamente en el género **Moniliophthora** y especie **royeri**. También se lo categoriza dentro de cinco grupos de los cuales dos tienen una amplia distribución, el grupo Bolívar (norte de Santander en Colombia, la parte oriental de Venezuela y márgenes de Ecuador y Perú) y el grupo co-occidental (occidente de Colombia, centro Ecuador y Centroamérica). Grupo Gileri (Noroeste de Ecuador) y grupos co-este y co-central de Colombia. Según varios estudios moleculares los hongos responsables de la pudrición de la vaina helada y la escoba de bruja tienen cierto grado de parentesco y forman genéticamente un linaje separado dentro de la familia **Marasmiaceae**, por lo que puede ser *M. royeri*, el estado asexual de **M. pernicioso** (Dorado et al., 2017 p. 43-45).

La pudrición de las mazorcas heladas ocasiona pérdidas económicas según las condiciones ambientales, el manejo del cultivo, las medidas de control implementadas y las variedades cultivadas (Aguirre, 2019).

M. royeri genera pérdidas entre 16-90% y ocasionalmente llegan hasta el 100%. Sin embargo, una mala gestión de las plantaciones también puede contribuir a una baja productividad. Esta enfermedad está presente en 13

países de América Latina: Belice, Colombia, Costa Rica, Ecuador, El Salvador, Guatemala, Honduras, México, Nicaragua, Perú, Panamá, Bolivia y Venezuela, y es causante del 80% de las mermas en la cosecha, desde su aparición en el cultivo. Ecuador reporta pérdidas en la producción superiores al 40%, lo que representa 20 millones de dólares anuales (Díaz & Aime, 2016, p. 492-495).

1.2.1.2 Origen y distribución geográfica

Ecuador ha sido considerado como el centro de origen de la enfermedad, debido a que “el primer informe oficial del patógeno se llevó en 1917” (Pérez et al., 2017).

Sin embargo, la mayor diversidad genética del agente causal y la enfermedad se conoce desde hace aproximadamente 200 años. Para ese momento, la enfermedad se ha extendido a otras plantaciones de cacao en muchos países. Este comportamiento muestra la alta capacidad y facilidad parasitarias para diseminarse e infestar nuevas áreas en las plantaciones de cacao (Tafur y Chamorro, 2018).

En un período de poco “más de 40 años el área de ocurrencia de *M. royeri* ha crecido considerablemente y es probable que en el futuro, el patógeno, se extienda a nuevas áreas” (Bailey et al., 2018).

1.2.1.3 Etiología

En el cacao puede dar lugar a diferentes síntomas o combinaciones de estos. De vez en cuando, aparecen frutos que parecen sanos, pero están dañados internamente, identificables fácilmente debido a que son más pesados que el resto. Aparentemente, las altas temperaturas son más favorables para la propagación de la pudrición helada de la vaina (Dorado et al., 2017).

La pudrición de las mazorcas heladas “ataca solo las mazorcas de cacao de *T. cacao* y parientes cercanos como *T. bicolor* y *T. gransiflorum*, variando la severidad del ataque por área y época del año” (Dos Santos et al., 2020).

Los estudios morfológicos muestran que *M. royeri* presenta hifas hialinas y septadas, sin conexión de gancho, con dolipore, de 1.5-5 μ m de ancho. Las colonias en medio PDA exhiben un diámetro de entre 70-77 μ m, con un crecimiento inicial blanco, que luego pasa a un color crema salmón y finalmente se vuelve marrón oscuro por la producción masiva de esporas.

Se han informado características similares para otras cepas de *M. royeri* incubadas en medio V8 modificado, y medio MEA. Los conidios son de formación basal, que van desde globosos, subglobosos y elipsoides, pudiendo medir 7-10,5, 6,3-9,3 y 7,5-11,6 μm , respectivamente (Dorado et al., 2017 p. 44).

Las cadenas están formadas por 4-10 conidios, hialinos, de paredes gruesas, amarillo pálido, masa marrón heteromórfica, con mayor frecuencia globosos / subglobosos. Los conidióforos son más o menos verticales, ligeramente ramificados y ocasionalmente aislados y erectos. A veces trifurcado, hialino, pluriseptado con una constricción en los septos y mide de 9 a 50 μm de longitud. Los fialides están septados, 10-15 \times 2-5 μm , con micelio disperso en el medio de cultivo. Según Kendrick 36, *M. royeri* produce toxinas específicas en las células huésped (Bailey et al., 2018, p. 1583-1585).

1.2.1.4 Sintomatología

Los síntomas que ocurren en la mazorca de cacao afectada por la pudrición de la mazorca helada pueden “variar no solo con la edad de la mazorca, sino también por condiciones ambientales, como: temperatura y humedad ambiental” (Dorado et al., 2017).

Según Tirado et al., (2016) los síntomas suelen presentarse de forma externa, los cuales ocasionan necrosis, alabeo y pudrición en mazorcas de 60-80 días de edad, en algunos casos es posible ver tejido necrótico interno. Además, cuando las mazorcas con menos de 2 meses de desarrollo son infectadas por *M. royeri*, continúan con su crecimiento aparentemente normal y posteriormente desarrollan bultos o tumefacciones del tejido del exocarpio con un color más claro y brillante que el resto de la mazorca (p. 419).

Estos síntomas provocan la muerte de la mazorca, una vez que aparecen las protuberancias. Cuando la mazorca infectada ha completado la mitad o más de su desarrollo más de 110 días, el síntoma más característico de la enfermedad es una mancha de color marrón oscuro con un borde irregular, comúnmente llamada mancha de chocolate (Anzules, 2019).

La mancha en la mazorca se manifiesta en forma de pequeñas manchas aceitosas, de color marrón oscuro, muchas veces rodeadas de un halo amarillo que puede llegar a cubrir por completo la mazorca, dando la apariencia de podredumbre con maduración prematura de las mazorcas afectadas, que se manifiesta por la presencia de una coloración amarillenta de distribución irregular (Anzules et al., 2019, p. 513).

Los síntomas internos de una mazorca dañada por *M. royeri* son visibles mediante un corte de los tejidos de la cáscara, pulpa y granos de una masa compacta que también está llena de una sustancia viscosa en proceso de descomposición. Entre 4-5 días después de que la mazorca ha sido invadida totalmente por el hongo, aparecen esporas con apariencia de un polvo fino, de color crema salmón y posteriormente de color marrón oscuro (Eckberg, 2017).

Todas “estas manifestaciones van acompañadas de deformaciones de la mazorca. Este polvo fino puede actuar como inóculo de otras mazorcas por el viento, el agua, los pájaros, los roedores, los insectos y los seres humanos” (Evans et al., 2016a).

En áreas donde están presentes otras enfermedades del cacao, como la escoba de bruja con solo los síntomas se puede dar un diagnóstico erróneo. Una forma práctica a nivel de campo para ver si la mazorca es atacada por *M. royeri* es “colocar el corte en una bolsa plástica, después de 2-3 días se cubren los tejidos con un micelio blanco con abundante esporulación en crema” (Eckberg, 2017).

1.2.1.5 Ciclo de vida

La supervivencia del patógeno inicia en los residuos de cultivos. Luego, los conidios se dispersan por el viento y la lluvia, provocando la contaminación de las mazorcas de una plantación a otra. Además, las esporas se movilizan a través del aire y, en las condiciones adecuadas de humedad y temperatura, pueden infectar mazorcas recién formadas. Gran parte de la información sobre el ciclo, síntomas y signos se ha descrito en Colombia, Costa Rica y Venezuela, donde se han determinado los síntomas típicos en mazorcas inoculadas artificialmente (Torres y Ramírez, 2016).

El ciclo de vida de *M. royeri* durante el proceso de la enfermedad no está completamente decodificado, mostrando una fase biotrófica y otra hemibiotrófica durante su desarrollo. Los patógenos biotróficos provocan respuestas menores en la planta, especialmente en las primeras etapas de la enfermedad. La fase hemibiotrófica de *M. royeri* tiene estadios biotróficos prolongados que pueden durar de 3 a 6 semanas. Además, presentan claras diferencias morfológicas miceliales al inicio y al final del proceso de la enfermedad (Bailey et al., 2018, p. 1587).

La mayor cantidad de esporas de la pudrición de las mazorcas heladas se

encuentra a 1 m de altura de las plantas. Los conidios se depositan en la mazorca y si hay agua germinan o mueren por radiación/secado (Evans, 2016a).

Estas esporas “penetran directamente a través de la cubierta de las estomas, creciendo entre las células de la corteza y producen conidios en la superficie de la mazorca” (Tirado et al., 2016).

Este patógeno posee un largo período de incubación antes de que aparezcan los síntomas, luego el tiempo de infección puede oscilar entre 3-8 semanas variando según la edad de la mazorca. Otras características son la gravedad del ataque, la susceptibilidad de los árboles y las condiciones climáticas (Díaz et al., 2016, p. 499).

1.2.1.6 Epidemiología

Esta enfermedad ha sido reportada a una altitud entre 0-1520 m snm, con una precipitación fluvial anual de 780-5,500 mm y una temperatura de 18-28 °C. Existe una estrecha relación entre la humedad relativa y el movimiento de las esporas, lo que indica que la liberación se realiza a una humedad relativa entre 71-74% (Meinhardt y Bailey, 2016).

Las condiciones secas, la baja humedad relativa y una temperatura superior a 26 °C favorecen la liberación y dispersión de conidios (Evans, 2016a); además, “las lluvias fuertes y frecuentes favorecen la presencia de agua libre en los frutos, lo que facilita la germinación y penetración de los conidios” (Dorado et al., 2017).

Finalmente, “se favorece la germinación de las conidias sobre temperaturas promedio de 22 ° C y una humedad relativa del 93%” (González et al., 2018).

1.2.1.7 Estrategias de control cultural

El mejor control de la enfermedad es un manejo integrado, donde se utiliza conjuntamente el control cultural, genético, biológico y químico. En Ecuador, los productores han iniciado un proceso acelerado de sustitución de plantas nativas de cacao por híbridos de origen Trinity con altos niveles de producción y resistencia a enfermedades (Tirado et al., 2016).

Sin embargo, esta actividad ha provocado la pérdida de diversidad y calidad (Evans, 2016a).

Otra estrategia que se ha implementado es el “traslado de las plantaciones de cacao a zonas más secas porque en estos lugares la incidencia de la enfermedad disminuye” (Dos Santos, 2020).

El control cultural intenta prevenir la entrada de patógenos en la plantación, evita que se encuentren condiciones favorables de infección, multiplicación y diseminación. Para ello es necesario evitar el crecimiento excesivo de los árboles de cacao, realizar podas sanitarias al momento de la cosecha, mantener un buen drenaje, una densidad adecuada, un buen control de malezas y un programa de fertilización adecuado. También es importante la recolección y remoción de mazorcas enfermas para evitar que las esporas se distribuyan (Bailey et al., 2018, p. 1583).

1.2.2 *Moniliophthora perniciosa*

1.2.2.1 Generalidades

El agente causal de la escoba bruja es el hongo patógeno ***M. perniciosa***, hemibiotrófico del cacao, que, junto con la pudrición de la mazorca helada y la pudrición de la mazorca negra, son una de las tres enfermedades más importantes de este cultivo en el hemisferio occidental (Costa et al., 2021).

Este hongo se describió por primera vez como ***Marasmius perniciosus*** Stahel, pero en 1942 Singer lo transfirió a ***Crinipellis*** como ***C. perniciosa*** (Stahel) Singer. Se conoció con este nombre hasta 2005, cuando Aime y Phillips - Mora (2005) utilizaron la secuenciación de ADN para demostrar que estaba muy relacionado con el patógeno FPR, ***M. roreri*** (Cif.), y sólo lejanamente relacionado con la especie tipo de ***Crinipellis***. La formación de híbridos (estériles e inestables, pero de morfología intermedia con conexiones de pinza) entre ***M. roreri*** y ***M. perniciosa*** atestigua la relación de estas dos especies (Dos Santos et al., 2020, p. 2-4).

Estas especies forman un linaje separado de ***Marasmiaceae*** que incluye varios miembros de ***Crinipellis*** Section Iopodinae, que anteriormente comprendía los miembros del género ***Crinipellis*** con pigmentación rosada-púrpura. ***M. perniciosa*** también es capaz de causar enfermedades en varios miembros de las solanáceas y otros huéspedes tropicales no vinculados (Pérez, 2018).

“Se cree que ***M. perniciosa*** se originó y coevolucionó con plantas hospedantes en la cuenca del río Amazonas superior en el lado oriental de los Andes” (Dos Santos et al., 2020).

1.2.2.2 Distribución

El patógeno y la enfermedad se encuentran presentes en Bolivia, Brasil, Colombia, Ecuador, Granada, Guyana, Guyana Francesa, Panamá (al este del Canal), Perú, Trinidad y Tobago, Sta. Lucía, San Vicente y las Granadinas, Surinam y Venezuela (Delgado et al., 2021).

1.2.2.3 Etiología y sintomatología

La escoba de bruja comienza con la producción de basidiosporas a partir de pequeños basidiomas rosados (hongos) formados en tejidos vegetales previamente infectados, incluidas las vainas y el tejido vegetativo afectado. La dispersión aérea de las basidiosporas ocurre principalmente durante los períodos nocturnos (Marelli et al., 2019).

En condiciones de alta humedad, las basidiosporas tienen la capacidad de infectar cualquier tejido de cacao meristemático, incluidos brotes, flores y frutos jóvenes en desarrollo. La infección a través de las aberturas estomáticas por tubos germinativos de basidiosporas se ha informado en varias ocasiones, también se observó infección a través de las bases de tricomas dañados en rubores no endurecidos. En esta etapa del ciclo de la enfermedad, la densidad del micelio fúngico en la planta es muy baja y el hongo se encuentra en la fase de crecimiento biotrófico, que se reconoce por la producción de hifas intercelulares contorneadas más anchas que carecen de conexiones de pinza (Almeida et al., 2017, p. 869-870).

La observación temprana del estado nuclear de este micelio en los meristemas del cacao indico que no estaba nucleado, aunque también se encontró que esto era mucho más variable (hasta diez núcleos por célula) en biotróficos (Másmela, 2019).

Durante la fase biotrófica, la interacción hongo/huésped produce los síntomas distintivos de WBD: "hipertrofia e hiperplasia de los tejidos distales al sitio de la infección, pérdida de dominancia apical, proliferación de brotes auxiliares y formación de tallos anormales que dan como resultado una estructura similar a una escoba llamada escoba verde" (Marelli et al., 2019).

La infección de las flores coliformes da como resultado la formación de escobas en cojín o pequeños frutos partenocárpicas de los tejidos infectados ocurre distal al sitio de infección original, formando así la estructura llamada escoba seca. Ninguno de estos tejidos necróticos forma capas de abscisión,

por lo que los tejidos necróticos infectados permanecen unidos (Pierre et al., 2017, p. 748).

En algún momento durante o antes de la muerte de los tejidos infectados, “el hongo prolifera y coloniza las células huésped necróticas o muertas y experimenta un cambio morfológico con hifas que se vuelven más estrechas y menos complicadas, con conexiones de pinza y micelio binucleado (dicariótico) regular, conocido como fase saprotrófica” (Almeida et al., 2017).

Se desconocen el momento exacto, los mecanismos y los factores de señalización involucrados en las alteraciones del desarrollo tanto de la planta como del hongo (Vásquez et al., 2018).

“Después de periodos alternos húmedos y secos, la producción de basidiocarpos y la posterior formación de esporas puede ocurrir en cualquier tejido necrótico infectado, completando así el ciclo de la enfermedad” (Másmela, 2019).

La formación de basidiocarpos y esporas de una sola escoba seca pueden ocurrir repetidamente durante un período de varios años. Una característica adicional de la fase biotrófica que se ha observado en las escobas verdes senescentes, en los tricomas de las hojas y en el cultivo dual de callo de papa es la formación de clamidosporas. Se desconoce la función de estas esporas intercalares de paredes gruesas en la escoba de bruja, pero pueden representar una fase latente después de la infección del huésped (Mares et al., 2016, p. 118).

M. pernicioso también es responsable de una de las principales enfermedades de pudrición de la mazorca del cacao, anteriormente conocida como podredumbre de la mazorca por *Crinipellis*. El cacao produce vainas grandes y gruesas que contienen de 30 a 40 semillas que requieren aproximadamente 6 meses para alcanzar la madurez (Másmela, 2019).

Los frutos en desarrollo son susceptibles a la infección a lo largo de su crecimiento y las vainas jóvenes abortarán si se infectan durante las primeras semanas. A medida que la vaina crece, la infección progresa y eventualmente causa una pudrición acuosa en las vainas maduras con la pérdida completa de las semillas, mientras que las infecciones posteriores de las vainas más maduras resultarán en una pérdida parcial de las semillas. Esto se ha vuelto especialmente importante en Brasil, ya que la mayoría de los clones de cacao con resistencia a las infecciones por meristemas apicales todavía son susceptibles a esta pudrición de la mazorca (Barbosa et al., 2018, p. 506-507).

El cacao se cultiva en un sistema de producción respetuoso con el ambiente que da como resultado la conservación de grandes regiones de selva tropical como un dosel de sombra para el crecimiento del cacao en el sotobosque, lo cual ayuda a preservar el hábitat de numerosas especies que residen en derredor al cultivo (Tirado et al., 2016).

Según Costa et al., (2021) ante las pérdidas de producción asociadas a la enfermedad, los propietarios de tierras tropicales se ven obligados a convertir sus tierras a otros sistemas de producción que normalmente requieren la destrucción de la cubierta forestal; de modo que *M. pernicioso* no solo afecta el suministro de cacao, sino que también tiene un impacto importante en la conservación de los ambientes tropicales donde se cultiva el cacao (p. 378).

1.2.2.4 Complejo de especies y biotipos

M. pernicioso se divide en una serie de poblaciones separadas geográficamente que infectan a una amplia gama de hospedadores diferentes. Tenemos así tres variedades diferentes: *M. Pernicioso*, *M. Ecuatoriensis* y *M. Citriniceps*, según caracteres morfológicos de la basidiocarpo. No obstante, mediante el uso de biología de la reproducción y la especificidad del hospedador los fitopatólogos, han clasificado a *M. pernicioso* en cuatro biotipos diferentes (C, H, L y S) (Díaz et al., 2016).

El biotipo C infecta especies de *Theobroma* y el género *Herrania* (Malvaceae), estrechamente relacionado. El biotipo S infecta una amplia gama de huéspedes dentro de las solanáceas, mientras que el biotipo H, que se ha identificado recientemente, infecta a *Heteropterys acutifolia* (Malpighiaceae). Los aislamientos del biotipo L se encuentran en enredaderas de lianas y restos de plantas, especialmente de la especie *Arrabidaea verrucosa* (Standl.) AH Gentry (Bignoniaceae). Se ha reportado que los basidiocarpos a menudo se formaban en la corteza de enredaderas aparentemente sanas con un solo informe de síntomas parecidos a los de una escoba (HC Evans, comunicación personal) (Pérez, 2018, p. 1-3).

El biotipo L exhibe una estrategia reproductiva de cruzamiento externo (heterotalismo bifactorial; el mecanismo de cruzamiento externo más común en Agaricomycotina), que contrasta con el homotalismo primario de los biotipos C, S y H. De acuerdo con su estrategia de reproducción cruzada, los niveles de diversidad genética local para las poblaciones de biotipo L son mucho más altos que para otros biotipos (David et al., 2016, p. 5).

1.2.2.5 Ciclo de la enfermedad

La enfermedad comienza con la germinación de basidiosporas que producen hifas monocariotas gruesas (5-20 μm), que infectan los tejidos meristemáticos de las yemas vegetativas y florales a través de estomas o heridas, colonizan el apoplasto y provocan transformaciones drásticas en los tejidos del huésped debido a la producción de hormonas que inducen la formación de escobas (Mariana et al., 2017).

Los basidiocarpos de *M. pernicioso* nunca se forman durante la fase monocariótica biotrófica del hongo en la retama verde. Después de 6-9 semanas, cuando las escobas de los tallos y las espigas infectadas mueren y se secan en condiciones de humedad y sequedad alternas, el patógeno entra en su fase necrótropa y se forman basidiocarpos a partir de un micelio de hifas delgadas, fibrosas y dicarióticas, que liberan basidiosporas al aire durante un período de 2-8 días, y el ciclo de infección comienza de nuevo. En esta fase, conocida como fase de escoba seca, *M. pernicioso* coloniza la planta muerta y situarse en los espacios intercelulares del cacao (Pérez, 2018, p. 3-4).

La formación de escamas se debe principalmente al aumento de tamaño de las células más que a la división celular. En condiciones de humedad alternante (8 horas de humedad/16 horas de secado), las temperaturas entre 20-25 °C son favorables para la formación de basidiocarpos, mientras que las superiores a 30 °C lo son menos (Serrano et al., 2021, p. 1-2).

Los basidiocarpos pueden producirse en el laboratorio tras 8 semanas de incubación en fragmentos de retama de cacao esterilizados en autoclave, colocados en agar agua o en agar jugo V-8 e inoculados con micelio. Las basidiosporas pueden dispersarse por el viento a distancias entre 60-150 km, aunque el movimiento antropogénico en mazorcas, semillas y esquejes infectados latentes es el responsable de los grandes avances en América (Pérez, 2018).

La penetración en el huésped puede producirse en tan sólo 6 horas, pero la tasa máxima es de 12-15 horas a 25 °C en una humedad relativa del 100%. Se examinaron los basidios, las basidiosporas y el micelio para determinar su estado nuclear en diferentes fases de crecimiento de *M. pernicioso*. Los basidios jóvenes eran no nucleados, a partir de los cuales se desarrollan cuatro basidiosporas mononucleadas tras la meiosis (Aguirre et al., 2019).

Las hifas primarias derivadas de las basidiosporas son septadas, con células

uninucleadas que persisten durante un corto período para dar lugar a un micelio denso. La posterior aparición de un micelio denso, septado y binucleado con fíbulas sugiere que el hongo es homotálico. Las artrosporas formadas a partir de aislados cultivados en agar malta y medio PDA obtenidos de escobas de Ecuador y Perú son binucleadas, pero no infectivas (Hernández, 2016).

1.2.2.6 Factores de patogenicidad

Los análisis de las secuencias del genoma de *M. pernicioso* han llevado a la identificación de tres genes putativos de necrosis y proteína inductora de etileno (MpNEP) que se denominaron MpNEP1, 2 y 3. Estos son los primeros genes de su tipo reportados para un basidiomiceto y los tres genes están ubicados en el cromosoma 6 (Dos Santos et al., 2020).

MpNEP1 y 2 son capaces de inducir necrosis y emisión de etileno en hojas de tabaco y cacao y tienen una alta similitud de secuencia. La secuencia de MpNEP3 está incompleta y se localiza en conjunto con MpNEP1. El análisis de expresión reveló que MpNEP1 se expresa no solo en micelio saprotrófico sino también en hifas biotróficas. La proteína MpNEP1 es un oligómero en solución y se inactiva a altas temperaturas. La proteína MpNEP2 es un monómero a baja concentración (<40 $\mu\mu$) en solución que se expresa predominantemente en micelios biotróficos y que puede recuperar su actividad de necrosis después de la ebullición. Estos hallazgos sugieren que los NEP similares pueden tener características físicas diferentes y posiblemente funciones diferentes o complementarias durante el desarrollo de la enfermedad. Actualmente se están realizando estudios adicionales para determinar específicamente qué papel tienen estas proteínas en el patosistema de *M. pernicioso* (Vásquez et al., 2018, p. 236-328).

Análisis de transcripción *ex planta* mostró que MpCP1 se expresa a niveles mucho más altos en el micelio biotrófico que en el micelio saprotrófico. El perfil de necrosis inducido por esta proteína en hojas de tabaco y cacao fue diferente al causado por las MpNEP. El MPCP1 pudo difundirse a través de las venas de una hoja mientras que los MpNEP estaban contenidos entre las venas. Además, una mezcla de MpCP1 con MpNEP2 condujo a un efecto de necrosis sinérgico, que es similar al observado en plantas infectadas naturalmente (Pérez et al., 2018).

1.3 Fundamentación legal

1.3.1 Constitución Política del Ecuador

En el Art. 409 del capítulo segundo: biodiversidad y recursos naturales, sección quinta: suelo, se menciona que es de interés público y prioridad nacional la conservación del suelo, en especial su capa fértil. Se establecerá un marco normativo para su protección y uso sustentable que prevenga su degradación, en particular la provocada por la contaminación, la desertificación y la erosión. En áreas afectadas por procesos de degradación y desertificación, el Estado desarrollará y estimulará proyectos de forestación, reforestación y revegetación que eviten el monocultivo y utilicen, de manera preferente, especies nativas y adaptadas a la zona (Constitución Política del Ecuador, 2008).

Por su parte en el Art. 410 de la misma sección y capítulo se puntualiza que el “Estado brindará a los agricultores y a las comunidades rurales apoyo para la conservación y restauración de los suelos, así como para el desarrollo de prácticas agrícolas que los protejan y promuevan la soberanía alimentaria” (Constitución Política del Ecuador, 2008).

1.3.2 Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización – COOTAD

El capítulo segundo: fraccionamiento de suelos y reestructuración de lotes, sección primera: fraccionamientos urbanos y agrícolas, en su Art. 471 se indica que ha de considerarse fraccionamiento agrícola el que afecta a terrenos situados en zonas rurales destinados a cultivos o explotación agropecuaria. De ninguna manera se podrá fraccionar bosques, humedales y otras áreas consideradas ecológicamente sensibles de conformidad con la ley o que posean una clara vocación agrícola (COOTAD, 2010).

1.3.3 Ley orgánica de tierras rurales y territorios ancestrales

En el Art. 4 de esta ley se define a la tierra rural como una extensión territorial que se encuentra ubicada fuera del área urbana, cuya aptitud presenta condiciones biofísicas y ambientales para ser utilizada en producción agrícola, pecuaria, forestal, silvícola o acuícola, actividades recreativas, ecoturísticas, de conservación o de protección agraria; y otras actividades productivas en las que la Autoridad Agraria Nacional ejerce su rectoría. Se exceptúan las áreas reservadas de seguridad, las del sistema nacional de áreas protegidas, áreas de protección y conservación hídrica, bosques y vegetación protectores públicos, privados y comunitarios, patrimonio forestal del Estado y las demás reconocidas o declaradas por la Autoridad Ambiental Nacional (Ley orgánica de tierras rurales y territorios ancestrales, 2016).

Art. 5.- De lo agrario. Para fines de la presente Ley, “el término agrario incluye las actividades agrícolas, pecuarias, acuícolas, silvícolas, forestales, ecoturísticas, agro turísticas y de conservación relacionadas con el aprovechamiento productivo de la tierra rural” (Ley orgánica de tierras rurales y territorios ancestrales, 2016).

Art. 12.- De la función ambiental. La propiedad de la tierra rural deberá cumplir con la función ambiental. En consecuencia, deberá contribuir al desarrollo sustentable, al uso racional del suelo y al mantenimiento de su fertilidad de tal manera que conserve el recurso, la agrobiodiversidad y las cuencas hidrográficas para mantener la aptitud productiva, la producción alimentaria, asegurar la disponibilidad de agua de calidad y contribuya a la conservación de la biodiversidad. El sistema productivo existente en el predio permitirá optimizar la relación de las actividades agrarias con las características biofísicas del ambiente natural. El cumplimiento de la función ambiental conlleva también el respeto a los derechos ambientales individuales, colectivos y los derechos de la naturaleza (Ley orgánica de tierras rurales y territorios ancestrales, 2016).

En el mismo artículo doce se menciona que para que el predio rural con aptitud agraria cumple la función ambiental cuando su sistema productivo reúne las siguientes condiciones: a) Se empleen prácticas productivas que promuevan la sustentabilidad de los recursos naturales renovables y de la agrobiodiversidad aplicados a la actividad agraria; b) Se cumplan con las leyes y los parámetros técnicos de calidad ambiental en materia agraria, de acuerdo con las regulaciones vigentes; c) Se observen los criterios de manejo de recursos naturales y de zonificación para el uso del suelo con aptitud agraria contenido en el plan de producción, para evitar procesos como: erosión, salinidad, compactación, pérdida de fertilidad y productividad, pérdida de la cobertura vegetal; degradación de la estructura del suelo, entre otros; d) Se realicen acciones a fin de evitar la contaminación, sedimentación de cuerpos de agua, disminución de caudales y desperdicio de agua; y e) Se observen los parámetros que establezca la Autoridad Agraria Nacional en coordinación con la Autoridad Ambiental Nacional para la protección del suelo, cuando exista cobertura vegetal, bosque natural plantado, páramo o manglar y especies arbustivas (Ley orgánica de tierras rurales y territorios ancestrales, 2016).

El Art. 29 de la misma ley indica que la producción rural familiar campesina consiste en las diversas formas de actividad económica practicadas con predominio de la mano de obra familiar y cuyos ingresos provienen de la propiedad o posesión de una determinada unidad productiva bajo su gestión, que incluye la producción agropecuaria, acuícola, silvícola, recolección, artesanía y turismo (Ley orgánica de tierras rurales y territorios ancestrales, 2016).

En el Art. 30 se establece una clasificación para la agricultura familiar campesina, misma que pueda tener cuatro modalidades distintas: a) Agricultura familiar campesina de subsistencia, en la cual los miembros de una misma familia con su gestión, capacidades técnicas, medios de producción, recursos y mano de obra, gestiona el ciclo agrícola y se destina parte de lo producido al auto consumo familiar; b) Agricultura familiar campesina de transición, es aquella en la cual la producción sobre la base del ciclo agrícola se realiza principalmente con mano de obra familiar y donde las condiciones de la unidad productiva familiar permiten obtener excedentes para su comercialización y generan ahorro y especialización productiva; c) Agricultura familiar campesina comunitaria es aquella vinculada a unidades productivas de propiedad colectiva o comunal; d) Agricultura familiar campesina consolidada es aquella conformada por unidades productivas familiares cuyas condiciones productivas le permiten generar excedentes, contratar regularmente mano de obra, adoptar formas empresariales e integrarse a cadenas y mercados nacionales o internacionales; y, e) Las demás que puedan generarse.

CAPÍTULO 2

ASPECTOS METODOLÓGICOS

2.1 Métodos

2.1.1 Modalidad y tipo de investigación

La investigación desarrollada es de tipo experimental debido a que se evaluó el efecto de la poda y recolección de frutos enfermos de *T. cacao* para el control cultural de *M. roreri* y *M. perniciosa*.

2.2 Variables

2.2.1 Variable independiente

Control cultural: poda y recolección de frutos enfermos

2.2.2 Variable dependiente

Enfermedades del cacao: Monilla (*M. roreri*) y escoba de bruja (*M. perniciosa*).

2.2.3 Operacionalización de las variables

Tabla N° 1. Matriz de Operacionalización de las variables

Concepto	Dimensión	Indicador	Escala
Monilla (<i>M. roreri</i>)	- Incidencia en mazorca	- Mazorcas enfermas	- Número de mazorcas
	- Severidad en mazorca	- Daño de mazorcas	- Porcentaje de daño
Escoba de bruja (<i>M. perniciosa</i>)	- Incidencia en brotes	- Escobas vegetativas	- Número de escobas vegetativas
	- Severidad en brotes	- Infección del brote	- Porcentaje de infección
Efectividad del manejo	- Eficacia de tratamientos	- Tratamientos	- Porcentaje de eficacia
	- Rendimiento de almendras	- Almendras	- Peso seco de almendras (gramos)

2.2.3.1 Incidencia de *M. royeri*

Se estimó según el procedimiento utilizado por Anzules et al., (2019):

$$NI = \left[\frac{MD}{MT} \right] * 100$$

Dónde:

MD: Número de mazorcas dañadas.

MT: Número de mazorcas totales.

2.2.3.2 Incidencia de *M. pernicioso*

Para la determinación de la incidencia se utilizó el procedimiento referido por Vera et al., (2016):

1. En cada planta se registró el número de escobas vegetativas por número total de brotes encontrados en cada planta.
2. Para pruebas de selección de árboles élites de cacao, se recomendó evaluar la incidencia (% de escobas) y severidad (estado de desarrollo de las escobas) en plantas desde uno, dos y tres años de edad.
3. La incidencia (en porcentaje) se obtuvo aplicando la siguiente fórmula:

$$Incidencia (\%) = \left[\frac{\text{Numero de escobas vegetativas}}{\text{Numero totales de brotes}} \right] * 100$$

2.2.3.3 Severidad de *M. royeri*

La estimación de la severidad se efectuó según el procedimiento propuesto por Paredes (2016):

$$Severidad (\%) = (1(n) + 2(n) + 3(n) + 4(n) + 5(n)/5(N)) * 100$$

Dónde:

n = Número de frutos calificadas en el rango de escala propuesta

1, 2, 3, 4, 5 = valor de la escala propuesta para evaluar el daño del patógeno (%).

N = Número total de frutos evaluados

Tabla N° 2. Escala de clasificación de síntomas para evaluar la severidad de *M. royeri* en los frutos de cacao, tomado de Paredes (2016).

Valor	Interna (% de almendras afectadas)	Externa (clasificación de síntomas)
0	0	Fruto sano
1	1-20	Presencia de puntos aceitosos (hidrosis)
2	21-40	Presencia de tumefacción y/o madurez prematura
3	41-60	Presencia de mancha chocolate
4	61-80	Presencia de micelio que cubre hasta la cuarta parte de la mancha parda
5	>81	Presencia de micelio que cubre más de la cuarta parte de la mancha chocolate.

2.2.3.4 Severidad de *M. pernicioso*

Se estimó la intensidad del ataque de la enfermedad, de acuerdo a la escala de desarrollo de la escoba de bruja vegetativa en la planta propuesta por Vera et al., (2016) (Tabla 3).

Tabla N° 3. Determinación de la severidad de escoba de bruja en cacao, basados en el estado evolutivo (vigor) de las escobas vegetativas.

Escala	Representación (grado)	Característica del nivel
1	Infección leve (1)	Inicial engrosamiento anormal del brote apical
2	Infección moderada (2)	Engrosamiento anormal de brote apical y deformación de hojas en brote apical.
3	Infección elevada (3)	Escoba completamente formada en brote apical

El porcentaje de la severidad de *M. pernicioso* se obtuvo aplicando la siguiente fórmula (Murieta y Palma, 2018):

$$Severidad (\%) = \left[\frac{(N^{\circ} \text{ de brotes afectados} * 1) + (N^{\circ} \text{ brotes afectados} * 2)}{\text{Numero cojines evaluados} * \text{grado mayor}} \right] * 100$$

2.2.3.5 Eficacia

La eficacia de los tratamientos se calculó de acuerdo a la siguiente formula:

$$Eficacia = \left(1 - \frac{Severidad\ final}{Severidad\ inicial}\right) * 100$$

Cabe indicar que todas estas variables se evaluaron con la frecuencia indicada en la tabla 3, considerando la totalidad de frutos que se ubiquen en la unidad experimental desde su estado temprano ('Chilillos').

2.2.3.6 Rendimiento

Las almendras de las mazorcas sanas de los distintos tratamientos fueron pesadas y este valor se multiplicó por la constante 0.38 (porcentaje de humedad que se pierde en el proceso de secado) para calcular el peso seco de las almendras por planta (Chamorro, 2018).

$$Rendimiento = peso\ de\ almendras\ secas * humedad\ perdida\ en\ el\ secado$$

2.2.3.7 Determinación en laboratorio de *M. roreri* y *M. perniciosa*

El aislamiento de *M. perniciosa* (escoba de bruja) y *M. roreri* (monilla) se realizó según el siguiente procedimiento (Solórzano, 2013):

1) Preparación del medio de cultivo PDA

Se pesaron los ingredientes, y se colocaron en un vaso de precipitado, y se les añade agua; esta solución se dosificó en dos matraces Erlenmeyer de 1000 mL cada uno. Luego, en un matraz se colocaron 720 mL de agua destilada y se los removi6 en el agitador magnético agregando 31.2 gr de medio de cultivo PDA, y 80 mL de mucilago de cacao para el pat6geno monilla (*M. roreri*) y 80 mL de extracto de hojas tiernas de cacao para escoba de bruja (*M. perniciosa*), hasta homogenizar el medio.

Los recipientes Erlenmeyer con el contenido PDA se esterizaron en autoclave durante 40 minutos, a una presi6n de 20 libras y una temperatura de 121 °C. El medio esterilizado se dej6 enfriar hasta que pueda manipularse, para luego verterlo en cajas Petri, a raz6n de 20 mL por caja.

2) Desinfección de las muestras

Las muestras de mazorcas se recolectaron en fundas de papel kraft; y luego fueron llevadas al laboratorio para ser fotografiadas, analizadas según sus síntomas y codificadas. Posteriormente se seccionó la parte interna sana y parte interna enferma, y se colocó en hipoclorito de sodio al 10% para su desinfección. Transcurridos dos minutos, los fragmentos de tejidos se enjuagaron tres veces, sumergiéndolos en agua destilada estéril para separar los residuos de hipoclorito, y acto seguido proceder al secado de las muestras antes de la siembra.

3) Siembra de las muestras

Las muestras desinfectadas se sembraron en cajas Petri que contenían medio de cultivo Papa Dextrosa Agar (PDA) más mucilago de cacao; posteriormente se colocaron en una incubadora a 27 °C en oscuridad para el crecimiento de *M. royeri* y *M. pernicioso*.

- 1) Luego se cortó con un bisturí o escalpelo estéril, y se extrajo porciones y se sembraron en el medio de cultivo PDA.
- 2) En el caso de *M. royeri* y *M. pernicioso* se tomaron esporas directamente de las mazorcas infectadas y se colocaron en las cajas Petri con PDA.
- 3) La comprobación de la autenticidad de los patógenos se basó en la observación al microscopio y de sus características externas comparadas con el experimento realizado por Santander s.f., y Agrios (1995). Luego las cepas de los fitopatógenos se colocaron en cajas Petri con PDA y en agua destilada.

2.3 Población y muestra

2.3.1 Población

La población objeto de estudio estuvo integrada por los pequeños y medianos productores de cacao CCN-51 del Cantón La Troncal, pertenecientes a las siguientes parroquias: La Troncal, Manuel de J. Calle y Pancho Negro.

2.3.2 Muestra

El cálculo de la muestra se realizó mediante el desarrollo de una ecuación estadística, cuyo procedimiento se describe como sigue:

$$n = \frac{Z^2 \times P \times Q \times N}{E^2 (N - 1) + Z^2 \times P \times Q}$$

Dónde:

n = Muestra (¿?)

Z² = Estadístico de confianza (95%)

P = Probabilidad de que ocurra (50%)

Q = Probabilidad de que no ocurra (50%)

N = Población (agricultores).

e= Error de la muestra (5%)

$$n = \frac{1,96^2 \times 0,50 \times 0,50 \times 142}{0,05^2 (142 - 1) + 1,96^2 \times 0,50 \times 0,50}$$

$$n = \frac{3,84 \times 0,50 \times 0,50 \times 142}{0,0025 (141) + 3,84 \times 0,25}$$

$$n = \frac{136,377}{1,3129}$$

$$n = 103,874 \approx 104$$

$$n = R// 104$$

Tabla Nº 4. Distribución de la muestra poblacional encuestada por parroquias/sectores

Parroquia	Sector	Nº encuestas
La Troncal	Centro Patul	4
	Manta Real	6
Manuel J. Calle	Caimatán	3
	Ruidoso chico	25
	10 de Agosto	14
	La Envidia	10
	Santa Rita	8
	Pancho Negro	San Luis
Pancho Negro	La Puntilla	6
	40 Cuadras	8
	Ruidoso	8
	Zhucay	5
Total		104

2.4 Técnicas de recolección de datos

2.4.1 Observación directa

Se empleó durante las visitas realizadas a las fincas cacaoteras, y que sirvieron para extraer mediante percepción visual los elementos más representativos que aportaron al problema de estudio.

2.4.2 Encuesta

La encuesta se aplicó a los pequeños y medianos productores de cacao CCN-51 para la obtención de información primaria respecto al manejo de las enfermedades *M. royeri* y *M. perniciosa*.

2.4.2.1 Diseño experimental

Para este estudio se utilizó un diseño de bloques completos al azar, en el cual se evaluaron los siete tratamientos indicados en la tabla 5, cada uno a través de 4 repeticiones; generándose un total de 28 unidades experimentales (parcelas).

Cada unidad experimental estuvo integrada por 12 plantas de cacao, con un distanciamiento de siembra de 3 m entre hileras y columnas. Con estas medidas la unidad experimental tuvo un ancho de 12 m y una longitud de 9 m. El área útil la conformaron 2 plantas centrales distribuidas en 18 m². El área total del ensayo fue de 4590 m², abarcando un total de 336 plantas. La forma como se distribuyó en campo, cada tratamiento con las demás delimitaciones se detalla en el anexo 1.

2.4.3 Tratamientos evaluados

Los tratamientos evaluados según la propuesta de este estudio, se ha definido como un factorial aumentado del tipo $2 \times 3 + 1$. En este caso, el factor (a) representara la poda y el factor (b) a la recolección de las mazorcas enfermas. Para el primero se tuvo 2 niveles y para el segundo 3 niveles, las cuales se indican a continuación:

Tabla N° 5. Diseño factorial a utilizar en la evaluación del experimento

Factor a (poda)	Factor b (recolección de mazorcas enfermas y brotes vegetativos enfermos)
a ₁ : poda	b ₁ : recolección de mazorcas enfermas y brotes vegetativos enfermos 7 días.
a ₂ : sin poda	b ₂ : recolección de mazorcas enfermas y brotes vegetativos enfermos 15 días.
-----	b ₃ : sin recolección de mazorcas enfermas y brotes vegetativos enfermos.

Adicionalmente se consideró un tratamiento testigo que fue de tipo biológico, mediante el uso del hongo *Trichoderma harzianum*. Este y los otros tratamientos son los que se detallan en la tabla 5.

Tabla N° 6. Tratamientos evaluados para el control cultural de *M. roleri* y *M. pernicioso* en plantaciones de cacao CCN-51

N°	Factor a (poda)	Factor b (recolección de frutos enfermos)	Combinación
1	a ₁ : Poda	b ₁ : recolección de mazorcas enfermas y brotes vegetativos enfermos a los 7 días	a ₁ b ₁
2	a ₁ : Poda	b ₂ : recolección de mazorcas enfermas y brotes vegetativos enfermos a los 15 días	a ₁ b ₂
3	a ₁ : Poda	b ₃ : sin recolección de mazorcas enfermas ni brotes vegetativos enfermos	a ₁ b ₃
4	a ₂ : Sin poda	b ₁ : recolección de mazorcas enfermas y brotes vegetativos enfermos a los 7 días	a ₂ b ₁
5	a ₂ : Sin poda	b ₂ : recolección de mazorcas enfermas y brotes vegetativos enfermos a los 15 días	a ₂ b ₂
6	a ₂ : Sin poda	b ₃ : sin recolección de mazorcas enfermas ni brotes vegetativos enfermos	a ₂ b ₃
7	Testigo convencional	Biológico (<i>T. harzianum</i>)	_____

Nota. Para la evaluación de *M. roleri* se recolectarán todas las mazorcas enfermas existentes en la planta y el suelo, mismos que posterior a su diagnóstico serán sometidos a confinamiento (enterramiento), a fin de evitar la dispersión de patógenos.

Previo a la implementación de los tratamientos se procedió a la realización de una limpieza integral de las unidades experimentales, misma que consistió en retirar todas las mazorcas enfermas de la planta y el suelo circundante, así como la poda de las escobas vegetativas existentes. Este procedimiento tuvo como objetivo la estandarización de las unidades experimentales, a fin de eliminar todo indicio de podas anteriores.

Todo el material vegetativo resultante de la limpieza de las unidades experimentales fue sometido a enterramiento, a fin de prevenir la propagación de agentes patógenos.

2.5 Estadística descriptiva e inferencial

Los datos obtenidos en el experimento se sometieron al análisis de la varianza (ANOVA) con el fin de establecer efectos significativos entre tratamientos.

Adicionalmente, como prueba de comparación de medias se aplicó el test de TUKEY. Estos análisis se realizaron al 5% de probabilidad de error tipo I. Dada la falta de homocedasticidad que se espera en datos de este tipo de experimento, se trató de estabilizar las varianzas con el cambio de escala de los valores.

Tabla N° 7. Modelo de análisis de varianza aplicada

Fuentes de variación	Grados de Libertad
Total	27
Factor A (poda)	1
Factor B (recolección de mazorcas enfermas)	2
Interacción AB	2
Testigo vs factorial	1
Repeticiones	3
Error experimental	18

CAPÍTULO 3

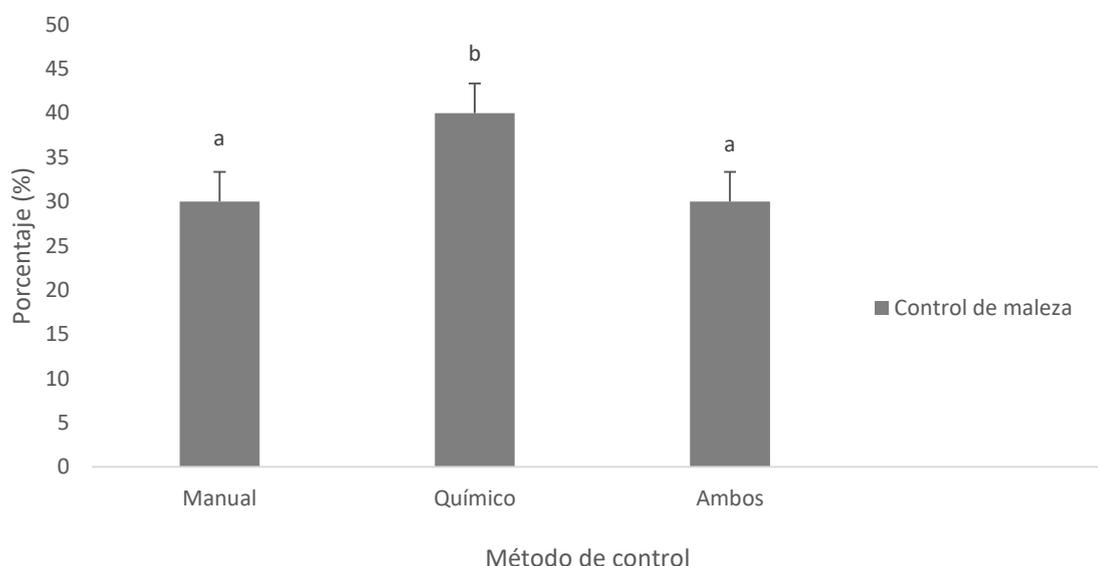
RESULTADOS

3.1 Manejo sanitario utilizadas para el control de *M. royeri* y *M. pernicioso* en plantaciones de cacao CCN-51

3.1.1 ¿Cuáles son los métodos de control de malezas utilizados en plantaciones de cacao CCN-51?

Gráfico N° 1: Método de control de malezas en plantaciones de cacao CCN-51

De acuerdo con la primera pregunta de la encuesta realizada a los productores de cacao CCN-51 se obtuvieron los siguientes resultados:

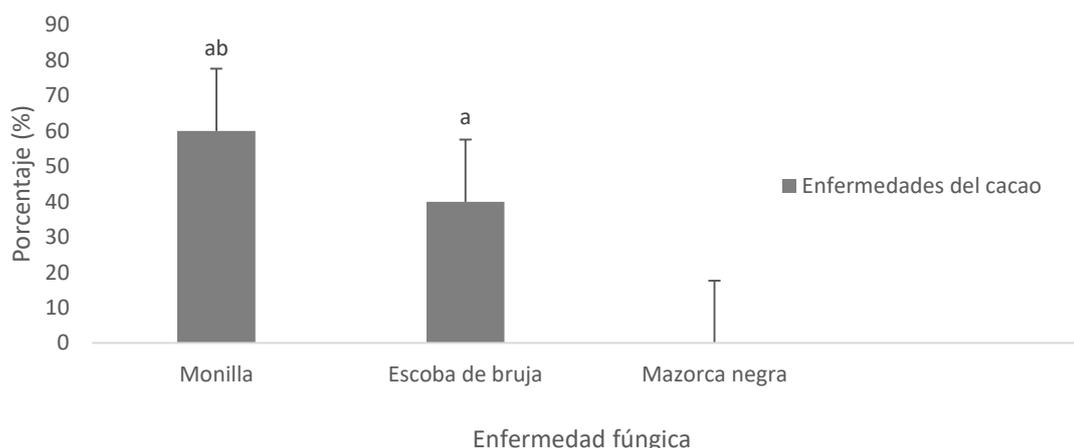


El 40% (42 agr.) de los productores de cacao CCN-51 emplean métodos químicos para el control de malezas en las plantaciones, mientras que el 30% (31 agr.) usan técnicas manuales, y el 30% (31 agr.) restante hace uso de métodos combinados de control (químico-manual).

3.1.2 ¿Cuáles son las enfermedades fúngicas que atacan al cacao CCN-51?

Gráfico N° 2: Enfermedades fúngicas que atacan el cacao CCN-51

Producto de la segunda pregunta de la encuesta aplicada a los productores de cacao CCN-51 se obtuvieron los siguientes resultados:

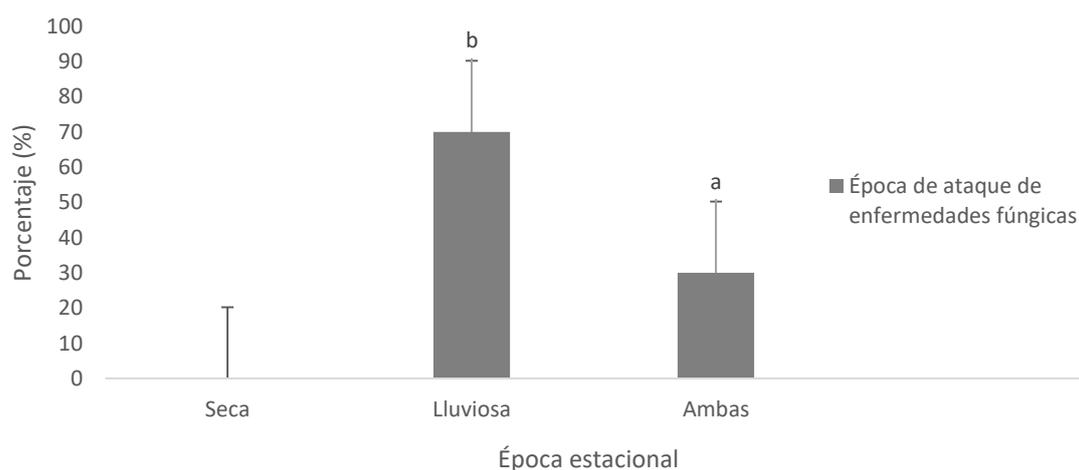


El 60% (62 agr.) de los productores de cacao CCN-51 indican que sus plantaciones han sido afectadas por la presencia de la enfermedad Monilla, mientras que el 40% (42 agr.) expresan que sus cultivos son atacados frecuentemente por Escoba de bruja.

3.1.3 ¿En qué época se evidencia mayor ataque de las enfermedades fúngicas al cacao CCN-51?

Gráfico N° 3: Época de ataque de enfermedades fúngicas que atacan el cacao CCN-51

De la tercera pregunta de la encuesta realizada a los productores de cacao CCN-51 se obtuvieron los siguientes resultados:

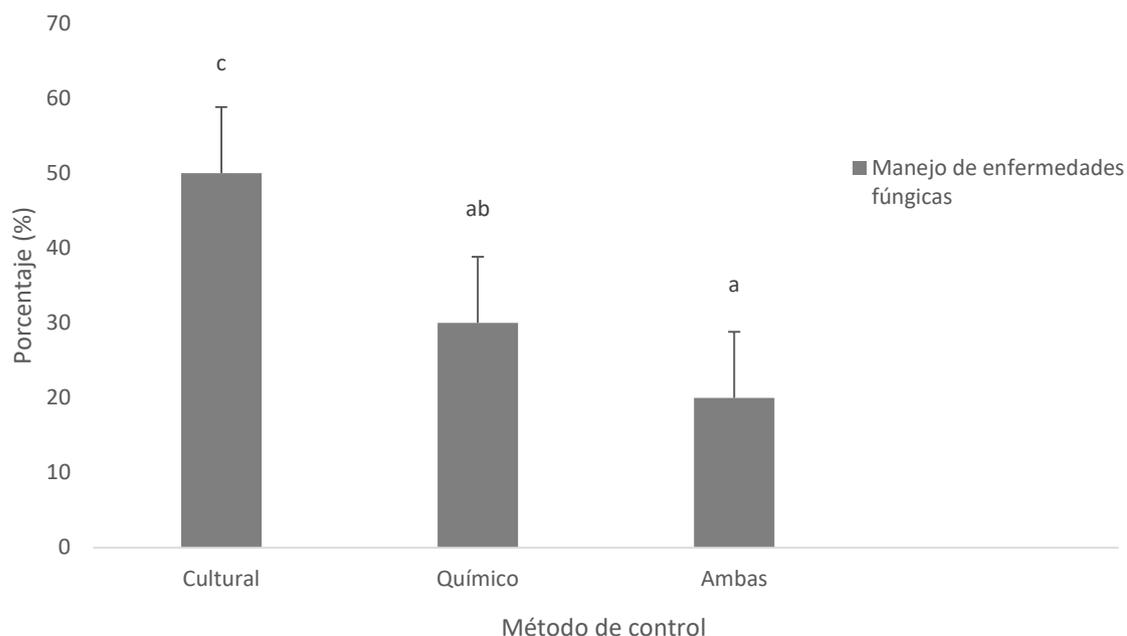


El 70% (73 agr.) de los productores cacaoteros entrevistados expresan que el ataque de las enfermedades fúngicas del cacao se da en la época de lluvias, a diferencia del 30% (31 agr.) que indican que estas enfermedades suelen atacar en época seca y lluviosa a la vez.

3.1.4 ¿Qué tipo de manejo se aplica a las enfermedades fúngicas del cacao CCN-51?

Gráfico N° 4: Manejo de enfermedades fúngicas del cacao CCN-51

Según la cuarta pregunta de la encuesta aplicada a los productores de cacao CCN-51 se obtuvieron los siguientes resultados:

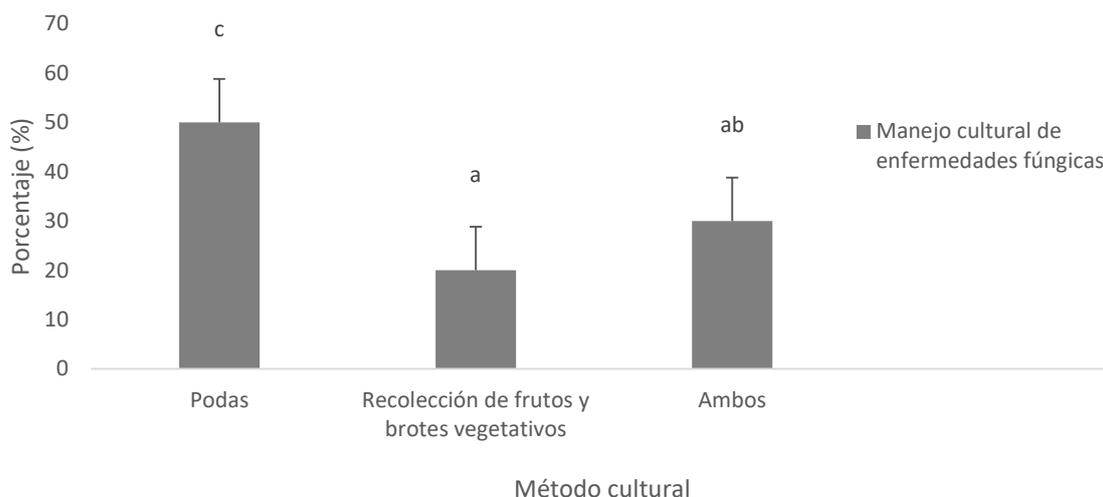


El 50% (52 agr.) de los productores de cacao realizan el manejo de las enfermedades fúngicas a través del uso de técnicas culturales, el 30% (31 agr.) emplea métodos químicos de manejo, y el 20% (21 agr.) restante emplea ambos métodos de erradicación (químico-cultural).

3.1.5 ¿Cuál es el método cultural más utilizado en el control de enfermedades fúngicas del cacao CCN-51?

Gráfico N° 5: Métodos culturales para control de enfermedades fúngicas del cacao CCN-51

De acuerdo con la quinta pregunta de la encuesta realizada a los productores de cacao CCN-51 se obtuvieron los siguientes resultados:

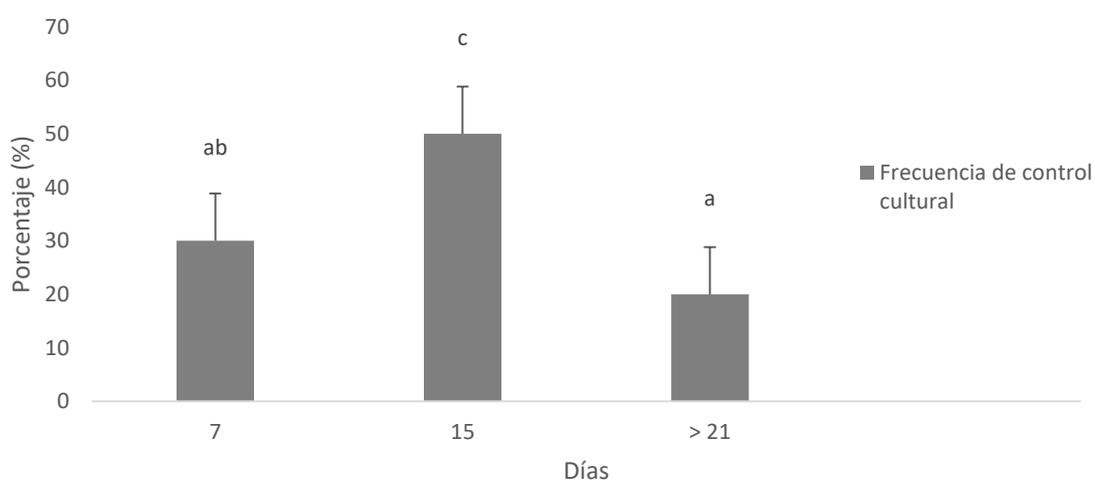


El 50% (52 agr.) de los productores cacaoteros emplean el método de las podas para el control de las enfermedades fúngicas del cacao, el 20% (21 agr.) hace uso de la recolección de frutos y brotes vegetativos enfermos, y el 30% (31 agr.) utiliza la combinación de ambos métodos.

3.1.6 ¿Cuál es la frecuencia de control cultural para las enfermedades fúngicas del cacao CCN-51?

Gráfico N° 6: Frecuencia de control cultural para enfermedades fúngicas del cacao CCN-51

De acuerdo con la sexta pregunta de la encuesta aplicada a los productores de cacao CCN-51 se obtuvieron los siguientes resultados:

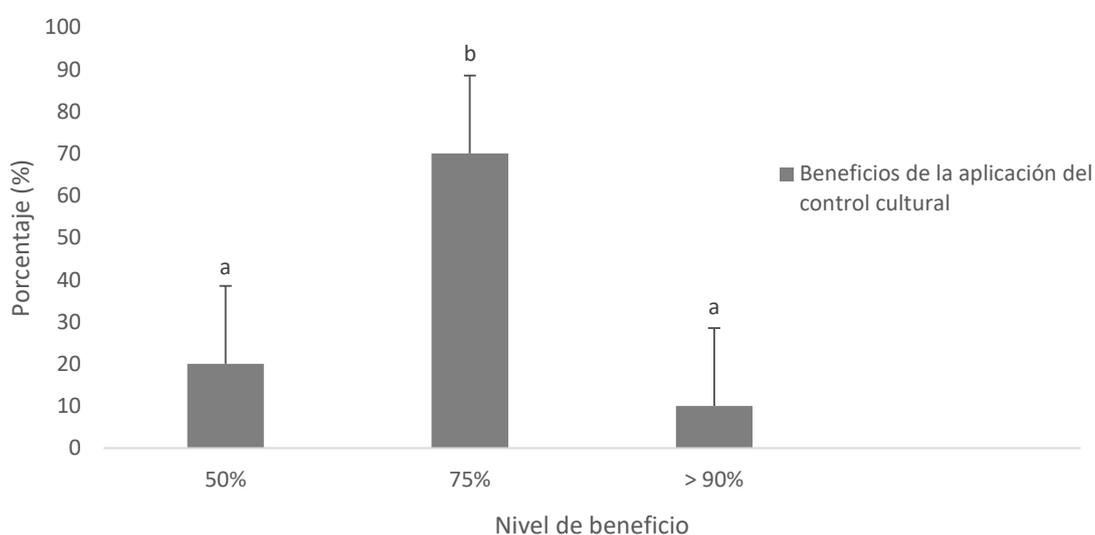


El 50% de los productores de cacao CCN-51 efectúan labores de control cultural cada 15 días, el 30% llevan a cabo este control cada 7 días y el 20% lo hacen a partir de los 21 días en adelante.

3.1.7 ¿Cuál es el porcentaje de beneficio producido por la aplicación de control cultural de las enfermedades del cacao CCN-51?

Gráfico N° 7: Nivel de beneficio de la aplicación del control cultural de enfermedades

Según la séptima pregunta de la encuesta realizada a los productores de cacao CCN-51 se obtuvieron los siguientes resultados:

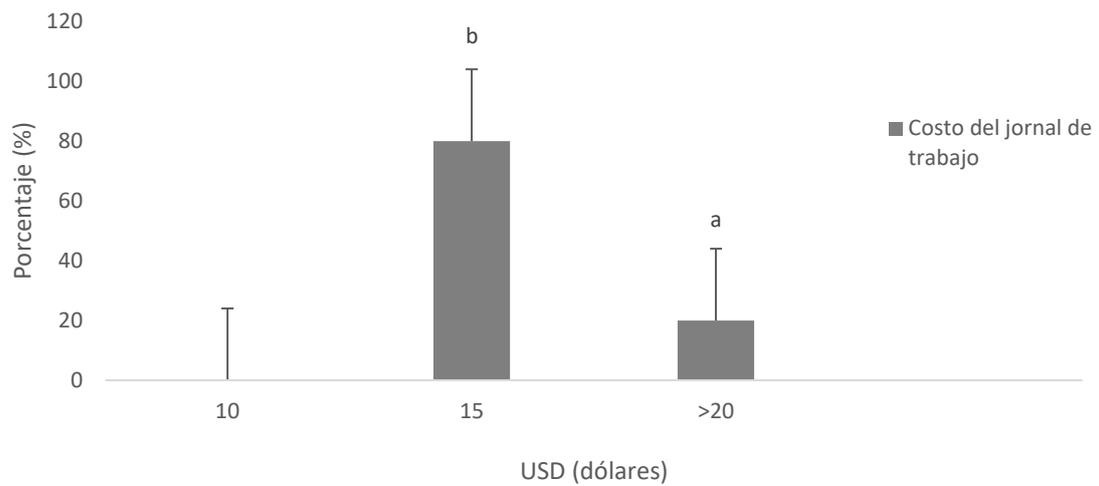


El 70% (73 agr.) de los productores de cacao CCN-51 evidencian beneficios de hasta un 75% en sus plantaciones como producto de la aplicación de control cultural, el 20% (21 agr.) ostentan beneficios de hasta el 50% y el 10% (10 agr.) evidencian ganancias superiores al > 90%.

3.1.8 ¿Cuál es el costo del jornal de trabajo por control cultural?

Gráfico N° 8: Costo del jornal de trabajo por concepto de control cultural

De acuerdo con la octava pregunta de la encuesta realizada a los productores de cacao CCN-51 se obtuvieron los siguientes resultados:



El 80% (83 agr.) de los productores de cacao CCN-51 pagan quince dólares (15 USD) por las labores de control cultural, seguido del 20% (21 agr.) que gastan más de veinte dólares (>20 USD) en las labores de manejo cultural.

3.2 Tratamiento para el control cultural de *M. royeri* y *M. pernicioso* en plantíos de cacao CCN-51

3.2.1 Incidencia de *M. royeri* y *M. pernicioso*

La interacción entre el factor A (Poda) y B (Recolección) mostraron la inexistencia de diferencias estadísticas significativas ($p > 0,05$) entre los tratamientos; del mismo modo se observó en la relación testigo vs factorial. Por otro lado, el factor A y B de forma independiente si mostró diferencias estadísticas significativas ($p < 0,05$). Además, se demostró que la aplicación del factor A (Poda) redujo el porcentaje de la incidencia de *M. royeri*.

Tabla Nº 8. Análisis de varianza de la incidencia de *M. royeri*

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	p-valor
Total	27	4073,45			
Factor A (Poda)	1	971,55	971,55	34,07	1,6E-05
Factor B (Recolección)	2	2285,49	1142,75	40,07	2,3E07
Interacción AB	2	180,19	90,10	3,16	0,067
Testigo vs factorial	1	16,91	16,91	0,59	0,451
Bloques	3	105,96	35,32	1,24	0,325
Error experimental	18	513,34	28,52		

Los valores de la incidencia de *M. royeri* son estadísticamente distintos para los tratamientos T6 (sin poda y recolección) y T1 (poda y recolección de frutos y brotes enfermos a los 7 días), de mismo modo se observó que el T1 fue más efectivo en comparación con el T6 respecto a la disminución de la incidencia de *M. royeri*. Por otro parte, se evidenció que el valor de la incidencia para el resto de los tratamientos evaluados se asemeja entre sí.

Tabla Nº 9. Test de Tukey con nivel de significancia del 0.05 para la incidencia de *M. royeri*

T	Factor A (Poda)	Factor B (Recolección de brotes y mazorcas enfermas)	Medias	n	E.E.	Sig.
1	a1: Poda	b1: rec_7 días	26,25	4	2,67	C
2	a1: Poda	b2: rec_15 días	44,83	4	2,67	B
3	a1: Poda	b3: sin rec.	55,35	4	2,67	AB
4	a2: Sin poda	b1: rec_7 días	46,63	4	2,67	B
5	a2: Sin poda	b2: rec_15 días	52,65	4	2,67	B
6	a2: Sin poda	b3: sin rec.	65,33	4	2,67	A
7	Testigo		50,73	4	2,67	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p < 0,05$)

No existen diferencias estadísticas significativas ($p > 0,05$) en la interacción de los factores A (Poda) y B (Recolección), así como en la relación testigo vs factorial. En tanto que para el factor A y B de manera independiente tampoco se observó diferencias estadísticas; sin embargo, se evidencia que la poda (factor A) fue el mejor tratamiento para el control de la incidencia de *M. perniciosa*.

Tabla N° 10. Análisis de varianza de la incidencia de *M. perniciosa*

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	p-valor
Total	27	729,65			
Factor A (Poda)	1	58,91	58,91	2,65	0,121
Factor B (Recolección)	2	142,83	71,42	3,21	0,064
Interacción AB	2	88,28	44,14	1,98	0,167
Testigo vs factorial	1	0,0021	0,00	0,00	0,992
Bloques	3	39,01	13,00	0,58	0,633
Error experimental	18	400,62	22,26		

Los datos de la incidencia de *M. perniciosa* son estadísticamente distintos para los tratamientos T6 (sin poda y recolección) y T1 (poda y recolección de frutos y brotes enfermos a los 7 días); asimismo, se evidenció que el T1 fue más efectivo en la disminución de la incidencia de *M. perniciosa*, respecto al resto de los tratamientos. Además, se observó que los valores de la incidencia para el resto de los tratamientos evaluados se igualan entre sí, al mismo tiempo que comparten alguna característica estadística con los tratamientos T1 y T6.

Tabla 11. Test de Tukey con nivel de significancia del 0.05 para la incidencia de *M. perniciosa*

T	Factor A (Poda)	Factor B (Recolección de brotes y mazorcas enfermas)	Medias	n	E.E.	Sig.
1	a1: Poda	b1: rec_7 días	8,28	4	2,36	B
2	a1: Poda	b2: rec_15 días	14,73	4	2,36	AB
3	a1: Poda	b3: sin rec.	11,38	4	2,36	AB
4	a2: Sin poda	b1: rec_7 días	11,05	4	2,36	AB
5	a2: Sin poda	b2: rec_15 días	13,35	4	2,36	AB
6	a2: Sin poda	b3: sin rec.	19,38	4	2,36	A
7	Testigo		13,00	4	2,36	AB

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p < 0,05$)

3.2.2 Severidad de *M. royeri* y *M. pernicioso*

En la interacción de los factores A (Poda) y B (Recolección) se evidenció diferencias estadísticas significativas ($p < 0,05$), del mismo modo en la relación testigo vs factorial; asimismo se observó diferencias estadísticas significativas en los factores A y B de forma independiente, de los cuales el factor A (Poda) mostró mejores resultados en cuanto al control de la severidad de *M. royeri*.

Tabla N° 12. Análisis de varianza de la severidad de *M. royeri*

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	p-valor
Total	27	10258,22			
Factor A (Poda)	1	384,8	384,80	36,31	1,1E-05
Factor B (Recolección)	2	8636,86	4318,43	407,46	1,0E-15
Interacción AB	2	244,56	122,28	11,54	0,001
Testigo vs factorial	1	744,66	744,66	70,26	1,3E-07
Bloques	3	56,57	18,86	1,78	0,187
Error experimental	18	190,77	10,60		

La severidad de *M. royeri* se comportó estadísticamente diferente para los tratamientos T6, T4 y T1, a diferencia del resto de tratamientos, que si mostraron alguna similitud estadística. De este modo se comprobó que el tratamiento T1 (poda y recolección de frutos y brotes enfermos a los 7 días) y T4 (sin poda y recolección de frutos y brotes enfermos a los 7 días) obtuvieron los resultados más favorables en cuanto a la severidad de *M. royeri*.

Tabla N° 13. Test de Tukey con nivel de significancia del 0.05 para la severidad de *M. royeri*

T	Factor A (Poda)	Factor B (Recolección de brotes y mazorcas enfermas)	Medias	n	E.E.	Sig.
1	a1: Poda	b1: rec_7 días	32,90	4	1,63	E
2	a1: Poda	b2: rec_15 días	62,95	4	1,63	C
3	a1: Poda	b3: sin rec.	80,88	4	1,63	B
4	a2: Sin poda	b1: rec_7 días	46,85	4	1,63	D
5	a2: Sin poda	b2: rec_15 días	62,10	4	1,63	C
6	a2: Sin poda	b3: sin rec.	91,80	4	1,63	A
7	Testigo		77,65	4	1,63	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p < 0,05$)

No se observó diferencias estadísticas significativas ($p > 0,05$) en la interacción de los factores A (Poda) y B (Recolección), a diferencia de la relación testigo vs factorial en donde sí se evidenció diferencias estadísticas significativas ($p < 0,05$). Además, de forma independiente los factores A y B si mostraron diferencias estadísticas significativas, con una mayor efectividad en el factor poda.

Tabla N° 14. Análisis de varianza de la severidad de *M. pernicioso*

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	p-valor
Total	27	871,26			
Factor A (Poda)	1	248,97	248,97	86,05	2,8E-08
Factor B (Recolección)	2	466,53	233,27	80,62	1,0E-09
Interacción AB	2	9,24	4,62	1,60	0,230
Testigo vs factorial	1	48,75	48,75	16,85	0,001
Bloques	3	45,69	15,23	5,26	0,009
Error experimental	18	52,08	2,89		

Los valores medios de la severidad de *M. pernicioso* fueron estadísticamente diferentes para el tratamiento T6, mientras que para el resto de los tratamientos se observó similitudes compartidas. Asimismo, se evidenció que el tratamiento T1 (poda y recolección de frutos y brotes enfermos a los 7 días) es estadísticamente más efectivo que el resto de tratamientos en cuanto a la severidad de *M. pernicioso*.

Tabla N° 15. Test de Tukey con nivel de significancia del 0.05 para la severidad de *M. pernicioso*

T	Factor A (Poda)	Factor B (Recolección de brotes y mazorcas enfermas)	Medias	n	E.E.	Sig.
1	a1: Poda	b1: rec_7 días	34,08	4	0,85	D
2	a1: Poda	b2: rec_15 días	35,50	4	0,85	CD
3	a1: Poda	b3: sin rec.	43,53	4	0,85	B
4	a2: Sin poda	b1: rec_7 días	38,85	4	0,85	C
5	a2: Sin poda	b2: rec_15 días	43,25	4	0,85	B
6	a2: Sin poda	b3: sin rec.	50,33	4	0,85	A
7	Testigo		37,15	4	0,85	CD

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p < 0,05$)

3.2.3 Rendimiento productivo (kg/ha)

La interacción de los factores AB no evidenció diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0,05$); mientras que en la relación testigo vs factorial se observaron diferencias estadísticas ($p < 0,05$); del mismo modo que también se demostró diferencias estadísticas significativas en los factores A (Poda) y B (Recolección), siendo el factor poda el de mayor efectividad en el rendimiento productivo de las almendras.

Tabla N° 16. Análisis de varianza del rendimiento productivo.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	p-valor
Total	27	923788,34			
Factor A (Poda)	1	139110,07	139110,07	30,59	3,0E-05
Factor B (Recolección)	2	638301,55	319150,78	70,17	3,2E-09
Interacción AB	2	32445,91	16222,96	3,57	0,050
Testigo vs factorial	1	22157,38	22157,38	4,87	0,041
Bloques	3	9907	3302,33	0,73	0,550
Error experimental	18	81866,42	4548,13		

El promedio del rendimiento productivo del cacao expresado en kg/ha^{-1} fue estadísticamente distinto para el tratamiento T1 (poda y recolección de frutos y brotes enfermos a los 7 días), siendo así, el tratamiento con mayor rendimiento, respecto al resto de los tratamientos evaluados.

Tabla N° 17. Test de Tukey con nivel de significancia del 0.05 para rendimiento.

T	Factor A (Poda)	Factor B (Recolección de brotes y mazorcas enfermas)	Medias (kg/ha)	n	E.E.	Sig.
1	a1: Poda	b1: rec_7 días	899,24	4	33,72	D
2	a1: Poda	b2: rec_15 días	520,86	4	33,72	BC
3	a1: Poda	b3: sin rec.	445,19	4	33,72	AB
4	a2: Sin poda	b1: rec_7 días	643,30	4	33,72	C
5	a2: Sin poda	b2: rec_15 días	427,46	4	33,72	AB
6	a2: Sin poda	b3: sin rec.	337,74	4	33,72	A
7	Testigo		465,24	4	33,72	AB

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p < 0,05$)

3.3 Tratamiento de mayor utilidad económica mediante la relación beneficio/costo.

El análisis beneficio/costo muestra que el tratamiento T1: poda y recolección de mazorcas y brotes vegetativos enfermos a los 7 días obtuvo el valor más representativo de R B/C con un promedio de 1.41, lo cual indica que por cada 1.00 USD invertido en el tratamiento se obtendrán 0.41 USD de rédito económico, convirtiéndose así en el tratamiento de mayor viabilidad económica, y por ende el más recomendado en el control de *M. rozeri* y *M. pernicioso*. Por otro lado, también se observa que los tratamientos T4 y T5 mostraron valores de R B/C en torno a 1.30 y 1.29 en orden, lo que deja entrever una rentabilidad positiva y aceptable de estos tratamientos en la erradicación de las enfermedades (tabla 18) (anexo 11).

Tabla Nº 18. Relación beneficio/costo de los tratamientos evaluados

Variable	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
Beneficios (USD)	1420,35	887,40	752,25	969,00	788,80	555,90	752,25
Costos variables (USD)	1007,30	720,30	666,60	744,00	612,00	550,00	628,00
Relación B/C	1,41	1,23	1,13	1,30	1,29	1,01	1,20

Nota. Los valores de costos y beneficios están expresados en dólares por hectárea de cultivo al año.

Los beneficios se refieren al valor de mercado del producto (85 USD) obtenido por cada hectárea cultivada.

Los costos variables se refieren al valor de los jornales de trabajo por concepto de labores de poda y recolección de frutos, así como los costos de insumos agrícolas.

CAPITULO 4

DISCUSIÓN

El 70% de los productores cacaoteros entrevistados expresaron que el ataque de las enfermedades fúngicas: *M. royeri* y *M. perniciosa* es más recurrente en la época de lluvias, lo cual concuerda con Másmela (2019), quién reportó que en regiones con 1000-1200 mm/año de precipitación durante los tres meses más calientes del año, las probabilidades de ocurrencia de *M. royeri* son mayores, lo que a su vez está relacionado con el tiempo en el que inicia su nuevo ciclo de infección secundaria; por su parte Evans (2016) menciona que las lluvias pueden ser un factor determinante en la aparición de *M. perniciosa*, debido a que la formación de basidiocarpos y la liberación de basidiosporas puede ser inducida por condiciones de humedad y los efectos mecánicos de las gotas de agua respectivamente.

Las podas sanitarias (50%) y la recolección de brotes vegetativos y frutos enfermos (20%) son los métodos culturales más frecuentes en el control de *M. royeri* y *M. perniciosa* por parte de productores de cacao del cantón La Troncal. Esto concuerda con Villamil et al (2016), quién indica que el manejo cultural a base de poda y recolección pueden disminuir significativamente la presencia de estas infecciones en plantaciones de cacao. Por su parte, Anzules et al (2019) reportaron una disminución del 40% en la incidencia de *M. royeri*, luego de realizar podas y raleos fitosanitarios.

El 60% de las plantaciones de cacao CCN-51 se ven afectadas por la presencia de *M. royeri*, mientras que el 40% son atacadas por *M. perniciosa*, con una disminución significativa en el número de mazorcas. Esto coincide con lo reportado por Anzules et al (2019), quien evidenció que el 43,2% de los productores de cacao reportan el ataque de más de una enfermedad fúngica disminuyendo hasta en un 50% la producción de mazorcas sanas.

La combinación del factor A (Poda) y B (Recolección) no muestra diferencias estadísticas significativas ($p > 0,05$) en el control de la incidencia de *M. royeri*; del mismo modo que la relación testigo vs factorial. Mientras que los factores A y B por

separado si mostraron diferencias estadísticas significativas ($p < 0,05$), de los cuales, el factor A (Poda) evidenció 26.25% de incidencia para ***M. royeri***, siendo así el más efectivo; del mismo modo Chamorro (2018) reportó un promedio de incidencia del 24.26% respecto al tratamiento conformado por remoción de frutos enfermos. En el caso de la severidad para ***M. royeri*** se observó que la combinación factor AB (Poda-Recolección) si evidenciaron diferencias estadísticas significativas ($p < 0,05$), al igual que en la relación testigo vs factorial; asimismo se detectaron diferencias estadísticas significativas para los factores A (Poda) y B (Recolección), de los cuales el factor A (Poda) mostró mejores resultados en cuanto al control de la severidad de ***M. royeri***, con un promedio del 32.90%; a diferencia de Chamorro (2018) que obtuvo un valor de severidad de 46.67% para el testigo sin protección.

La incidencia de ***M. perniciosa*** no mostró diferencias estadísticas significativas ($p > 0,05$) para la combinación de los factores AB (Poda-Recolección), del mismo modo que en la relación testigo vs factorial. Asimismo, en los factores A (Poda) y B (Recolección) de forma independiente tampoco se observó diferencias estadísticas; no obstante, se observó mejores resultados en el control de la incidencia de ***M. perniciosa*** para el factor A (Poda), con un promedio de 8.28%. Por otra parte, no se observó diferencias estadísticas significativas ($p > 0,05$) durante la combinación de factor AB (Poda-Recolección), a diferencia de la relación testigo vs factorial en donde sí se evidenció diferencias estadísticas ($p < 0,05$). También se identificaron diferencias estadísticas significativas para los factores A (Poda) y B (Recolección) por separado, de los cuales el factor A fue el más efectivo en el control de severidad de ***M. perniciosa*** con un promedio de 34.08%. Lo antes expuesto concuerda con Hernández (2016), que observó diferencias significativas entre tratamientos de control cultural respecto a la incidencia y severidad de ***M. perniciosa***, obteniendo así, valores promedio de 12.5% y 22.5% respectivamente.

El mayor rendimiento productivo de ***T. cacao*** se obtuvo con la aplicación del tratamiento T1 con un promedio de 1.67 t/ha, seguido por los tratamientos T2 y T4 que también reportaron un rendimiento de 1.04 t/ha y 1.14 t/ha en orden; mientras que el resto de tratamientos evaluados mostraron un rendimiento promedio por debajo de 1.0 t/ha, siendo uno de ellos el tratamiento T7 biológico (***T. harzianum***), que mostró un resultado de 0.98 t/ha. En cambio, Chamorro (2018) obtuvo

rendimientos de 2.02 t/ha para tratamientos a base Azoxystrobin + ciproconazole + remoción de frutos, seguido por el uso de fitosanitario + remoción de frutos con rendimientos dentro del rango de 1.83-1.90 t/ha, a diferencia del tratamiento a base de ***B. subtilis*** y ***Trichoderma*** sp combinados con remoción de frutos, los cuales obtuvieron rendimientos de 1.19 t/ha y 1.18 t/ha respectivamente.

En cuanto a la relación beneficio costo se determinó que el tratamiento T1 (poda + recolección de frutos y brotes cada 7 días) es el más viable para su implementación en campo, debido a que arrojó un resultado de R B/C de 1.41, de modo que por cada 1.0 USD invertido en la aplicación de este tratamiento, se obtendrán 0.41 USD de rédito económico, lo cual indica que es el tratamiento más idóneo para el control de ***M. roleri*** y ***M. perniciosa***, dado que ostenta los mejores resultados de rendimiento productivo para el cultivo. Esto difiere mucho con los valores de R B/C reportados por Chamorro (2018), los cuales van hasta 2.33 para tratamientos con combinación de control fitosanitario + remoción de frutos.

CAPITULO 5

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

Según comentarios de los productores de cacao CCN-51 del cantón La Troncal el ataque de *M. royeri* y *M. pernicioso* es más recurrente durante la época de lluvias, dado que estas infecciones se hacen más fuertes antes condiciones de humedad prolongadas, y cuyos efectos en las plantaciones se hacen evidentes a través de una reducción significativa en el número de mazorcas. También mencionaron que las podas sanitarias y la recolección de frutos enfermos son los métodos culturales más utilizados en el control de estas infecciones.

Luego de la evaluación de los tratamientos se comprobó que el T1 – Poda y recolección de mazorcas enfermas y brotes vegetativos enfermos a los 7 días, mostró mejores resultados en el control cultural de *M. royeri* y *M. pernicioso*, dado que redujeron significativamente los niveles de severidad e incidencia de ambas infecciones en las cuatro repeticiones ensayadas.

Se determinó que los tratamientos a base de poda y recolección de mazorcas enfermas y brotes vegetativos mostraron una mejor relación beneficio/costo (R B/C), debido a que los beneficios de rendimiento y producción son mayores que los gastos derivados de su aplicación; siendo así el tratamiento T1 el que reportó una mayor R B/C, con un valor de 1.71

5.2 Recomendaciones

Realizar actividades de monitoreos en campo que permitan determinar las zonas más susceptibles a este tipo de infecciones, y establecer planes pilotos de intervención en esas áreas, tomando en cuenta las épocas estacionales con mayor repunte de las infecciones.

Establecer un programa fitosanitario que incluya al menos dos podas de mantenimiento a inicio y fin de la época de estiaje, inspección y remoción de frutos y tejidos enfermos, y control de la altura de las plantas hasta un máximo de 3.5 m, a fin de reducir el rango de propagación de esporas hacia zonas del cultivo sin afectación.

Generar conocimiento con bases científicas y tecnológicas entre los pequeños y medianos productores de cacao, y promover futuras investigaciones, que les permita maximizar el rendimiento de la producción y la prevención de enfermedades letales como *M. royeri* y *M. perniciosa*, dentro de un marco de sostenibilidad y cuidado medioambiental.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Aguirre-Cobos, G. Xamara (2019). *Caracterización molecular de Moniliophthora roreri causante de la vaina helada (moniliasis) en el cacao en tres provincias del Ecuador: Los Ríos, Manabí y Santo Domingo de los Tsáchilas*. [Tesis de Magíster en Microbiología]. Universidad San Francisco de Quito (USFQ)
- Almeida, D., Gramacho, K. P., Cardoso, T., Micheli, F., Alvim, F. C., & Pirovani, C. P. (2017). El filoplano del cacao: El primer campo de batalla contra la *Moniliophthora perniciosa*, causante de la enfermedad de la escoba de bruja. *Fitopatología*, 107(7), 864–871. <https://doi.org/10.1094/PHYTO-06-16-0226-R>
- Andrade-Almeida, J.; Rivera-García, J.; Chire-Fajardo, GC.; Ureña-Peralta, MO. (2019). Propiedades físicas y químicas de cultivares de cacao *Theobroma cacao L.* de Ecuador y Perú. *Enfoque UTE*, 10(4), 1-12
- Anzules Toala, V. Vidale (2019). *Sustentabilidad de sistemas de producción de cacao, (Theobroma cacao L.) en Santo Domingo de Los Tsáchilas, Ecuador* [Tesis Doctoral en Agricultura Sustentable]. Universidad Nacional Agraria “La Molina”
- Anzules-Toala, Vicente, Borjas-Ventura, Ricardo, Alvarado-Huamán, Leonel, Castro-Cepero, Viviana, & Julca-Otiniano, Alberto. (2019). Control cultural, biológico y químico de *Moniliophthora roreri* y *Phytophthora* spp en *Theobroma cacao* ‘CCN-51’. *Scientia Agropecuaria*, 10(4), 511-520. <https://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2019.04.08>
- Bailey, B. A., Evans, H. C., Phillips-Mora, W., Ali, S. S., & Meinhardt, L. W. (2018). *Moniliophthora roreri*, agente causal de la podredumbre de la vaina del cacao. *Patología vegetal molecular*, 19(7), 1580–1594. <https://doi.org/10.1111/mpp.12648>
- Barbosa, C. S., Fonseca, R., Batista, T. M., Barreto, M. A., Argolo, C. S., Carvalho, M. R., Amaral, D., Silva, E., Arévalo-Gardini, E., Hidalgo, K. S., Franco, G. R., Pirovani, C. P., Micheli, F., & Gramacho, K. P. (2018).

Secuencia del genoma y efectoroma de las subpoblaciones de *Moniliophthora perniciosa* y *Moniliophthora roreri*. *BMC genomics*, 19(1), 509. <https://doi.org/10.1186/s12864-018-4875-7>

Chamorro-Oña, M. Darío (2018). *Evaluación de programas fitosanitarios junto a una práctica cultural para el control de Moniliophthora roreri en cacao (Theobroma cacao)* [Tesis de Ingeniería Agronómica]. Universidad Central del Ecuador

Costa, J.L., Paschoal, D., da Silva, E.M., Silva, J.S., do Carmo, R.M., Carrera, E., López-Díaz, I., Rossi, M.L., Freschi, L., Mieczkowski, P., Peres, L.E.P., Teixeira, P.J.P.L. and Figueira, A. (2021), *Moniliophthora perniciosa*, the causal agent of witches' broom disease of cacao, interferes with cytokinin metabolism during infection of Micro-Tom tomato and promotes symptom development. *New Phytol*, 231, 365-381. <https://doi.org/10.1111/nph.17386>

David-Palma M, Sampaio JP, Gonçalves P (2016) Genetic Dissection of Sexual Reproduction in a Primary Homothallic Basidiomycete. *PLoS Genet* 12(6): e1006110. <https://doi.org/10.1371/journal.pgen.1006110>

Delgado-Ospina, J., Molina-Hernández, J. B., Chaves-López, C., Romanazzi, G., & Paparella, A. (2021). The Role of Fungi in the Cocoa Production Chain and the Challenge of Climate Change. *Journal of fungi* (Basel, Switzerland), 7(3), 202. <https://doi.org/10.3390/jof7030202>

Díaz-Valderrama, J. R., & Aime, M. C. (2016). The cacao pathogen *Moniliophthora roreri* (Marasmiaceae) possesses biallelic A and B mating loci but reproduces clonally. *Heredity*, 116(6), 491–501. <https://doi.org/10.1038/hdy.2016.5>

Díaz-Valderrama, Jorge R.; Aime, M. Catherine (2016). The cacao pathogen *Moniliophthora roreri* (Marasmiaceae) produces rhexolytic thallic conidia and their size is influenced by nuclear condition. *Department of Botany and Plant Pathology, Purdue University*.

Dos Santos, E. C., Pirovani, C. P., Correa, S. C., Micheli, F., & Gramacho, K. P. (2020). El patógeno *Moniliophthora perniciosa* promueve la modulación

proteómica diferencial de genotipos de cacao con resistencia contrastada a la enfermedad de la escoba de bruja. *BMC plant biology*, 20(1), 1-21.

<https://doi.org/10.1186/s12870-019-2170-7>

Drenth, André; Guest, David. (2016). Fungal and Oomycete Diseases of Tropical Tree Fruit Crops. *Annu. Rev. Phytopathol*, (4)54, 373-95.

<https://doi.org/10.1146/annurev-phyto-080615-095944>

Eckberg, Kara (2017). Prevalencia de *Moniliophthora roreri* en *Theobroma cacao* en relación con la variedad de clones, la composición de la comunidad composición de la comunidad, factores ambientales en una finca de cacao orgánico en Charagre, Bocas del Toro, Panamá: Un caso de estudio.

Independent Study Project (ISP) Collection. 2731. (ISP) Collection. 2731.

https://digitalcollections.sit.edu/isp_collection/2731

Evans, H.C. (2016a). Frosty Pod Rot (*Moniliophthora roreri*). In: Cacao Diseases, Bailey, B.A. and L.W. Meinhardt (Eds.). *Springer International*, Switzerland, pp: 63-96.

Evans, H.C. (2016b). Witches' Broom disease (*Moniliophthora perniciosa*): History and biology. In: B. Bayley et al., editors, Cacao diseases: A history of old enemies and new encounters. *Springer International Publishing, Basel*,

CHE. 137-177. https://doi.org/10.1007/978-3-319-24789-2_5

González López, G. C., Quevedo Guerrero, J. N., & García Batista, R. M. (2018). Alternativas orgánicas para el control de Monilia (*Moniliophthora roreri*, Cif. Y Par) en el cultivo de cacao. *Revista científica Agroecosistemas*, 6(2), 56-

62. <http://aes.ucf.edu/cu/index.php/aes/index>

Hernández-Villegas¹, Juan. (2016). Incidencia de la escoba de bruja (*Crinipellis perniciosa*) sobre el rendimiento de dos agroecosistemas de cacao con diferentes condiciones de manejo. *Bioagro*, 28(1), 059-064.

López-Hernández, J.G.; López-Hernández, L.E.; Avendaño-Arrazate, C.H.; Aguirre-Medina, J.F.; Espinosa-Zagarozza, S.; Moreno-Martínez, J.L.; Mendoza-López, A; Suárez-Venero, G.M. (2018). Biología floral de cacao (*Theobroma cacao* L.); criollo, trinitario y forastero en México.

Magdiel Torres-de-la-Cruz, Isaí Quevedo-Damián, Carlos Fredy Ortiz-García, Luz del Carmen Lagúnez-Espinoza, Daniel Nieto-Angel, Manuel Pérez-de la Cruz. (2018). Control químico de *Moniliophthora roreri* en México. *Revista de Ciencias Biológicas y de la Salud*, 21(2), 55-61.

Marelli, J. P., Guest, D. I., Bailey, B. A., Evans, H. C., Brown, J. K., Junaid, M., Barreto, R. W., Lisboa, D. O., & Puig, A. S. (2019). El chocolate, amenazado por viejas y nuevas enfermedades del cacao. *Fitopatología*, 109(8), 1331–1343. <https://doi.org/10.1094/PHYTO-12-18-0477-RVW>

Mares, J. H., Gramacho, K. P., Dos Santos, E. C., Santiago, A., Silva, E. M., Alvim, F. C., & Pirovani, C. P. (2016). Protein profile and protein interaction network of *Moniliophthora perniciosa* basidiospores. *BMC microbiology*, 16(1), 120. <https://doi.org/10.1186/s12866-016-0753-0>

Mares, J. H., Gramacho, K. P., Santos, E. C., da Silva Santiago, A., Santana, J. O., de Sousa, A. O., Alvim, F. C., & Pirovani, C. P. (2017). Análisis proteómico durante la germinación de esporas de *Moniliophthora perniciosa*, el agente causal de la enfermedad de la escoba de bruja en el cacao. *BMC microbiology*, 17(1), 176. <https://doi.org/10.1186/s12866-017-1085-4>

Mariana D. Dorado Orea, Teresa Romero-Cortes, Pablo A. Lopez-Perez, Victor H. Perez España, Mario Ramirez-Lepe y Jaime A. Cuervo-Parra (2017). Estado actual de Cocoa Frosty Pod Podredumbre causada por *Moniliophthora roreri* y un análisis filogenético. *Revista de patología vegetal*, 16, 41-53. <https://doi.org/10.3923 / ppj.2017.41.53>

Mariana D. Dorado Orea, Teresa Romero-Cortes, Pablo A. Lopez-Perez, Victor H. Perez España, Mario Ramirez-Lepe y Jaime A. Cuervo-Parra (2017). Estado actual de la pudrición de las mazorcas heladas del cacao causada por *Moniliophthora roreri* y un análisis filogenético. *Revista de patología vegetal*, 16, 41-53. <https://doi.org/10.3923 / ppj.2017.41.53>

Másmela-Mendoza, J. (2019). Potential distribution and fundamental niche of

Moniliophthora spp in cocoa of America and Africa. *Agronomía Mesoamericana*, 30(3), 659-679. <https://doi.org/10.15517/am.v30i3.35038>

Meinhardt, L.W. and B.A. Bailey (2016). Moniliophthora roreri Genome and Transcriptome. In: Cacao Diseases, Bailey, B.A. and L.W. Meinhardt (Eds.). *Springer International*, Switzerland, pp: 97-135.

Murrieta Medina, Edgardo; Palma Moscoso, Hugo. (2018). Manejo integrado de la escoba de bruja en el cultivo de cacao. USAID/Alianza Cacao, Perú.

Paredes-Solis, M. Onofre (2016). *El manejo fitosanitario del cultivo de cacao nacional (Theobroma cacao L.) y el rendimiento del mismo, en la asociación Kallar*. [Trabajo de Titulación, Magister en Agroecología y Medio Ambiente]. UTA

Pérez Salinas, Marco. (2016). *El manejo fitosanitario del cultivo de cacao nacional (Theobroma cacao L.) y el rendimiento del mismo, en la Asociación Kallari*. [Tesis de Maestría en Agroecología y Ambiente]. Universidad Técnica de Ambato. <http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/22069>

Pérez-Martínez, Simón; Noceda, Carlos; Zambrano, Oskary; Parra, Dercy; Córdoba, Luis; Sosa, Daynet. (2017). Descripción de plagas en viveros de cacao en el cantón Milagro a partir de diferentes fuentes de información. *Revista Ciencia UNEMI*, 10(24), 19-38.

Pérez-Vicente, Luis. (2018). *Moniliophthora roreri* H.C. Evans et al., y *Moniliophthora perniciosa* (Stahel) Aime: impacto, síntomas, diagnóstico, epidemiología y manejo. *Revista Protección Vegetal*, 33(1), 1-13.

Pierre, S., Griffith, G. W., Morpew, R. M., Mur, L., & Scott, I. M. (2017). Proteomas saprotróficos de biotipos del patógeno de la escoba de bruja *Moniliophthora perniciosa*. *Biología fúngica*, 121(9), 743–753. <https://doi.org/10.1016/j.funbio.2017.05.004>

Ramírez, J. Guillermo. (2016). Pérdidas económicas asociadas a la pudrición de la mazorca del cacao causada por *Phytophthora* spp., y *Moniliophthora roreri* (Cif y Par) Evans et al., en la hacienda Theobroma, Colombia.

Serrano, Lizette et al. (2021) Biosurfactants synthesized by endophytic *Bacillus* strains as control of *Moniliophthora perniciosa* and *Moniliophthora roreri*. *Scientia Agricola*, 78(1), 1-11 <https://doi.org/10.1590/1678-992X-2020-0172>.

Solórzano Navarrete, A. Javier. (2013). *Incidencia de phytophthora sp., moniliophthora perniciosa, y moniliophthora roreri, en el fruto de cacao (Theobroma cacao) variedad trinitario, en el cantón Pichincha*. [Tesis de Ingeniería Agropecuaria]. Universidad Técnica Estatal de Quevedo. <http://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/548>

Tafur-Recalde, V. Leopoldo; Chamorro-Oña, M. Darío (2018). *Evaluación de programas fitosanitarios junto a una práctica cultural para el control de Moniliophthora roreri en cacao (Theobroma cacao)* [Tesis de Ingeniería Agronómica]. Universidad Central del Ecuador

Tirado-Gallego, P. Andrea; Lopera-Álvarez, Andrea; Ríos-Osorio, L. Alberto. (2016). Estrategias de control de *Moniliophthora roreri* y *Moniliophthora perniciosa* en *Theobroma cacao* L.: Revisión sistemática. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 17(3), 417-430. http://dx.doi.org/10.21930/rcta.vol17_num3_art:517

Torres-Palacios, C. y M. Ramírez-Lepe (2016). Expresión de enzimas hidrolíticas durante la interacción de *Moniliophthora roreri*, agente causal de la pudrición de la vaina por heladas y las vainas de *Theobroma cacao*. *Revista de Patología Vegetal*, 15, 49-56. <https://doi.org/10.3923/ppj.2016.49.56>

Vera, D.; Navarrete, J.; Pico, J.; Cañarte, E.; Mendoza, A.; Garcés, S. (2016). *Mejoramiento y homologación de los procesos y protocolos de investigación, validación y producción de servicios en cacao y café: Protocolo 4 Evaluación de enfermedades en campo*. INIAP/MAGAP. Estación Experimental Tropical Pichilingue. Programa Nacional Cacao y Café. Publicación Miscelánea No. 433

- Vera-Loor, M. Aracely; Bernal-Cabrera, Alexander; Leiva-Mora, Michel; Vera-Loor, A. Edison; Vera-Coello, Danilo; Peñaherrera-Villafuerte, Sofía; Solís-Hidalgo, Karina; Terrero-Yépez, Pedro; Jiménez-Guerrero, V. Eduardo. (2018). Microorganismos endófitos asociados a *Theobroma cacao* como agentes de control biológico de *Moniliophthora roreri*. *Centro Agrícola*, 45(3), 81-87
- Villamil C., J., Sierra A., L., Olarte L., Y., Mosquera E., A., Fajardo C., J., Pinzón, E. H., & Martínez O., J. (2016). Integration of agronomical and biological practices for the management of *Moniliophthora roreri* Cif & Par. *Revista De Ciencias Agrícolas*, 32(2), 13-25. <https://doi.org/10.22267/rcia.153202.9>
- Villavicencio-Vásquez M, Espinoza-Lozano RF, Pérez-Martínez S, Sosa del Castillo D. (2018). Foliar endophyte fungi as candidate for biocontrol against *Moniliophthora* spp of *Theobroma cacao* (*Malvaceae*) in Ecuador. *Acta biol. Colomb*, 23(3):235-241. <http://dx.doi.org/10.15446/abc.v23n3.69455>

7. ANEXOS

Anexo 1. Cuestionario de encuesta a aplicarse



MODELO DE ENCUESTA A REALIZAR

**Incidencia del manejo cultural de Monilla
(*Moniliophthora roreri*) y escoba de bruja (*Moniliophthora
perniciosa*) en cacao CCN-51 (*Theobroma cacao* L) en la
Provincia del Cañar**

Propietario: _____

Ubicación: _____

CULTIVO CACAO CCN-51

1. **¿Cuáles son los métodos de control de malezas utilizados en plantaciones de cacao CCN-51?**
 - Manual
 - Químico
 - Ambos

2. **¿Cuáles son las enfermedades fúngicas que atacan al cacao CCN-51?**
 - Monilla
 - Escoba de bruja
 - Mazorca negra

3. **¿En qué época se evidencia mayor ataque de las enfermedades fúngicas al cacao CCN-51?**
 - Época seca
 - Época lluviosa
 - Ambas épocas

4. ¿Qué tipo de manejo se aplica a las enfermedades fúngicas del cacao CCN-51?

- M. Cultural
- M. Químico
- Ambos

5. ¿Cuál es el método cultural más utilizado en el control de enfermedades fúngicas del cacao CCN-51?

- Podas
- Recolección de frutos y brotes vegetativos enfermos
- Ambos

6. ¿Cuál es la frecuencia de control cultural para las enfermedades fúngicas del cacao CCN-51?

- Cada 7 días
- Cada 15 días
- Cada 21 días o mas

7. ¿Cuál es el porcentaje de beneficio producido por la aplicación de control cultural de las enfermedades del cacao CCN-51?

- 50%
- 75%
- >90%

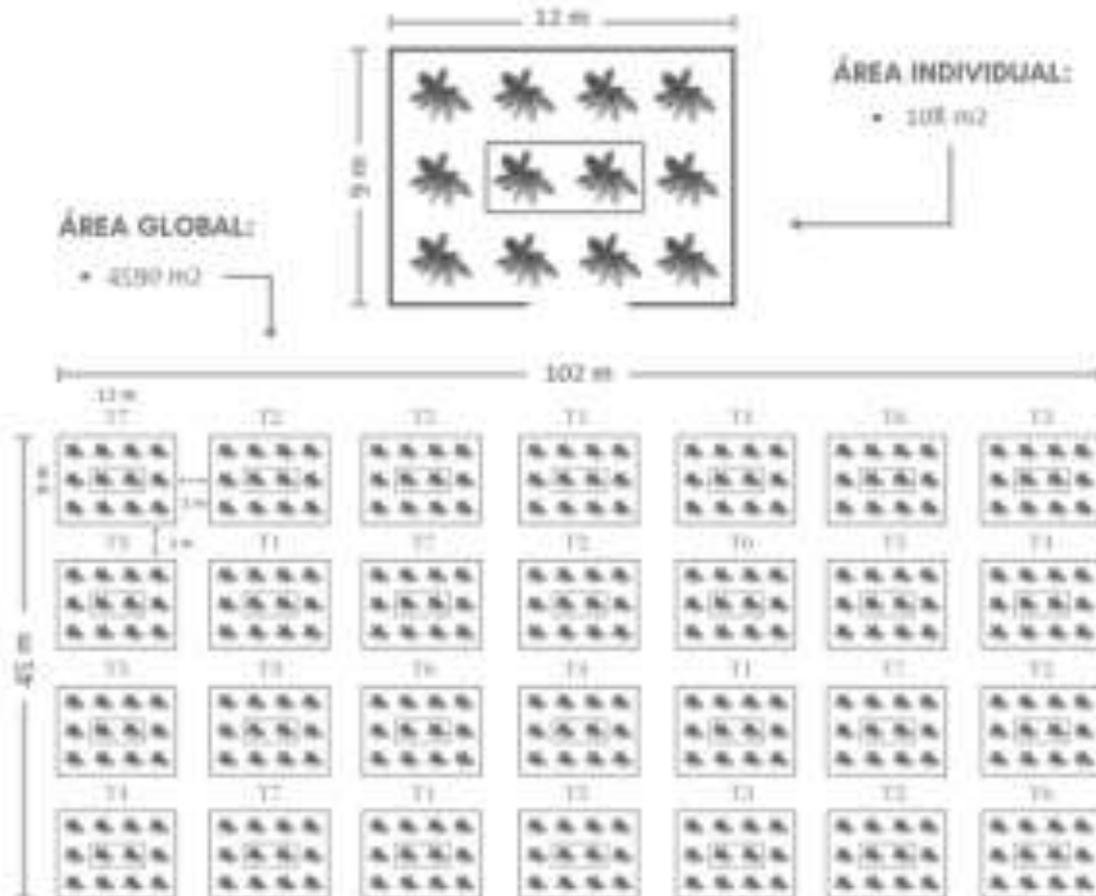
8. ¿Cuál es el costo del jornal de trabajo por control cultural?

- \$10
- \$15
- \$20 o mas

Anexo 2. Croquis del arreglo experimental a utilizar

CROQUIS DEL EXPERIMENTO

Unidad Experimental



Anexo 3. Delimitación de la unidad experimental y selección de plantas a evaluar



Anexo 4. Revisión y recolección de mazorcas y brotes



Anexo 5. Labores de poda en acompañamiento de la tutora



Anexo 6. Aplicación de encuestas a los cacaoteros de La Troncal



Anexo 7. Recolección y enterramiento de mazorcas enfermas



Anexo 8. Acompañamiento de la tutora en la inspección de los tratamientos



Anexo 9. Cosecha y cuantificación de las mazorcas y almendras de cacao



Anexo 10. Tratamiento ideal (T1), con mayor rendimiento de mazorcas y utilidad económica (R B/C), y alta efectividad en el control de la incidencia y severidad de *M. royeri* y *M. pernicioso*



Anexo 11. Tabulación de datos y cálculo de la Relación Beneficio Costo (R B/C) para los tratamientos evaluados

COSTOS (T1)				
Detalle	Und.	Cant.	Valor unit.	Valor total
Poda	und.	2	166,65	333,30
Recolección de frutos	Jornal	52	12	624,00
Otros insumos	und.	S/N	50	50,00
Total				1007,30

Nota aclaratoria: 0,15 USD cuesta la poda de cada planta (1111 planta/ha)

BENEFICIOS (T1)				
Detalle	Und.	Cant.	Valor unit.	Valor total
Rendimiento	qq/ha	16,71	85,0	1420,35
Total				1420,35
			R B/C	1,41

COSTOS (T2)				
Detalle	Und.	Cant.	Valor unit.	Valor total
Poda	und.	2	166,65	333,30
Recolección de frutos	Jornal	26	12	312,00
Otros insumos	und.	S/N	75	75,00
Total				720,30

Nota aclaratoria: 0,15 USD cuesta la poda de cada planta (1111 planta/ha)

BENEFICIOS (T2)				
Detalle	Und.	Cant.	Valor unit.	Valor total
Rendimiento	qq/ha	10,44	85,00	887,40
Total				887,40
			R B/C	1,23

COSTOS (T3)				
Detalle	Und.	Cant.	Valor unit.	Valor total
Poda	und.	4	166,65	666,60
Total				666,60

Nota aclaratoria: 0,15 USD cuesta la poda de cada planta (1111 planta/ha)

BENEFICIOS (T3)				
Detalle	Und.	Cant.	Valor unit.	Valor total
Rendimiento	qq/ha	8,85	85,00	752,25
Total				752,25
			R B/C	1,13

COSTOS (T4)				
Detalle	Und.	Cant.	Valor unit.	Valor total
Recolección de frutos	Jornal	52	12	624,00
Otros insumos	und.	S/N	120	120,00
Total				744,00

Nota aclaratoria: 0,15 USD cuesta la poda de cada planta (1111 planta/ha)

BENEFICIOS (T4)				
Detalle	Und.	Cant.	Valor unit.	Valor total
Rendimiento	qq/ha	11,4	85,00	969,00
Total				969,00
			R B/C	1,30

COSTOS (T5)				
Detalle	Und.	Cant.	Valor unit.	Valor total
Recolección de frutos	Jornal	26	12	312,00
Otros insumos	und.	S/N	250	300,00
Total				612,00

Nota aclaratoria: 0,15 USD cuesta la poda de cada planta (1111 planta/ha)

BENEFICIOS (T5)				
Detalle	Und.	Cant.	Valor unit.	Valor total
Rendimiento	qq/ha	9,28	85,00	788,80
Total				788,80
			R B/C	1,29

COSTOS (T6)				
Detalle	Und.	Cant.	Valor unit.	Valor total
Mantenimiento del cultivo	und.	S/N	400	400,00
Insumos	und.	S/N	200	150,00
Total				550,00

Nota aclaratoria: 0,15 USD cuesta la poda de cada planta (1111 planta/ha)

BENEFICIOS (T6)				
Detalle	Und.	Cant.	Valor unit.	Valor total
Rendimiento	qq/ha	6,54	85,00	555,90
Total				555,90
			R B/C	1,01

COSTOS (T7)				
Detalle	Und.	Cant.	Valor unit.	Valor total
Aplicación T. harzianum	und.	S/N	500	528,00
Otros insumos	und.	S/N	100	100,00
Total				628,00

Nota aclaratoria: 0,15 USD cuesta la poda de cada planta (1111 planta/ha)

BENEFICIOS (T7)				
Detalle	Und.	Cant.	Valor unit.	Valor total
Rendimiento	qq/ha	8,85	85,00	752,25
Total				752,25
			R B/C	1,20

Anexo 12. Resultados del diagnóstico en laboratorio de los microorganismos identificados



Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias

ESTACIÓN EXPERIMENTAL LITORAL SUR

ANÁLISIS FITOPATOLÓGICO

Centro:	CACD	Fecha de muestreo:	12-04-2022
Propietario:	BORIS EDUARDO SANDOVAL	Fecha de ingreso:	12-04-2022
Residente:	BORIS EDUARDO SANDOVAL	No. de muestras:	1
Fretillo:	AGRICOLA RODRIGUEZ		
Ubicación:	LA TRONCAL - CAÑAS		

RESULTADOS

DIAGNÓSTICO/MICROORGANISMO IDENTIFICADO (S):

Fusio: *Mosleyella ruzizi*
Biomor: *Mosleyella peruviana*

Responsible:


Dr. Susana Paz Carrasco
Responsable Sección Fitopatología EELS