



Uleam

UNIVERSIDAD LAICA
ELOY ALFARO DE MANABÍ

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS EXTENSIÓN
PEDERNALES**

CARRERA DE INGENIERIA AGROPECUARIA

**Proyecto de tesis previo a la obtención del título de
Ingeniero Agropecuario**

TÍTULO

Evaluación del manejo integrado de enfermedades fúngicas
en mazorcas de cacao (*Theobroma cacao* L.) mediante
prácticas culturales y su impacto fitosanitario en el sitio Estero
Hondo parroquia Atahualpa, cantón Pedernales

AUTOR

Cobeña Cagua Jhon Sebastián

TUTOR

Ing. Macías Chila Raúl Mgs.

Pedernales -Manabí-Ecuador

2026

CERTIFICACIÓN DE APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

El tribunal evaluador

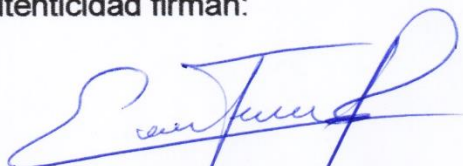
Certifica:

Que el trabajo de fin de carrera modalidad Proyecto de Investigación titulado: Evaluación del manejo integrado de enfermedades fúngicas en mazorcas de cacao (*Theobroma cacao* L.) mediante prácticas culturales y su impacto fitosanitario en el sitio Estero Hondo parroquia Atahualpa, cantón Pedernales, realizado y concluido por el Sr. Cobeña Cagua Jhon Sebastián, ha sido revisado y evaluado por los miembros del tribunal.

El trabajo de fin de carrera antes mencionado cumple con los requisitos académicos, científicos y formales suficientes para ser aprobado.

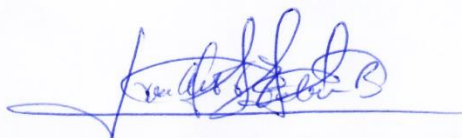
Pedernales, 10 de junio de 2026

Para dar testimonio y autenticidad firman:



Dr. Derli Álava Rosado

PRESIDENTE DE TRIBUNAL



Mgs. Tyrone Antonio Zambrano Barcia

MIEMBRO DEL TRIBUNAL



Mgs. Carmelo Yoffre Menendez Cevallos

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

En calidad de docente tutor de la Extensión Pedernales de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, CERTIFICO:

Haber dirigido y revisado el trabajo de investigación, bajo la autoría del estudiante Cobeña Cagua Jhon Sebastián, legalmente matriculada en la carrera de Ingeniería Agropecuaria, período académico 2025-2 cumpliendo el total de 400 horas, bajo la opción de titulación de trabajo de investigación, cuyo tema del proyecto es **“Evaluación del manejo integrado de enfermedades fúngicas en mazorcas de cacao (*Theobroma cacao* L.) mediante prácticas culturales y su impacto fitosanitario en el sitio Estero Hondo parroquia, Atahualpa cantón Pedernales”**. La presente investigación ha sido desarrollada en apego al cumplimiento de los requisitos académicos exigidos por el Reglamento de Régimen Académico y en concordancia con los lineamientos internos de la opción de titulación en mención, reuniendo y cumpliendo con los méritos académicos, científicos y formales, suficientes para ser sometida a la evaluación del tribunal de titulación que designe la autoridad competente.

Particular que certifico para los fines consiguientes, salvo disposición de Ley en contrario.

Pedernales, 10 de junio de 2026

Lo certificó

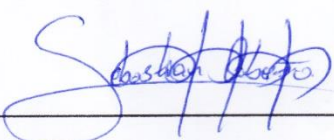

Ing. Macías Chila Raúl Mgs
Docente Tutor
Área de agropecuaria

DERECHO DE AUTORÍA

Yo, Cobeña Cagua Jhon Sebastián, con cedula de identidad No 1315653178, declaro que el presente trabajo de titulación **“Evaluación del manejo integrado de enfermedades fúngicas en mazorcas de cacao (*Theobroma cacao* L.) mediante prácticas culturales y su impacto fitosanitario en el sitio estero Hondo parroquia Atahualpa cantón Pedernales”**, ha sido desarrollado considerando los métodos de investigación existente y respetando los derechos intelectuales de terceros considerando en las citas bibliográficas.

Consecuentemente declaro que las ideas y contenidos expuestos en el presente trabajo son de mi autoría, en virtud de ello me declaro responsable del contenido, veracidad y alcance de la investigación antes mencionada.

Pedernales, 10 de junio de 2026.



Cobeña Cagua Jhon Sebastián

C.I. 1315653178

**APROBACIÓN DEL TRIBUNAL
UNIVERSIDAD LAICA "ELOY ALFARO DE MANABÍ"**

FACULTAD DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

Título de la investigación

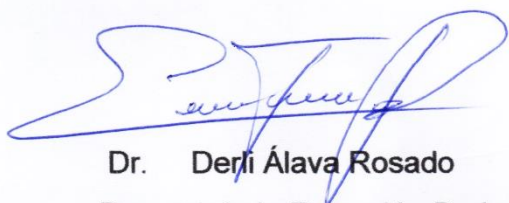
Evaluación del manejo integrado de enfermedades fúngicas en mazorcas de cacao (*Theobroma cacao* L.) mediante prácticas culturales y su impacto fitosanitario en el sitio Estero Hondo parroquia Atahualpa, cantón Pedernales

TESIS DE GRADO

Sometida a la consideración del Tribunal de revisión, sustentación y legalización por el Honorable Consejo de Extensión como requisito previo al título de:

INGENIERO AGROPECUARIO

APROBADO POR:



Dr. Derli Álava Rosado
Decano de la Extensión Pedernales



Ing. Macías Chila Raúl. Mgs
Tutor de tesis



Mgs. Tyrone Antonio Zambrano Barcia
Miembro del Tribunal



Mgs. Carmelo Yoffre Menendez Cevallos
Miembro del Tribunal

DEDICATORIA

Dedico este trabajo y todos mis esfuerzos en primer lugar a Dios que lo ha hecho posible bendiciendo, guiando, iluminando y fortaleciendo mi camino a pesar de las dificultades de la vida.

Hoy, gracias a él, puedo compartir esta satisfacción y la felicidad de compartir este momento con mi familia, amigos y seres queridos.

Gracias a mis padres, mi hija y a mi amada esposa por ser ese pilar de fortaleza y amor incondicional, ellos son mi fuente inagotable de inspiración y apoyo que me empujan a perseguir mis sueños y llegar al éxito. Gracias por su infinita paciencia, comprensión y confianza en mí cuando dudaba de mí misma. Con todo mi amor y gratitud les dedico este logro.

Gracias a mis familiares y personas que directa e indirectamente me apoyaron en este proceso académico, les agradezco infinitamente por ese apoyo incondicional, consejos oportunos y su presencia constante en mi vida y en especial por compartir conmigo los momentos más felices y por ser mi refugio en los momentos difíciles. Con gran sentimiento les dedico este logro.

Cobeña Cagua Jhon Sebastián

AGRADECIMIENTO

Agradezco infinitamente a Dios por darme la oportunidad de culminar uno de mis sueños, a mis padres, hija, esposa, familiares y amigos por su amor, apoyo, dedicación, por las palabras de aliento que me brindaron en el momento oportuno cuando sentía que no podía seguir, sus buenas vibras lograron devolverme la confianza que perdía por momentos, a todos ustedes les agradezco de todo corazón.

Expreso mi más profundo agradecimiento al Dr. Derli Álava decano de la extensión Pedernales, a mi tutor de tesis, Ing. Raúl Macías. Mgs, y Ing. Pablo Zamora Macías por brindarme su paciencia, apoyo y conocimientos profesional durante todo el tiempo que duro la investigación y escritura de esta tesis. Sus grandiosos conocimientos, recomendaciones y correcciones han sido vital para la finalización de este fructífero trabajo.

Agradezco a los docentes y mentores, por todos los conocimientos que me transmitieron durante mi formación profesional, lo cual me permitió pensar de forma, investigativa, crítica, constructiva y creativa al momento de resolver los desafíos presentados en este trabajo.

El empeño, disciplina y el esfuerzo dedicado a la culminación de este trabajo, reconozco que este logro es el resultado de un largo recorrido, lleno de aprendizajes y desafíos que me han hecho crecer como persona y como profesional.

Cobeña Cagua Jhon Sebastián

RESUMEN

El presente ensayo se realizó en el sitio Estero Hondo perteneciente a la parroquia Atahualpa-cantón Pedernales provincia de Manabí con el objetivo de evaluar el manejo integrado de las principales enfermedades fúngicas que afectan las mazorcas de cacao (*Theobroma cacao L.*), mediante la caracterización fitosanitaria, el análisis de prácticas culturales de control y la evaluación del impacto económico y productivo asociado, con el fin de proponer estrategias técnicas eficientes que permitan reducir su incidencia y severidad. Para ello, se empleó una metodología descriptiva-cualitativa, con diseño de parcelas divididas y tres factores en estudio Factor A (podas), Factor B (recolección de mazorcas) y Factor C (% de sombra) las variables fueron: Número de mazorcas con *Moniliasis*, *Phytophthora* y Escoba de Bruja, número escoba de bruja vegetativa, observados de forma natural tal como ocurre en las áreas de producción, los datos numéricos se analizaron por medio del software estadístico MINITAB. Los resultados demuestran que las interacciones de AxB (poda-cosecha) y la interacción de BxC (cosecha-porcentaje de sombra) presentan significancia estadística. Además, los tratamientos con poda cada 30 días permite reducir los niveles de incidencia de Escoba de Bruja sobre las mazorcas a diferencia de cuando las podas se realizaron a los 60 días los niveles de incidencia aumentaron considerablemente, además la interacción de los factores A2xB2xC1 (Poda a los 60 días, recolección de mazorcas a los 15 días y porcentaje de sombra 30%) destaca significativamente con un promedio de 113,25 mazorcas recolectadas con un rendimiento promedio de 66 kg/ha cosechados durante el ensayo.

Palabras claves: Manejo, enfermedades, mazorcas, producción, incidencia, rendimiento.

ABSTRACT

This trial was conducted at the Estero Hondo site, belonging to the Atahualpa parish, Pedernales canton, Manabí province, with the objective of evaluating the integrated management of the main fungal diseases that affect cacao pods (*Theobroma cacao* L.), through phytosanitary characterization, analysis of cultural control practices, and evaluation of the associated economic and productive impact, in order to propose efficient technical strategies that allow reducing their incidence and severity. A descriptive-qualitative methodology was employed, using a split-plot design with three factors under study: Factor A (pruning), Factor B (pod harvesting), and Factor C (percentage of shade). The variables were: number of pods with *Moniliasis*, *Phytophthora*, and Witches' Broom; and number of vegetative Witches' Broom lesions, observed naturally as they occur in the production areas. The numerical data were analyzed using the statistical software MINITAB. The results demonstrate that the interactions AxB (pruning-harvest) and BxC (harvest-shade percentage) are statistically significant. Furthermore, treatments with pruning every 30 days reduced the incidence of Witches' Broom on the ears of corn, unlike when pruning was performed every 60 days, which significantly increased incidence. Additionally, the interaction of factors A2xB2xC1 (pruning at 60 days, ear harvest at 15 days, and 30% shade) was significant, with an average of 113.25 ears harvested and an average yield of 66 kg/ha during the trial.

Keywords: Management, diseases, ears of corn, production, incidence, yield.

INDICE DE CONTENIDO

CERTIFICACIÓN DE APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	ii
CERTIFICACIÓN DEL TUTOR	iii
DERECHO DE AUTORÍA.....	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL	v
DEDICATORIA.....	vi
AGRADECIMIENTO.....	vii
RESUMEN	8
ABSTRACT	9
INDICE DE CONTENIDO.....	10
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	15
ÍNDICE DE TABLAS.....	15
ÍNDICE DE ANEXOS	17
CAPÍTULO I	19
1. CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	19
1.1 INTRODUCCIÓN	19
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	22
1.2.1 IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES	25
• Variable independiente:.....	25
• Variable dependiente:	25
1.2.2 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN	25

1.3	HIPÓTESIS	26
1.4	OBJETIVOS DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN	26
1.4.1	Objetivo general.....	26
1.4.2	Objetivos específicos.....	26
1.5	JUSTIFICACIÓN	27
1.6	MARCO TEÒRICO.....	30
1.6.1	Antecedentes.....	30
1.7	Bases Teóricas.....	32
1.7.1	Origen del cultivo de cacao.....	32
1.7.2	Descripción del cacao.....	33
1.7.3	Clasificación Taxonómica.....	35
1.8	Principales enfermedades del cacao.....	36
1.8.1	Moniliophthora roreri.....	36
1.8.2	Taxonomía de Moniliophthora roreri.....	37
1.8.2	Moniliophthora perniciosa.....	38
1.8.5	Taxonomía de Moniliophthora perniciosa.....	39
1.8.3	Mancha negra (Phytophthora spp)	39
1.8.4	Taxonomía de Mancha negra (Phytophthora spp).....	40
	CAPITULO II	41
2.	METODOLOGIA.....	41

2.1	Métodos de investigación	41
2.1.1	Localización	41
2.1.2	Ubicación geográfica	42
2.1.3	Características climáticas	42
2.1.4	Duración	43
2.1	MÉTODO Y TÉCNICA DE LA INVESTIGACIÓN	43
2.1.1	<i>Método de investigación</i>	43
2.2	Técnicas de investigación	43
2.3	Diseño de la investigación	44
2.3.1	Factores estudiados	44
2.3.2	Tipo y diseño de la investigación	45
2.3.3	MATERIALES Y EQUIPOS	47
2.3.4	Esquema de ADEVA	47
2.4	ANÁLISIS FUNCIONAL	48
2.4.1	Modelo Matemático	48
2.5	Variables de respuesta	49
2.5.1	Variable independiente	49
2.5.2	<i>Variables dependientes</i>	49
2.6	Manejo del ensayo	50
2.6.1	Control de malezas	50

2.6.2	Podas	50
2.6.3	Número de mazorcas con Moniliasis	50
2.6.4	Número de mazorcas con Escoba de bruja	50
2.6.5	Número de Escoba de Bruja vegetativa	51
2.6.6	Número de mazorcas con Phytophthora	51
2.6.7	Número de mazorcas cosechadas	51
2.6.8	Rendimiento de cacao seco kg/ha	51
CAPITULO III		52
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN		52
3.1	Resultado de métodos y técnicas de investigación.....	52
3.1.1	Comprobación de hipótesis o contestación a las preguntas de investigación	52
3.2	Resultados de Objetivo 1. Caracterizar las principales enfermedades fúngicas que afectan las mazorcas de cacao (<i>Theobroma cacao</i> L.) en el cantón Pedernales, identificando su ciclo de vida, mecanismo de infección, métodos de control, cultural, químico y biológico para reducir su incidencia y afectación en el cultivo.....	52
3.3	Resultados Objetivo 2. Determinar el número de mazorcas de cacao (<i>T cacao</i> L.) afectadas por enfermedades fúngicas en parcelas representativas en el sitio estero Hondo de la parroquia Atahualpa en el cantón Pedernales	57
3.3.1	Regresión factorial de parcela dividida: N° de mazorcas con moniliasis vs. Bloques; PODA DIAS; COSECHA DIAS M.I.; SOMBRA	57

3.3.2 Regresión factorial de parcela dividida: N. escoba de bruja vegetativa vs. Bloques; PODA DIAS; COSECHA DIAS M.I.; SOMBRA	61
3.3.3 Regresión factorial de parcela dividida: N Mazorcas escoba de bruja vs. Bloques; PODA DIAS; COSECHA DIAS M.I.; SOMBRA	65
3.3.3 Regresión factorial de parcela dividida: N mazorcas con Phytophthora vs. Bloques; PODA DIAS; COSECHA DIAS M.I.; SOMBRA	70
3.3.4 Resultados Objetivo 3. Analizar el desempeño económico de los tratamientos aplicados, mediante la evaluación del rendimiento del cultivo de cacao (Theobroma cacao L) expresado en kilogramos por hectárea (kg/ha) de mazorcas cosechas, con el fin de comparar la eficiencia productiva de las prácticas de manejo sanitario evaluadas	74
3.3.5 Regresión factorial de parcela dividida: Cosecha de M. sanas vs. Bloques; Poda días; Cosecha M. Dañadas; Sombra %	74
3.3.6 Regresión factorial de parcela dividida: Rendimiento cacao seco Kg/ha vs. Bloques; Poda días; Cosecha M. Dañadas; Sombra %.....	78
3.4 DISCUSIÓN	84
4. CONCLUSIONES	87
5. RECOMENDACIONES	88
6. BIBLIOGRAFÍA	89
7. ANEXOS	98

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1.	Diagrama de Pareto para Número de mazorcas con <i>Moniliasis</i>	59
Gráfico 2.	Gráfico de efectos principales para número de mazorcas con <i>Moniliasis</i>	60
Gráfico 3.	Diagrama de Pareto para número de escoba de bruja vegetativa..	64
Gráfico 4.	Diagrama de Pareto para Mazorcas con escoba de bruja.....	68
Gráfico 5.	Gráfico de efectos principales para N° de mazorcas con Escoba de bruja	69
Gráfico 6.	Diagrama de Pareto para número de mazorcas con <i>Phytophthora</i>	73
Gráfico 7.	Gráfica de efectos principales para cosecha de mazorcas	77
Gráfico 8.	Rendimiento de cacao seco kg/ha.....	81

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Clasificación Taxonómica de cacao (T cacao L.).....	35
Tabla 2.	Taxonomía de la <i>Moniliophthora roreri</i>	37
Tabla 3.	Taxonomía de <i>Moniliophthora perniciosa</i>	39
Tabla 4.	Taxonomía de la Mancha negra (<i>Phytophthora</i> spp).....	40
Tabla 5.	Características climáticas de la parroquia Atahualpa	42
Tabla 6.	Factores en estudio	44
Tabla 7.	Estructura de tratamientos.....	45
Tabla 8.	Características generales de la parcela experimental	46
Tabla 9.	Materiales y equipos para el desarrollo de la investigación	47

Tabla 10.	Análisis de la Varianza ADEVA	47
Tabla 11.	Caracterización de Moniliasis	52
Tabla 12.	Escoba de bruja	54
Tabla 13.	PHYTOPHTORA	55
Tabla 14.	Resumen del modelo	57
Tabla 15.	Análisis de Varianza	57
Tabla 16.	Ecuación de regresión en unidades no codificadas	58
Tabla 17.	Estructura de alias	58
Tabla 18.	Coeficientes codificados	61
Tabla 19.	Resumen del modelo	62
Tabla 20.	Análisis de Varianza	62
Tabla 21.	Ecuación de regresión en unidades no codificadas	63
Tabla 22.	Estructura de alias	63
Tabla 23.	Coeficientes codificados	65
Tabla 24.	Resumen del modelo	66
Tabla 25.	Análisis de Varianza	66
Tabla 26.	Ecuación de regresión en unidades no codificadas	67
Tabla 27.	Estructura de alias	67
Tabla 28.	Coeficientes codificados	70
Tabla 29.	Resumen del modelo	71

Tabla 30.	Análisis de Varianza	71
Tabla 31.	Ecuación de regresión en unidades no codificadas	72
Tabla 32.	Ajustes y diagnósticos para observaciones poco comunes	72
Tabla 33.	Estructura de alias	72
Tabla 34.	Coeficientes codificados	74
Tabla 35.	Resumen del modelo	75
Tabla 36.	Análisis de Varianza	75
Tabla 37.	Ecuación de regresión en unidades no codificadas	76
Tabla 38.	Ajustes y diagnósticos para observaciones poco comunes	76
Tabla 39.	Estructura de alias	76
Tabla 40.	Coeficientes codificados	78
Tabla 41.	Resumen del modelo	79
Tabla 42.	Análisis de Varianza	79
Tabla 43.	Ecuación de regresión en unidades no codificadas	80
Tabla 44.	Ajustes y diagnósticos para observaciones poco comunes	80
Tabla 45.	Estructura del alias	80
Tabla 46.	Análisis económico de los tratamientos en estudio	83

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexos 1.	Localización del ensayo	98
Anexos 2.	Realización de poda fitosanitaria	99

Anexos 3.	Recolección de mazorcas infectadas por <i>Moniliais</i> , <i>Phytophthora</i> y Escoba de bruja	100
Anexos 4.	Gráfica de interacciones para número de mazorcas con <i>Moniliasis</i>	101
Anexos 5.	Gráfica de residuos para número de mazorcas con <i>Moniliasis</i>	101
Anexos 6.	Gráfica de residuos para número de escoba de bruja vegetativa	102
Anexos 7.	Gráfica de residuos para número de mazorcas escoba de bruja.....	102

CAPÍTULO I

1. CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.1 INTRODUCCIÓN

Theobroma cacao L. es un árbol de bosque tropical, clasificado en la familia *Malvaceae*, originario de América del Sur. El árbol se conoce comúnmente como cacao, mientras que el término cacao se refiere a productos elaborados a partir de semillas secas y fermentadas, es la columna vertebral de la economía global para millones de pequeños productores. Se divide en tres grupos genéticos: Criollo, Forastero y Trinitario. El cacao criollo es el de calidad, pero el más susceptible a las enfermedades, el cultivo requiere de condiciones de temperatura, humedad, suelo y sombra para su desarrollo y producción (Rodríguez et al. 2022).

Los países de América Latina y el Caribe producen principalmente cacao que generalmente es cultivado por agricultores de recursos económicos escasos, donde ellos deben de realizar labores de acopio, fermentación y secado de los granos de cacao, para posteriormente llevarlos a comercializar a los mercados a nivel nacional e internacional (Comité del cacao de Centroamerica y Republica Dominicana, 2019).

Datos obtenidos de Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2020) afirman que alrededor de 50 millones de personas a nivel global dependen del cultivo de cacao para subsistir con un negocio que mueve más de USD 200.000 millones anuales, como una de las 6 principales actividades más lucrativas del mundo. Las plantaciones de *T. cacao* poseen relevancia para la economía del Ecuador; existen alrededor de 120 mil productores de cacao que frecuentemente combinan el cultivo con café, el 96 % se produce en pequeñas

fincas menores a 10 hectáreas es conocido como la pepa de oro, dominó varios siglos en la generación de divisas para el país, potenciando el crecimiento de sectores que contribuyen a la industria, el comercio y generan divisas.

A nivel mundial, la *Monilia*, la escoba de bruja y la *Moniliophthora perniciosa*, y *Phytophthora* causan importantes enfermedades de los cultivos cuya susceptibilidad está ligada a regiones y condiciones biofísicas específicas, se ha informado que *M perniciosa* ha causado una reducción del 70% en Brasil, aunque *M perniciosa* y *M roreri* todavía es considerada la patología más importante en las zonas productoras de cacao de América del Sur. Por otra parte, se estima que *Phytophthora spp.* Puede provocar pérdidas de casi el 10% de la producción mundial (Ramírez, 2016).

El Ministerio de Agricultura Ganadería y Pesca, (MAGP, 2025) menciona que la producción de cacao se ve afectada por plagas y enfermedades, además de falta de conocimiento tecnológico y presenta problemas fitosanitarios como mazorca negra, *moniliasis* y escoba de bruja, factores que provocan pérdidas de hasta el 60% de la producción. Solís et al. (2021) menciona que, en Ecuador, el cultivo de cacao (*T. cacao L.*) se ve afectado por monilia y escoba de bruja; provocando una pérdida de producción de hasta el 80%, que puede llegar al 100% durante alta infección. La última década ha visto un aumento de otras enfermedades que han pasado a un segundo plano desde el punto de vista económico. Entre ellas destacan el matraz negro, la enfermedad del machete y la mortalidad, que pueden provocar la pérdida de una unidad de producción.

Moniliophthora perniciosa es una enfermedad conocida comunmente como escoba de bruja, debido a que infecta tejidos, brotes, yemas vegetales, frutos en desarrollo y cojines florales, cuando se combina con *Moniliophthora roreri* o *Moniliais* puede llegar a generar pérdidas económicas considerables, debido a que afecta alrededor del 50% del total de los frutos cosechados y en algunos casos puede afectar hasta el 90% de pérdidas (Pino et al., 2023).

En la provincia de Manabí en el cantón Pedernales y sus parroquias, el cacao representa un rubro agrícola estratégico que contribuye tanto al desarrollo rural como a las exportaciones nacionales, es una fuente de ingresos para los pequeños y medianos productores. Pero la productividad y rentabilidad del cultivo se ven seriamente afectadas por la incidencia de varias enfermedades de origen fúngico, bacteriano y viral, entre las que destacan la moniliasis (*M roreri*), la escoba de bruja (*M perniciosa*) y la mancha de *Phytophthora* (*Phytophthora palmivora*) que causan grandes pérdidas económicas cuando no se controlan y previenen con tiempo.

El presente estudio tiene como objetivo Evaluar el manejo integrado de las principales enfermedades fúngicas que afectan las mazorcas de cacao (*Theobroma cacao* L.), mediante la caracterización fitosanitaria, el análisis de prácticas culturales de control y la evaluación del impacto económico y productivo asociado, con el fin de proponer estrategias técnicas eficientes que permitan reducir su incidencia y severidad, así como mejorar la productividad del cultivo, para ello se aplicó una metodología experimental descriptiva-cualitativa y análisis de las parcelas en

estudio, proporcionando información relevante para presentar conclusiones y recomendaciones a nivel técnico, económico y social. Debido a que es importante estimar las pérdidas económicas asociadas a dichas enfermedades para poder dimensionar su impacto sobre la sostenibilidad de los sistemas productivos del cantón Pedernales y poder establecer estrategias de manejo que permitan dar soluciones prácticas para el manejo y control de estas enfermedades.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Las enfermedades como mal de machete (*Ceratocystis fimbriata*), monilia (*Moniliophthora roreri*), mancha negra (*Phytophthora spp.*), antracnosis y pudrición de raíz, representan un problema para la producción del grano de cacao, pueden causar pérdidas del 90%, por lo que es importante reconocer los primeros signos y síntomas que se presentan en el cultivo de cacao cuando se enfrenta a esta enfermedad y de esta forma implementar métodos y técnicas que permitan de manera eficiente el manejo del cultivo y el productor pueda controlar y resolver los problemas que se le presente en sus plantaciones de cacao (Hernández, 2018).

La presencia de estas enfermedades puede causar una reducción significativa en los cultivos y, por lo tanto, pérdidas financieras para los productores de cacao, estas pérdidas se pueden reducir por medio de un manejo adecuado del cultivo incrementando así la producción y mejorar las condiciones de vida de las familias dedicadas a la producción de cacao (Varela, 2022). En la actualidad el cacao presenta problemas fitosanitarios importantes como la *Moniliophthora roreri* y *Moniliophthora perniciosa* y *Phytophthora*, estas afectaciones ocasionan

pérdidas aproximadas del 60% de la producción (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2021).

La *Moniliophthora roreri* de acuerdo a Phillips & Amores, (2018) en la actualidad se distribuye en aproximadamente 13 países Latinoamericanos, desde (México en el norte, hasta Bolivia en el centro y hasta Venezuela en el sur). Representa una amenaza muy notoria para el cultivo de cacao causa daños aproximados a un 66% por lo que su incidencia es crítica, además de generar grandes pérdidas económicas que fluctúan entre un 70 a 80% de la producción anual.

Estas enfermedades provocaron grandes pérdidas en los cultivos de cacao, provocando un aumento de la pobreza en el país, pasando de una producción muy rentable a una inestable y poco rentable para el productor, creando una de las mayores depresiones que podría soportar el agricultor ecuatoriano, catalogándola como un riesgo en la producción agrícola ecuatoriana (Chávez, 2019).

Menciona Abad et al. (2018) que el cultivo de cacao en Ecuador presenta rendimientos bajos, esto se debe a un problema principalmente causado por la presencia de enfermedades denominadas peligrosas como: *Moniliasis* en plantas de cacao se presenta como una enfermedad causada por *Moniliophthora roreri*, *Moniliophthora perniciosa* conocida comúnmente como escoba de bruja y *Phytophthora*. Molina, (2021) menciona que no se tenía una política de prevención para controlar *Moniliasis* que se conocía como mal de Machete o de Quevedo en 1915, y la escoba de bruja en 1916 destruyó el 70% de las

producciones de cacao del país y la hundió en la crisis social y económica más grande en la historia agrícola de la Ecuador.

La presente investigación se realizó con la finalidad de estimar las pérdidas económicas generadas por enfermedades fúngicas en cultivo de cacao (*T. cacao* L.) en el sitio Estero Hondo perteneciente al cantón Pedernales, debido a que este cultivo representa un rubro importante por su valor económico y las fuentes de empleo que genera. Sin embargo, se ve afectada su producción por las múltiples enfermedades fúngicas que ocasionan daños tanto a la planta en general, las enfermedades más comunes que se presentan son: Moniliasis, Escoba de Bruja y *Phytophthora*, las cuales pueden causar pérdidas que van desde el 30 % hasta más del 90 % de acuerdo a los autores mencionados en los párrafos anteriores.

Como respuesta a la problemática se realizó una estimación de las pérdidas económicas que se generan cuando existe la presencia de las enfermedades antes mencionadas en el cultivo de cacao, esto permitió dimensionar el problema con claridad y se establecieron estrategias técnicas que permiten reducir los índices de incidencia, severidad y efecto de las enfermedades fúngicas en las plantaciones de cacao, estas estrategias y prácticas agrícolas sostenibles permiten que el agricultor pueda hacer uso eficiente de los recursos que posee dentro de su propiedad, entre estas prácticas se menciona el manejo cultural adecuado (podas de mantenimiento, remover frutos con presencia de las enfermedades, control de malezas), aplicación de controles biológicos para reducir el uso de productos químicos e implementación de cultivos resistentes.

1.2.1 IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES

- **Variable independiente:** Pérdidas económicas en el cultivo de cacao a causa de la presencia de *M royeri*, *M pernicioso* y *P spp.*
- **Variable dependiente:** Número de mazorcas con Moniliasis, número de mazorcas de escoba de bruja vegetativa, número de mazorcas con Escoba de Bruja, número de mazorcas con *Phytophthora*.

1.2.2 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

En el presente ensayo experimental con enfoque cualitativo y descriptivo se establecieron las siguientes preguntas de investigación e hipótesis, por medio de ellas se alcanzaron los objetivos planteados y se obtuvieron los resultados donde se caracterizaron las principales enfermedades que afectan el cultivo de cacao (*T cacao L.*) en el sitio Estero Hondo perteneciente al cantón Pedernales, provincia de Manabí-Ecuador.

¿Las principales enfermedades que afectan el cultivo de cacao presentan síntomas y signos desde las primeras etapas del cultivo, como se pueden reconocer?

¿La implementación de labores culturales (poda y control de malezas) dentro del cultivo de cacao ayudan a reducir la presencia de estas enfermedades?

¿Cuál es el impacto económico de las principales enfermedades que afectan el cultivo de cacao sobre el rendimiento y costos de manejo fitosanitario?

1.3 HIPÓTESIS

Ho: No se presentan diferencias significativas entre las principales enfermedades que afectan el cultivo de cacao en cuanto a su origen, sintomatología, presencia en los tejidos de las plantas e impacto en la producción.

H1: Se presentan diferencias significativas entre las enfermedades que afectan el cultivo de cacao en cuanto a su origen, sintomatología, presencia en los tejidos de las plantas e impacto en la producción.

1.4 OBJETIVOS DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

1.4.1 Objetivo general

Evaluar el manejo integrado de las principales enfermedades fúngicas que afectan las mazorcas de cacao (*T. cacao* L.), mediante la caracterización fitosanitaria y la evaluación del impacto económico-productivo y proponer estrategias que permitan reducir su incidencia y severidad.

1.4.2 Objetivos específicos

- ✓ Caracterizar las principales enfermedades fúngicas que afectan las mazorcas de cacao (*T. cacao* L.) en el cantón Pedernales, identificando su ciclo de vida, mecanismo de infección, métodos de control, cultural, químico y biológico para reducir su incidencia y afectación en el cultivo.

- ✓ Determinar la incidencia de enfermedades fúngicas en mazorcas de cacao (*Theobroma cacao* L.) mediante la cuantificación del número de mazorcas afectadas en parcelas representativas del sitio Estero Hondo, parroquia Atahualpa, cantón Pedernales.
- ✓ Analizar el costo de los tratamientos aplicados, mediante la evaluación del rendimiento de cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L), expresado en kilogramos por hectárea (kg/ha) de mazorcas cosechas, con el fin de comparar la eficiencia productiva de las prácticas de manejo sanitario evaluadas.

1.5 JUSTIFICACIÓN

El cultivo del cacao se originó en América; sin embargo, se han propuesto varios centros de origen, entre ellos Mesoamérica, Sudamérica o una combinación de origen de cacao criollo en Mesoamérica y cacao Forastero en Sudamérica. Sin embargo, las plantas de cacao en la mayoría de países productores de este cultivo, mediante un estudio mostraron que la mayor diversidad alélica provino de la región montañosa amazónica de Perú y Brasil. Es bien conocida la importancia del cacao en las culturas prehispánicas, el frijol se utilizaba como moneda o unidad de medida, y se ofrecían bebidas alcohólicas y no alcohólicas elaboradas a base de cacao a altos funcionarios como reyes o sacerdotes, el cacao también fue utilizado en rituales religiosos como ofrenda (Rodríguez et al. 2022).

En América, el mayor productor es Brasil con un 18%; le siguen Ecuador con el 6%, México y Colombia que concentran alrededor del 1% de la producción a nivel mundial, por lo tanto, cerca de 20 millones de personas dependen directamente de este cultivo y un 90% de la producción se recolecta en pequeñas explotaciones con menos de 5 hectáreas (Phillips & Amores, 2018).

En Ecuador el cultivo de cacao desde hace varios años se ha visto afectado por enfermedades fúngicas como *Moniliasis* conocida comúnmente como Monilia, *M perniciosa* también se presenta la pudrición por agua, pudrición por helada, mancha de ceniza o enfermedad de mal de Quevedo que es causada por el hongo *M roreri*, orden moniliosa, familia de los *basidiomicetos Moniliaceae*; Utilizando genética molecular demostraron que existen cinco variedades del hongo moniliasis, todas ellas nativas de Colombia, algunas son endémicas porque nunca salieron del país y otras se propagaron a otros países de América mediante el movimiento de material vegetal (Figueroa, 2017).

Las principales estrategias para el control de enfermedades del cacao incluyen: uso de variedades tolerantes, diseño apropiado de planta, valor nutricional, condiciones ambientales adecuadas para el cultivo para así reducir los niveles de incidencia de estas enfermedades, aplicación de labores culturales fitosanitarias entre ellas: eliminación de partes enfermas, uso de fungicidas y controles biológicos. Sin embargo, estas medidas de prevención por sí solas no controlan completamente los patógenos, por lo que plantar material resistente es la alternativa de control a largo plazo más económica y prometedora. Las pruebas de selección de materiales

son la clave para el mejoramiento de los cultivares, pero la enfermedad es causada por un patógeno que ejerce presión debido a su diversidad genética (Solís et al., 2021).

Para mantener tan baja la incidencia de la enfermedad, no se deben descuidar otras labores agrícolas como el desmalezado (matar retoños), chapia, poda y remoción de ramas cruzadas, recolección frecuente de frutos sanos y enfermos y finalmente la fertilización con fertilizantes orgánicos o químicos (Figuerola, 2017).

El presente tema de investigación reúne los componentes esenciales por medio de la aplicación de una metodología descriptiva, cualitativa-cuantitativa para el análisis de resultados, debido a que la presencia de enfermedades en el cultivo de cacao generan pérdidas económicas y bajo rendimiento en la plantación. Por lo que se realizó la estimación de las pérdidas económicas causadas por enfermedades como *M. royeri* y *M. perniciosa* y *P.* respectivamente, que ocasionan la disminución de los ingresos económicos debido a los bajos rendimientos de las cosechas al verse afectadas y que en múltiples ocasiones pueden causar hasta la muerte de las plantas. Por lo que esta investigación se realizó con el objetivo de estimar las pérdidas económicas generadas por enfermedades en cultivo de cacao y a la vez los productores cacaoteros del cantón Pedernales obtengan conocimientos técnicos del daño que ocasiona estas enfermedades.

1.6 MARCO TEÓRICO

1.6.1 Antecedentes

Mencionan Phillips & Amores. (2018) México es el país más afectado, desde el inicio de la enfermedad en 2005 la producción disminuyó alrededor de un 60%, en 2013 el 70% de la producción se vio afectada debido a las altas temperaturas, Chiapas y Tabasco el daño es del 50% de la producción. En Colombia, las pérdidas anuales son del 40% del cacao seco, y en Ecuador, el cacao involucra a unas 100.000 familias productoras en la región norte amazónica del Ecuador, perdiendo más del 40% de la producción, equivalente a 20 millones de dólares al año.

Pino et al. (2023) realizó una investigación en la "Asociación El Deseo" en el cantón Milagro-Guayas, Ecuador; con el objetivo de realizar una estimación en el año 2022 de los beneficios perdidos en la variedad de cacao arriba generado por la presencia de Escoba de bruja (*Moniliophthora Perniciosa*) y Monilia (*Moniliophthora Roreri*), aplicando una metodología mixta donde se integraron datos cuantitativo y cualitativo, por medio de una investigación descriptiva y documental, la recolección de datos fue de fuente primaria en la UNOCACAE. Resultando de ello obtuvo que la asociación el Deseo tuvo pérdidas totales de USD 45.854,22. Concluyendo que, en 2022, cada productor perdió en promedio unos \$1,042.14 USD por ataques de Escoba de Bruja y Monilia, en 44 familias de la mencionada asociación; Es decir, el impacto fue del 35,9% de la producción e ingresos totales de ese año.

Figuerola. (2017) menciona en su investigación donde realizó un análisis de los daños de *M roreri* (monilia) en la producción de cultivos de cacao, por ser una

enfermedad que afecta a las plantas en cualquier etapa de producción, provocando pérdidas económicas que pueden superar el 80%. Los objetivos fueron analizar la evolución de *M roreri* en cultivos de cacao en producción, se evaluaron metodologías de otros autores para poder establecer métodos que permitan reducir la presencia de *M roreri* en plantaciones de cacao, aplicó un diagnóstico de la situación actual respecto de la incidencia de *M roreri* en la producción de cultivos de cacao en el Valle de San Vicente y una propuesta de manejo para su control. El método utilizado permitió el uso de métodos de observación científica, lógico - deductivo y lógico - inductivo, la técnica utilizada fue el estudio de los productores de cacao. Los resultados muestran que *M roreri* es una enfermedad que ha aparecido en el cultivo del cacao desde hace varias décadas, y aún no existen técnicas adecuadas de prevención y control de esta enfermedad, lo que lleva a una reducción en la producción de hasta un 80%, provocando pérdidas económicas a los productores, sumado al limitado conocimiento que los cacaocultores deben detectar y permitir la presencia de esta estrategia fúngica, concluyendo así que era nociva. que existe la necesidad de capacitar a los productores en el manejo y control de *Moniliophthora roreri* (monilia) en la producción de cacao.

Por otro lado, Lezaun. (2023) menciona que la mancha negra del cacao, mancha parda, podredumbre parda o negra es una enfermedad de origen fúngico que afecta el cultivo de cacao es ocasionada por hongos del complejo *Phytophthora*. Esta enfermedad se encuentra en todo el mundo en todos los países productores de cacao. Se informó por primera vez en 1727 en la isla de Trinidad. En las regiones de África occidental y África central, responsable de aprox. 70% de la producción

mundial de cacao: pérdidas importantes debido a la reducción del rendimiento y la calidad del grano. Este efecto negativo provoca una pérdida promedio de aproximadamente el 30% y la muerte de los árboles del 10%, que puede aumentar en presencia de factores como la alta humedad del suelo y ambiente.

1.7 Bases Teóricas

1.7.1 Origen del cultivo de cacao

El cultivo del cacao se originó en América; Se han propuesto varios centros de origen, como Mesoamérica, Sudamérica o una combinación de origen de cacao criollo en Mesoamérica y cacao extranjero en Sudamérica. Sin embargo, un estudio que analizó las plantaciones de cacao en los países donde se cultiva la planta mostró que la mayor diversidad de alelos provino de la región del alto Amazonas de Perú y Brasil. Otros estudios han confirmado lo anterior y muestran que el alto Amazonas en Perú, Ecuador y la región amazónica compartida por Perú, Colombia y Brasil es el centro de origen del cacao, *Theobroma* se divide en veintidós especies, de las cuales *Theobroma cacao* es la más conocida (Rodríguez et al., 2022).

En relación con lo anterior Sánchez et al. (2021) mencionan que el cacao es un cultivo de plantación tropical establecido en regiones cálidas y húmedas en latitudes comprendidas entre los 10 grados norte y 10 grados sur del Ecuador. Desde hace años el cacao se ha comercializado sin darle tanto valor agregado y más como materia prima, el proceso postcosecha se los realiza con la recolección de los granos de cacao, secado y fermentado, esto incide en que el precio de comercialización sea muy bajo, debido a que una pequeña parte de la producción

es procesada para la obtención de productos finales como son: la manteca, el licor de cacao, la pasta de cacao y el chocolate.

Por otra parte, James. (2009) menciona que el cacao (*Theobroma cacao* L.) constituye un pilar histórico y económico para el Ecuador desde el periodo colonial. En la actualidad, se posiciona como el tercer producto agropecuario de exportación más relevante, aportando un 6,7% al Producto Interno Bruto (PIB) nacional, donde los pequeños agricultores poseen extensiones de terrenos de hasta 5 ha y las grandes producciones abarcan propiedades de aproximadamente 500.000 ha distribuidas en 100.000 unidades de producción. Asimismo, el 75% de la producción corresponde a la categoría de "Cacao Fino de Aroma", bajo la denominación de origen "Arriba", vinculada geográficamente a la cuenca alta del río Guayas.

1.7.2 Descripción del cacao

Menciona Martínez. (2019) el cacao es el fruto de un árbol tropical nativo cuyo nombre botánico es *Theobroma cacao*. Pertenece a la familia de las *Theobromas* que suman unos 20 géneros de otros árboles, los cuales pueden llegar a producir frutos muy similares a la baya del chocolate. Esta baya se conoce con el nombre de mazorca de unos 30 cm de largo que puede llegar a pesar unos 450 gramos cuando está maduro. Es en su interior donde guarda su parte más valiosa, unas 30 semillas de cacao que son las que, tras su tostado y fermentación, darán lugar al chocolate.

De igual manera, Russell. (2020) menciona que el cacao crece hasta una altura de 6 a 12 metros (20 a 40 pies), manteniéndose generalmente en el extremo inferior

de este rango. Sus hojas oblongas y coriáceas miden hasta 30 cm (12 pulgadas) de largo y se caen periódicamente, siendo reemplazadas por hojas nuevas de un rojo llamativo cuando son jóvenes. Sus flores son malolientes o inodoras; pueden estar presentes en todo momento, pero aparecen en abundancia dos veces al año. Estas flores crecen en racimos directamente del tronco y las ramas, y miden aproximadamente 1 cm (0,4 pulgadas) de alto y ancho. Pueden ser blancas, rosadas, amarillas o rojo brillante, según la variedad, y son polinizadas por pequeños mosquitos llamados jejenes en muchas zonas.

En relación con lo anterior, Infante et al. (2024) describen el cacao (*T cacao* L.) como originario de zonas tropicales y cultivado en sistemas agroforestales. Se conocen tres grupos genéticos principales en todo el mundo; grupo externo (frutos de lisos a ásperos y semillas aplanadas de color rojo a marrón); El grupo Criollo (frutos ásperos y semillas en su mayoría redondas de color rosa a crema) y el cruce de estos dos grupos dieron lugar al grupo Trinitario (frutos lisos y ásperos y semillas aplanadas a redondas de color marrón a crema). De estos tres grupos, el tipo criollo es el más buscado entre los chocolateros originales, caracterizado por un perfil sensorial amplio y complejo; Sin embargo, a nivel mundial son muy pocos los cacaos criollos caracterizados y registrados con el objetivo de producir plantas certificadas de calidad, lo que dificulta su seguimiento desde el campo hasta el producto terminado.

De acuerdo con lo mencionado Raffino. (2021) describe que la planta del cacao es un árbol originario de la Amazonia, también conocido como árbol del cacao, ya

que cacao suele referirse al fruto que da este árbol, o incluso al producto del secado y fermentación de las semillas de este fruto. Es un árbol de hoja perenne, siempre en flor, que requiere un clima húmedo y cálido. Suele medir unos 7 metros en cultivo, pero más de 20 metros en estado salvaje. El fruto del árbol del cacao, llamado "frasco", es una baya grande, ovalada y carnosa, de color amarillo a morado con 30 cm de longitud. Dentro de cada mazorca de cacao hay de 30 a 40 semillas incrustadas en la pulpa. Los frutos maduros pueden pesar unos 450 gramos, que comienzan a los cuatro o cinco años de vida del árbol

1.7.3 Clasificación Taxonómica

El cultivo de cacao (*T cacao L.*) posee la siguiente clasificación taxonómica de acuerdo a (Martínez, 2021):

Tabla 1. Clasificación Taxonómica de cacao (*T cacao L.*)

Reino	<i>Plantae</i>
Subreino	<i>Embriofita</i>
División	<i>Magnoliophyta</i>
Clase	<i>Magnoliopsida</i>
Orden	<i>Malvales</i>
Familia	<i>Malvaceae</i>
Género	<i>Theobroma</i>
Especie	<i>Theobroma cacao L.</i>

Fuente: (Martínez, 2021)

1.8 Principales enfermedades del cacao

1.8.1 *Moniliophthora roreri*

Es un hongo hemibiotrófico su proceso de infección comienza cuando los conidios o las esporas de hongos reproductivos vuelan a la superficie del fruto. Debido a las altas condiciones de temperatura y humedad, germinan y penetran en los frutos desde las primeras etapas de la enfermedad. Se presentan síntomas externos entre 40 y 80 días después de la infección, apareciendo pequeñas manchas negras en la superficie de la mazorca. En otras palabras, la fruta infectada no presenta síntomas en las primeras etapas de la enfermedad. Después de que se forman estas manchas oscuras, se forma un polvo blanco característico en la superficie del oído afectado debido a la presencia de millones de conidias. Este polvo permite que el hongo se propague fácilmente por el agua, el viento y los trabajadores, a frecuencia de la enfermedad depende de la variedad, la edad del fruto y la cantidad de precipitaciones y la incidencia de la enfermedad es mayor cuando hay altas precipitaciones, el hongo infecta solo el tejido en crecimiento, especialmente los frutos jóvenes (Phillips & Amores, 2018).

En este mismo contexto, Romero et al. (2019) señalan que *Moniliophthora roreri* es el hongo de mayor importancia agroeconómica, ataca alrededor de cuatro especies de cacao en América. El genoma de este hongo consta de aprox. 52,3 Mpb, cuyos genes de interés se agrupan según su naturaleza. Por otro lado, *Moniliophthora* es capaz de metabolizar proteínas implicadas en procesos infecciosos, regulación metabólica y mecanismos de defensa.

Por lo tanto, la moniliasis (*Moniliophthora roreri*), es causada por el hongo *Moniliophthora roreri*, es una de las patologías más devastadoras del cacao debido a su ataque directo al fruto. Esta enfermedad deteriora la calidad del grano sin importar la fase de maduración de la mazorca. Sus manifestaciones físicas son evidentes, aunque dependen de la edad del tejido: en frutos prematuros se presentan manchas oleosas que derivan en necrosis; mientras que en frutos maduros, la infección se manifiesta a través de deformaciones y manchas con características rugosas (Arciniega, 2017).

1.8.2 Taxonomía de *Moniliophthora roreri*

Tabla 2. Taxonomía de la *Moniliophthora roreri*

Dominio	Eucariota
Reino	Fungi
División	<i>Basidiomycota</i>
Subfilo	<i>Agaricomycotina</i>
Clase	<i>Agaricomycetes</i>
Orden	<i>Agaricales</i>
Familia	<i>Marasmiaceae</i>
Género	<i>Moniliophthora</i>
Especie	<i>Moniliophthora roreri</i>

Fuente: (Krauss, 2012) *Moniliophthora roreri*

1.8.2 *Moniliophthora perniciosa*

El hongo *M perniciosa*, que provoca la enfermedad conocida como escoba de bruja del cacao y es endémica de las regiones tropicales de Suramérica. Se propaga a través de tejidos vegetales como semillas, ramitas, frutos, brotes y ramas. Afecta a diversas especies del género *Theobroma*, genera daños en los brotes, ramas, flores, frutos y el crecimiento anormal. Este patógeno provoca importantes pérdidas en la producción de cacao a nivel mundial (Dirección General de Sanidad Vegetal, 2022).

De manera similar Hernández. (2016) expresa que el hongo que causa la escoba de bruja afecta brotes jóvenes, almohadillas florales y frutos con diferentes síntomas. En el tallo y las ramas se forman estructuras llamadas cepillos vegetativos, lo que da nombre a la enfermedad. Después de varias semanas, comienzan a marchitarse hasta morir por completo, tras lo cual se les llama retamas secas y permanecen adheridas al tallo o ramas por mucho tiempo. La infección del huésped y la esporulación de los hongos a menudo están sincronizadas de un árbol a otro, especialmente entre material genético similar.

Reporta Pérez, (2018) que esta enfermedad se presenta la mayor parte de América Latina, por lo que *M perniciosa* puede infectar las mazorcas y necrosar el grano. Los árboles afectados reducen drásticamente la producción de mazorcas y los carpóforos típicos del agárico se forman en el tejido afectado.

1.8.5 Taxonomía de *Moniliophthora perniciosa*

Tabla 3. Taxonomía de *Moniliophthora perniciosa*

Dominio	Eucariota
Reino	Fungi
Filo	<i>Basidiomycota</i>
Subfilo	<i>Agaricomycotina</i>
Clase	<i>Agaricomycetes</i>
Subclase	<i>Agaricomycetidae</i>
Orden	<i>Agaricales</i>
Familia	<i>Marasmiaceae</i>
Género	<i>Moniliophthora</i>
Especie	<i>Moniliophthora perniciosa</i>

Fuente: (Centro para la Agricultura y la Biociencia Internacional, 2021)

1.8.3 Mancha negra (*Phytophthora spp*)

Phytophthora grupo de patógenos vegetales más devastador del planeta, sus miembros causan anualmente enormes pérdidas económicas en cultivos agrícolas y son extremadamente destructivos en diversos ecosistemas forestales a nivel mundial. Su efecto directo en la pérdida de plantas está ampliamente documentado. El nombre del género deriva acertadamente del griego *fito* (planta) y *phthora* (destructor). La taxonomía de *Phytophthora*, con más de 64 especies, aún es objeto de debate, pero esta cambia constantemente con la descripción de nuevas especies y la fusión de otras, a medida que se utilizan herramientas de diagnóstico molecular para caracterizar el género (Hardy, 2004).

En relación con lo anterior la Universidad de California. (2017) menciona que la *Phytophthora* infecta las raíces y la corona, provoca que las hojas se marchiten, se decoloren, se achiquen y se caigan prematuramente., las plantas infectadas en su madurez crecen lentamente y pueden decaer gradualmente, las pequeñas lesiones marrones que rodean las raíces alimentadoras son un síntoma temprano de infección. A medida que la enfermedad progresa, las pequeñas raíces fibrosas alimentadoras escasean, cuando están presentes, las raíces pequeñas son negras, quebradizas y mueren a causa de la infección.

Los daños antes mencionados explican patógenos vegetales como *Phytophthora spp.* hoy en día, se clasifica como uno de los Oomicetos más destructivos. Se han descrito alrededor de 281 especies de plantas, pero sólo unas pocas son de importancia económica para la industria del cacao. Las infestaciones causadas por *Phytophthora* pueden comenzar multiplicándose en el suelo, las flores, la corteza de los árboles, la pudrición del tallo y las frutas infectadas, especialmente se desarrolla en ambientes húmedos con una humedad relativa superior al 80% (Rojas, 2024).

1.8.4 Taxonomía de Mancha negra (*Phytophthora spp*)

Tabla 4. Taxonomía de la Mancha negra (*Phytophthora spp*)

Dominio	<i>Eukaryota</i>
Reino	<i>Chromista</i>
Phylum	<i>Oomycota</i>
Clase	<i>Peronosporae</i>

Orden	<i>Peronosporales</i>
Familia	<i>Peronosporaceae</i>
Género	<i>Phytophthora Spp.</i>

Fuente: (Rojas, 2024)

CAPITULO II

2. METODOLOGÍA

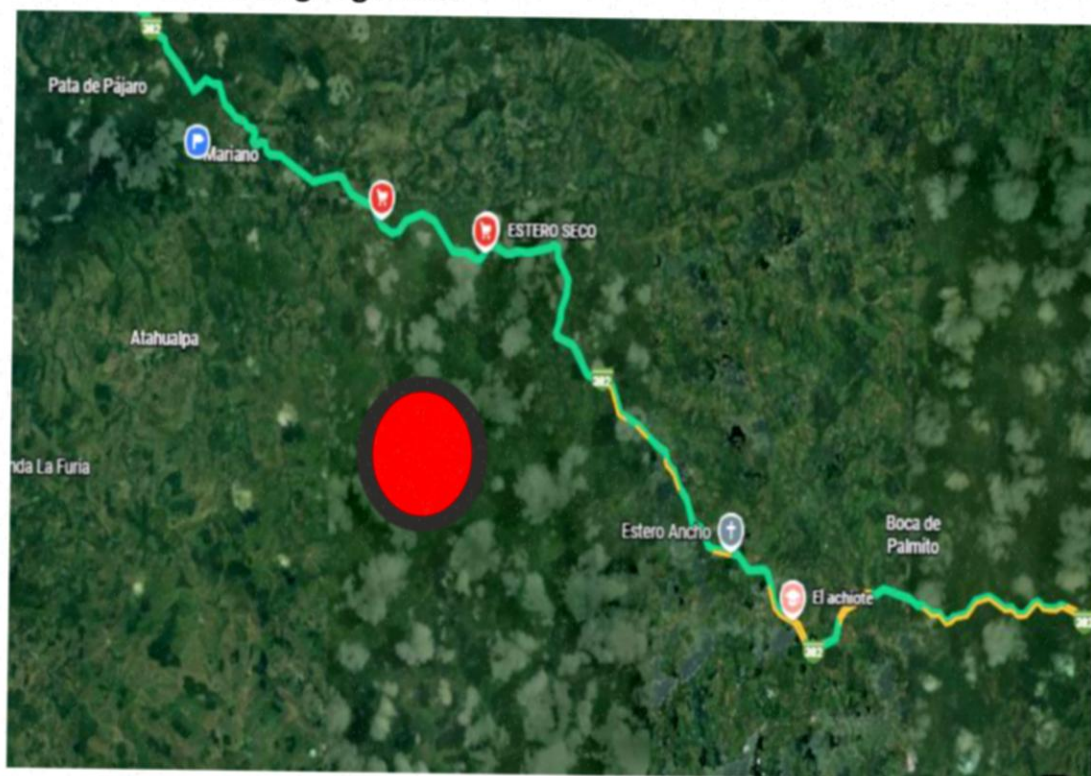
2.1 Métodos de investigación

En el presente trabajo de investigación experimental teórico-práctico, se aplicaron métodos científicos y prácticos que permitieron evaluar el manejo integrado de las principales enfermedades fúngicas que afectan el las mazorcas de cacao (*T cacao L*), mediante la caracterización fitosanitaria, el análisis de prácticas culturales de control y la estimación de las pérdidas económicas asociadas, con el fin de proponer estrategias técnicas eficientes que reduzcan su incidencia, severidad y efecto sobre la productividad del cultivo, se empleó una metodología experimental con enfoque cuantitativo, descriptivo y de campo, el análisis de datos se realizó a través del programa estadístico Minitab de forma que se generó una mayor confianza sobre las variables de respuesta en estudio.

2.1.1 Localización

El estudio se desarrolló en fincas productoras de cacao ubicadas en el sitio Estero Hondo perteneciente a la parroquia Atahualpa en el cantón Pedernales, provincia de Manabí, Ecuador.

2.1.2 Ubicación geográfica



Fuente: (Google Earth, 2025)

2.1.3 Características climáticas

Tabla 5. Características climáticas de la parroquia Atahualpa

Precipitación medio anual: 1000–2000 mm/año
Temperatura media anual: 34°C
Humedad relativa anual: 73 % - 83%
Heliofania anual: 1070,3 (horas/sol)

Fuente: (Toapanta, 2019)

2.1.4 Duración

La investigación se desarrolló desde el 28 de junio de 2025 hasta el 17 de diciembre de 2025 con una duración de seis meses.

2.1 MÉTODO Y TÉCNICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1 Método de investigación

El presente trabajo es de carácter descriptivo experimental, en la investigación se aplicaron conocimientos, métodos como la observación directa y diferentes técnicas para la obtención de resultados, los datos obtenidos de las variables en estudio fueron evaluadas a través del software estadístico MINITAB, mediante análisis de varianza (ADEVA) con prueba de Tukey ($p < 0,05$) para la separación de medias.

2.2 Técnicas de investigación

Las técnicas que se utilizaron en la presente investigación se establecen bajo el criterio científico y descriptiva, debido a que la investigación es de tipo experimental con parcelas divididas, con toma de datos a través del método observacional, descriptivo y cuantitativo, donde se evaluó las variables de respuesta: Número de mazorcas con *Moniliasis*, número de mazorcas de escoba de bruja vegetativa, número de mazorcas con Escoba de Bruja, número de mazorcas con *Phytophthora*.

2.3 Diseño de la investigación

2.3.1 Factores estudiados

Se utilizó un diseño de parcelas divididas con arreglo factorial (AxBxC) (2x2x2) donde se evaluaron los siguientes factores:

A: Podas

B: Recolección de mazorcas

C: Porcentaje de sombra

Tabla 6. Factores en estudio

FACTOR A
A1: Poda a los 30 días
A2: Poda a los 60 días
FACTOR B
B1: Recolección de mazorcas infectadas a los 7 días
B2: Recolección de mazorcas infectadas a los 15 días
FACTOR C
C1: Sombra 30%
C2: Sombra 60%
Elaborado por Autor (Cobeña, 2026)

Tabla 7. Estructura de tratamientos

ESTRUCTURA	FACTOR A	FACTOR B	FACTOR C
A1B1C1	Poda a los 30 días	Recolección de mazorcas infectadas a los 7 días	Sombra 30%
A1B2C1	Poda a los 30 días	Recolección de mazorcas infectadas a los 15 días	Sombra 30%
A1B1C2	Poda a los 30 días	Recolección de mazorcas infectadas a los 7 días	Sombra 60%
A1B2C2	Poda a los 30 días	Recolección de mazorcas infectadas a los 15 días	Sombra 60%
A2B1C1	Poda a los 60 días	Recolección de mazorcas infectadas a los 7 días	Sombra 30%
A2B2C1	Poda a los 60 días	Recolección de mazorcas infectadas a los 15 días	Sombra 30%
A2B1C2	Poda a los 60 días	Recolección de mazorcas infectadas a los 7 días	Sombra 60%
A2B2C2	Poda a los 60 días	Recolección de mazorcas infectadas a los 15 días	Sombra 60%

Elaborado por Autor (Cobeña, 2026)

2.3.2 Tipo y diseño de la investigación

La presente investigación de carácter descriptivo debido a que permitió la caracterización de la incidencia, severidad y daños económicos ocasionados por *M royeri*, *M perniciosa* y *Phytophthora*, las variables fueron observados de forma natural

tal como ocurre en las áreas de producción, la información se obtuvo por medio de revisiones de trabajos experimental como ensayos, libros, artículos de revistas e informes de carácter científico relevante referente al tema de estudio y los datos numéricos se recopilaron y posteriormente fueron tabulados y analizados por medio del software estadístico MINITAB. Se utilizó un diseño de parcelas divididas, donde el factor principal se le asignaron las parcelas principales (Poda) y los factores secundarios a las subparcelas (recolección de mazorcas infectadas y porcentaje de sombra), lo cual permitió evaluar la incidencia de las enfermedades fúngicas en mazorcas de cacao (*T cacao L*).

Tabla 8. *Características generales de la parcela experimental*

DESCRIPCIÓN	UNIDAD
Área total del ensayo	10.000 m ²
Forma de la Unidad experimental	Rectangular
Área del cálculo	8 m ²
Área de borde	3x3 m
Total, plantas U.E:	16
Total, plantas en el área de cálculo	4
Total, de plantas en el área de bordes	16
Número total de plantas en el experimento	112 plantas

Elaborado por Autor: (Cobeña, 2026)

2.3.3 MATERIALES Y EQUIPOS

Tabla 9. *Materiales y equipos para el desarrollo de la investigación*

MATERIALES
Carteles informativos
Pirola nailon
Cinta de peligro (restricción)
EQUIPOS
Tijeras de podar
Machetes
Pala
Rastrillos
Cinta
GPS
Cuadernos
Esferos y marcadores
Gramera digital
Elaborado por Autor: (Cobena, 2026)

2.3.4 Esquema de ADEVA

Tabla 10. *Análisis de la Varianza ADEVA*

Fuente Variación	G.L.
Total	31
Repeticiones	3

Factor (A) Poda	1
Error(A) = Bloques×A	$((r-1)(a-1)=3 \cdot 1=3)$
Factor (B) Recolección de mazorca	1
Error(B) = Bloques×A×B	$((r-1)a(b-1)=3 \cdot 2 \cdot 1=6)$
A×B	$((a-1)(b-1)=1 \cdot 1=1)$
Factor (C) % sombra	1
A×C	$((a-1)(c-1)=1)$
B×C	$((b-1)(c-1)=1)$
A×B×C	$((a-1)(b-1)(c-1)=1)$
Error	$((r-1)ab(c-1)=3 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 1=12)$
Elaborado por Autor: (Cobena, 2026)	

2.4 ANALISIS FUNCIONAL

El análisis de datos se realizó a través de la prueba de comparaciones de medias prueba de Tukey con un nivel de significancia $\alpha = 0,05$ y para el procesamiento de la información se empleó el software estadístico MINITAB.

2.4.1 Modelo Matemático

Establecen Rodríguez et al., (2025) el siguiente modelo matematico para el diseño experimental de aprcelas divididas.

$$Y_{ijkl} = \mu + B_i + A_j + (BA)_{ij} + B_k + (AB)_{jk} + C_l + (AC)_{jl} + (BC)_{kl} + (ABC)_{jkl} + \epsilon_{ijkl}$$

Y: es la variable de interés

μ : es la media aritmética general

Bi, Aj, Bk, CI, KI: son los efectos causados por hileras, columnas y factores A, B y C respectivamente.

(BA)_{ij}: es el error de la parcela principal

(BC)_{kl}: es la interacción entre ambos factores

BkB_kBk: Efecto del factor B (frecuencia de recolección)

(AB)_{jk}(AB)_{jk}(AB)_{jk}: Interacción A × B

CIC_ICI: Efecto del factor C (sombra)

(AC)_{jl}(AC)_{jl}(AC)_{jl}: Interacción A × C

(BC)_{kl}(BC)_{kl}(BC)_{kl}: Interacción B × C

(ABC)_{jkl}(ABC)_{jkl}(ABC)_{jkl}: Interacción triple

jkl+ ϵ_{ijkl} : Error experimental de la sub-subparcela

2.5 Variables de respuesta

2.5.1 Variable independiente

Pérdidas económicas en el cultivo de cacao a causa de la presencia de *M roreri*, *M pernicioso* y *P spp.*

2.5.2 Variables dependientes

En el presente trabajo de investigación se midieron las siguientes variables las cuales fueron: Número de mazorcas con *Moniliasis*, número de mazorcas de Escoba de Bruja vegetativa, número de mazorcas con Escoba de Bruja, número de mazorcas con *Phytophthora*.

2.6 Manejo del ensayo

2.6.1 Control de malezas

El control de las malezas fue realizado desde la tercera semana del mes de junio de 2025, con la finalidad de limpiar el terreno para después proceder con el proceso de poda de las plantas de cacao (*Theobroma cacao L*) establecidas dentro del ensayo experimental, después se realizaron deshierbes durante el tiempo que duro el experimento.

2.6.2 Podas

Las podas fueron realizadas a los 30 y 60 días, con el objetivo de eliminar las partes vegetales afectadas por *Moniliasis*, *Phytophthora* y Escoba de bruja en las plantas en estudio y de esta forma permitir una mejor aireación y paso de la luz solar, para este proceso de conto con tijeras de podar, machete y serrucho para poda, se retiraron los tejidos, mazorcas y ramas afectadas.

2.6.3 Número de mazorcas con Moniliasis

Las mazorcas afectadas por Moniliasis fueron recolectadas cada 7 y 15 días de las plantas de cacao establecidas dentro del ensayo, para su posterior análisis de datos y obtener el porcentaje de afectación de esta variable.

2.6.4 Número de mazorcas con Escoba de bruja

Las mazorcas afectadas presentaron características de achirimoyado por Escoba de Bruja fueron recolectadas cada 7 y 15 días de las plantas de cacao establecidas

dentro del ensayo, para su posterior análisis de datos y obtener el porcentaje de afectación de esta variable.

2.6.5 Número de Escoba de Bruja vegetativa

Para la obtención de datos cuantitativos de esta variable se contabilizaron los nódulos florales y el número de brotes vegetativos tiernos por cada una de las plantas afectadas por escoba de bruja.

2.6.6 Número de mazorcas con *Phytophthora*

Las mazorcas con presencia de *Phytophthora* fueron recolectadas cada 7 y 15 días de las plantas de cacao establecidas dentro del ensayo, para su posterior análisis de datos y obtener el porcentaje de afectación de esta variable, estas presentaron cambios de coloración, tallos negros y ramas secas.

2.6.7 Número de mazorcas cosechadas

Para establecer el número total de mazorcas cosechadas por plantas dentro del ensayo experimental, se contaron las mazorcas buenas recolectadas por cada tratamiento y así establecer un promedio general, para determinar la producción.

2.6.8 Rendimiento de cacao seco kg/ha

Se recolectaron los frutos buenos y sin presencia de las enfermedades antes mencionadas, esta variable fue ejecutada de forma mensual, para la obtención del rendimiento de cacao seco en kg/ha.

CAPITULO III

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Resultado de métodos y técnicas de investigación

3.1.1 Comprobación de hipótesis o contestación a las preguntas de investigación

Después de realizar el respectivo análisis de datos estadísticos a través de un diseño de bloques completamente al azar (DBCA) (2x2x2) a través de parcelas divididas con factores: A (podas), factor B(Recolección de frutos infectados) factor C (porcentaje de sombra), se acepta la hipótesis alternativa, donde se menciona que existen diferencias significativas entre las diferentes enfermedades que afectan el cultivo de cacao (*T cacao L*) en cuanto a su sintomatología, origen e impacto en la producción.

3.2 Resultados de Objetivo 1. Caracterizar las principales enfermedades fúngicas que afectan las mazorcas de cacao (*Theobroma cacao L.*) en el cantón Pedernales, identificando su ciclo de vida, mecanismo de infección, métodos de control, cultural, químico y biológico para reducir su incidencia y afectación en el cultivo

Tabla 11. Caracterización de Moniliasis

MONILIASIS	
Descripción	Por su analogía con el nombre científico inicial se llamó Monilia o Moniliasis. Se conoce, también, con los

	nombres de mancha, podredumbre del fruto de cacao, paludismo, hielo, pringue, ceniza y polvillo. Es causada por el hongo <i>M roreri</i> .
Ciclo de vida	Normalmente, desde el momento de la infección hasta la aparición de los primeros síntomas transcurre un mes; mes y medio después aparece la mancha chocolate y finalmente después de 8-9 días se forma la estructura lanosa o de fieltro de color crema indicadora de la presencia de gran número de esporas maduras.
Mecanismo de infección	En frutos de menos de tres meses de edad, el primer síntoma de la infección es la aparición de gibas, jorobas o abultamientos de aspecto brillante. En frutos mayores de 3 meses el primer síntoma es la presencia de puntos aceitosos sub-epidermales.
Métodos de control cultural	Los frutos enfermos removidos de los árboles a intervalos de una semana (7 días) y dejados en el suelo sujetos a su descomposición natural, ha demostrado ser una práctica eficiente que reduce la incidencia de la enfermedad a niveles por debajo del daño económico.
Control químico	Se recomiendan la aplicación de productos a base de cobre dentro del control integrado de Monilia.
Control biológico	Bajo condiciones de laboratorio se han aislado cepas de los hongos <i>Trichoderma sp.</i> y <i>Clonostachys sp.</i> con acción antagónica sobre la colonia de <i>M roreri</i>

Fuente: (Cubillos, Restrepo, & Hincapié, 2019) La *Moniliasis* del cacao: daños , síntomas, epidemiología y manejo.

Tabla 12. Escoba de bruja

ESCOBA DE BRUJA	
Descripción	M perniciosa pertenece al orden <i>Bacidiomycetes</i> , es un hongo endémico de las zonas tropicales de Sudamérica, afecta a diferentes especies de los géneros <i>Theobromas</i> .
Ciclo de vida	En la primera fase el patógeno infecta el tejido joven en crecimiento induce hipertrofia e hiperplasia, en la segunda fase el tejido con hipertrofia muere y el hongo cambia sus hábitos y crece como un saprófito.
Mecanismo de infección	Es causante de alteraciones en el balance hormonal del hospedante, provoca hipertrofia e hiperplasia y posteriormente necrosis de tejido, infecta los tejidos meristemáticos ocasionando diferentes síntomas dependiendo del órgano infectado en los meristemas apicales el crecimiento es hipertrófico y en frutos grandes las semillas se pudren.
Métodos de control cultural	Realización de podas, raleo, eliminación de chupones y mantenimiento de las zanjias de drenaje son claves para disminuir la incidencia de esta enfermedad.

Métodos de control químico	Utilización de especies como <i>Trichoderma stromaticum</i> , un parásito del micelio y basidiocarpos de <i>M pernicioso</i> .
Métodos de control biológico	Puede prevenirse o reducirse con la aplicación de fungicidas a base de cobre, debe ser aplicado en frutos jóvenes.

Fuente: (Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad, 2013) Escoba de Bruja *Moniliophthora pernicioso*.

Tabla 13. PHYTOPHTORA

PHYTOPHTORA	
Descripción	Phytophthora palmivora, es el agente causal de la enfermedad Pudrición negra de la mazorca en cacao (<i>T cacao</i>), Pudrición del cogollo en palmas (coco y palma ornamental), Pudrición de frutos y raíces de cítricos (<i>Citrus spp.</i>) y con más de 200 huéspedes registrados.
Ciclo de vida	<i>P. palmivora</i> tiene cuatro tipos de esporas (esporangios, clamidiosporas, zoosporas y oosporas) que pueden causar infección. En frutos, hojas, tallos o raíces infectados se producen esporangios, que pueden germinar directamente en la superficie de la planta o en el suelo. Ellos también pueden germinar para producir zoosporas pequeñas que se movilizan a través de sus

	flagelos. Las zoosporas se movilizan en el agua del suelo o en una superficie húmeda de la planta hasta que finalmente entran en la planta.
mecanismo de infección	La alta humedad y las salpicaduras de agua, ayudan a que las zoosporas se propaguen de una planta a otra.
Métodos de control cultural	Las inspecciones de campo después de 2 o 3 días de lluvia continua, revisar y remover las infecciones primarias en las plantas, se recomienda la incineración del material de plantas infectadas. Mejorar la circulación de aire y reducir la humedad, en viveros, evitar el riego durante la tarde o la noche para evitar períodos prolongados de humedad libre y cosechar los frutos regularmente y no dejar frutos sobre el suelo por un período largo.
Métodos de control químico	Bacterias del género <i>Bacillus</i> (<i>B. cereus</i> y <i>B. subtilis</i>) inhiben el crecimiento de <i>P. palmivora</i> , también la aplicación de la suspensión de <i>Trichoderma harzianum</i> reduce el porcentaje de infección del fruto y la intensidad de la enfermedad en 48.57%, 46.04% a las 12 semanas después de la aplicación.
Métodos de control biológico	La aplicación de fungicidas se considera el control más efectivo para las enfermedades por <i>Phytophthora</i>

Fuente: (Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria, 2022).

3.3 Resultados Objetivo 2. Determinar el número de mazorcas de cacao (T cacao L.) afectadas por enfermedades fúngicas en parcelas representativas en el sitio estero Hondo de la parroquia Atahualpa en el cantón Pedernales

3.3.1 Regresión factorial de parcela dividida: N° de mazorcas con moniliasis vs. Bloques; PODA DIAS; COSECHA DIAS M.I.; SOMBRA

Tabla 14. Resumen del modelo

S	R-cuad. (PD)	S(PC)	R-cuad. (PC)
0,934017	7,12%	*	88,88%

Tabla 15. Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Bloques	3	2,1592	0,7197	1,30	0,416
PODA DIAS	1	11,0691	11,0691	20,06	0,021
Error de PC	3	1,6556	0,5519	0,63	0,604
COSECHA DIAS M.I.	1	0,0138	0,0138	0,02	0,901
SOMBRA	1	0,1075	0,1075	0,12	0,730
PODA DIAS*COSECHA DIAS M.I.	1	0,0283	0,0283	0,03	0,859
PODA DIAS*SOMBRA	1	0,5655	0,5655	0,65	0,431

COSECHA DIAS M.I.*SOMBRA	1	0,0340	0,0340	0,04	0,846
PODA DIAS*COSECHA DIAS M.I.*SOMBRA	1	0,4547	0,4547	0,52	0,480
Error de PD	18	15,7030	0,8724		
Total	31				

Tabla 16. Ecuación de regresión en unidades no codificadas

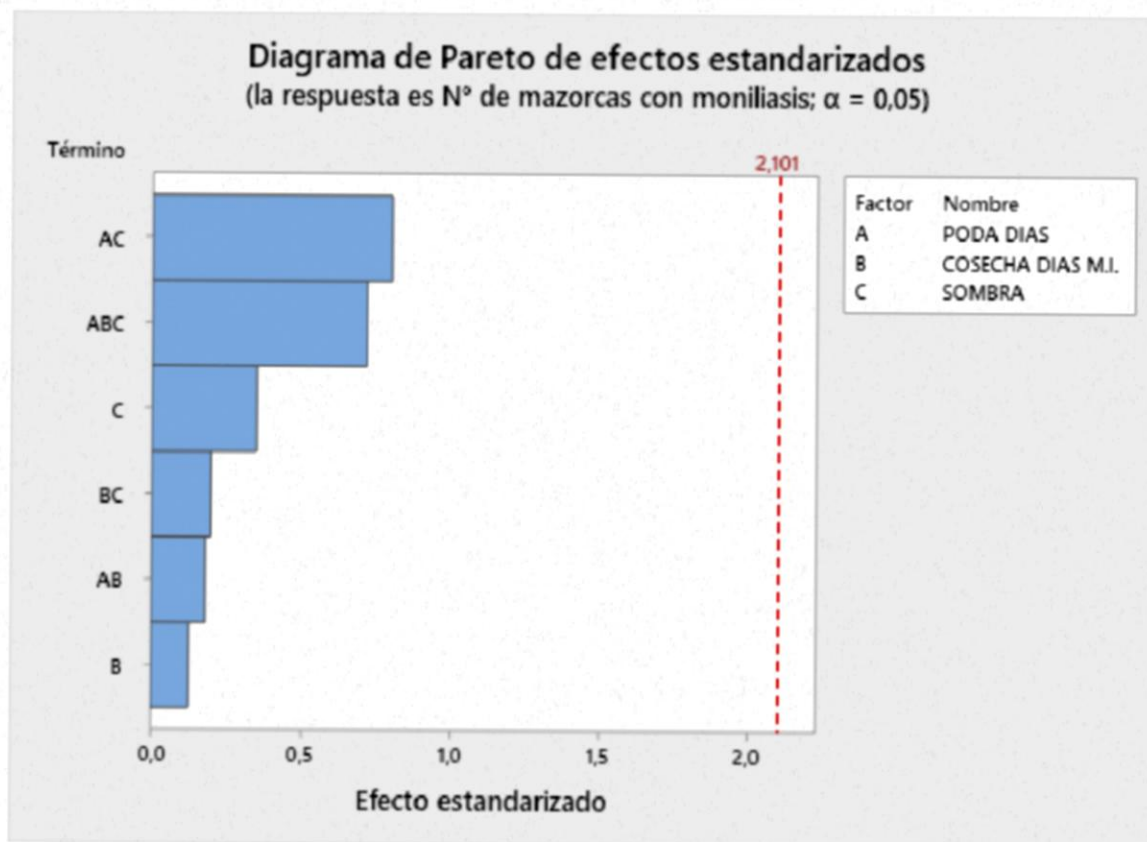
N° de mazorcas con moniliasis	=	-6,22 + 0,137 PODA DIAS + 0,271 COSECHA DIAS M.I. + 0,090 SOMBRA - 0,00646 PODA DIAS*COSECHA DIAS M.I. - 0,00205 PODA DIAS*SOMBRA - 0,00542 COSECHA DIAS M.I.*SOMBRA + 0,000132 PODA DIAS*COSECHA DIAS M.I.*SOMBRA
----------------------------------	---	---

Residuo grande R

Tabla 17. Estructura de alias

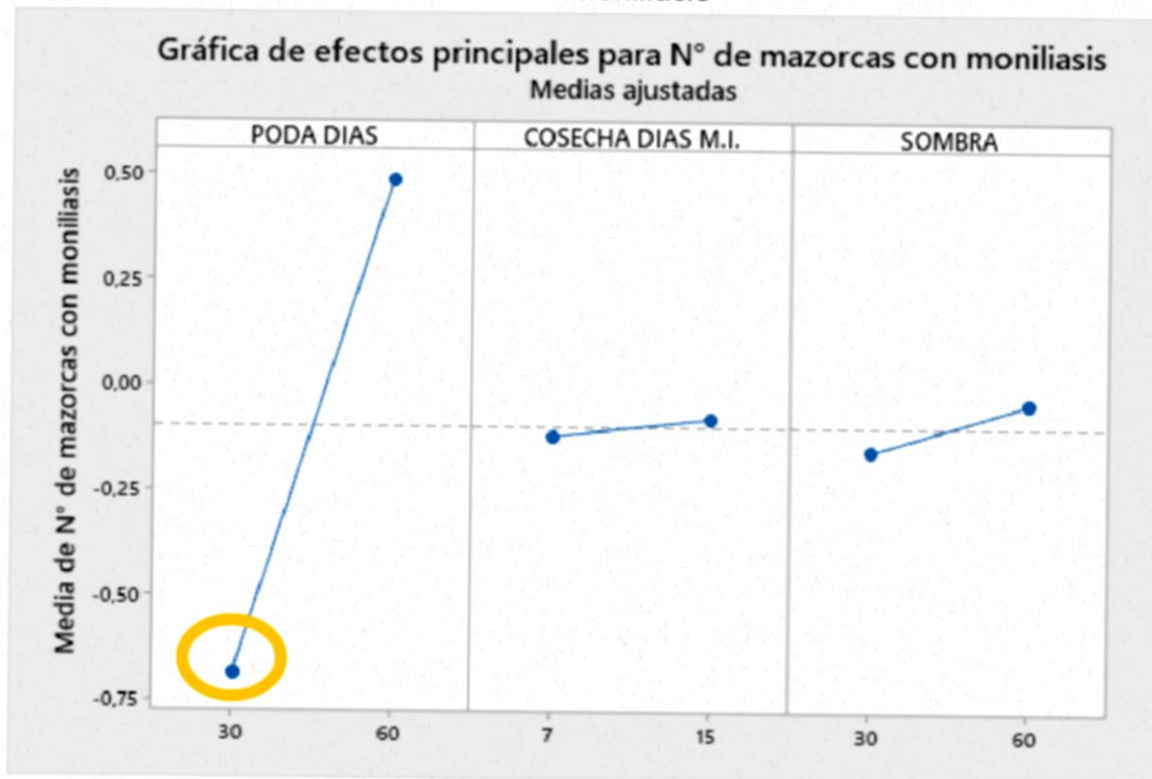
Factor	Nombre	Alias	Alias
A	PODA DIAS	Bloque 1	AB
B	COSECHA DIAS M.I.	Bloque 2	AC
C	SOMBRA	Bloque 3	BC

Gráfico 1. Diagrama de Pareto para Número de mazorcas con *Moniliasis*



De acuerdo a los resultados obtenidos después del respectivo análisis de datos se pudo observar que las actividades de poda (Factor A) es el único factor que influye de manera directa y es estadísticamente significativo en cuanto al número de mazorcas de cacao que presenta *Moniliasis*. A diferencia de los factores de recolección de mazorcas infectadas (Factor B) y factor sombra (Factor C), sea de forma aislada o combinada no presentan una reducción de *Moniliasis* si no están acompañados de una buena poda fitosanitaria, considerando que esta actividad puede ser realizada por el mismo productor y no se requiere de la aplicación de insumos químicos.

Gráfico 2. Gráfico de efectos principales para número de mazorcas con *Moniliasis*



El gráfico 2. De efectos principales para número de mazorcas con *Moniliasis* muestran que los tratamientos con poda cada 30 días permite reducir los niveles de incidencia de *Moniliasis*, a diferencia cuando las podas se realizaron a los 60 días la incidencia aumenta considerablemente. Por lo tanto, la poda es un factor clave para el control de *Moniliasis*. La frecuencia de recolección de frutos y los porcentajes de sombra reducen mínimamente esta incidencia por lo que si no se aplica las actividades de poda dentro del cultivo de cacao los resultados no serán favorables.

En contraste con los resultados obtenidos Perez. (2021) afirma que en el cultivo de cacao es recomendable manejar bien la sombra para permitir la entrada de luz y permitiendo mayor aireación, reduciendo la humedad del ambiente en el cultivo de

esta manera controlar y combatir las enfermedades que se presenten como la monilia.

En este mismo contexto, Torres, (2025) menciona que la poda fitosanitaria en el cultivo de cacao implica la remoción de yemas, ramas improductivas y partes secas de la planta, con el fin de fomentar el crecimiento de nuevas yemas y ramas. Este proceso también mejora la entrada de luz al cultivo y reduce la incidencia de plagas y enfermedades, en general, la poda ayuda a extender la vida útil de la planta y a incrementar su rendimiento.

3.3.2 Regresión factorial de parcela dividida: N. escoba de bruja vegetativa vs. Bloques; PODA DIAS; COSECHA DIAS M.I.; SOMBRA

Tabla 18. Coeficientes codificados

Término	Efecto	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p	FIV
Constante		0,0236	0,0396	0,59	0,594	
Bloques						
1		- 0,4399	0,0687	-6,40	0,008	1,50
2		- 0,1624	0,0687	-2,36	0,099	1,50
3		- 0,3260	0,0687	-4,75	0,018	1,50

PODA DIAS	0,3535	0,1768	0,0396	4,46	0,021	*
COSECHA DIAS M.I.	0,187	0,093	0,170	0,55	0,590	1,00
SOMBRA	0,365	0,182	0,170	1,07	0,297	1,00
PODA DIAS*COSECHA DIAS M.I.	0,245	0,122	0,170	0,72	0,481	1,00
PODA DIAS*SOMBRA	-0,050	-0,025	0,170	-0,15	0,884	1,00
COSECHA DIAS M.I.*SOMBRA	-0,147	-0,073	0,170	-0,43	0,671	1,00
PODA DIAS*COSECHA DIAS M.I.*SOMBRA	-0,232	-0,116	0,170	-0,68	0,503	1,00

Tabla 19. Resumen del modelo

S	R-cuad. (PD)	S(PC)	R-cuad. (PC)
0,961234	12,82%	*	98,58%

Tabla 20. Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Bloques	3	9,5015	3,16715	62,96	0,003
PODA DIAS	1	0,9997	0,99971	19,87	0,021
Error de PC	3	0,1509	0,05031	0,05	0,983
COSECHA DIAS M.I.	1	0,2784	0,27845	0,30	0,590

SOMBRA	1	1,0643	1,06431	1,15	0,297
PODA DIAS*COSECHA DIAS M.I.	1	0,4792	0,47923	0,52	0,481
PODA DIAS*SOMBRA	1	0,0204	0,02037	0,02	0,884
COSECHA DIAS M.I.*SOMBRA	1	0,1720	0,17197	0,19	0,671
PODA DIAS*COSECHA DIAS M.I.*SOMBRA	1	0,4323	0,43233	0,47	0,503
Error de PD	18	16,6315	0,92397		
Total	31				

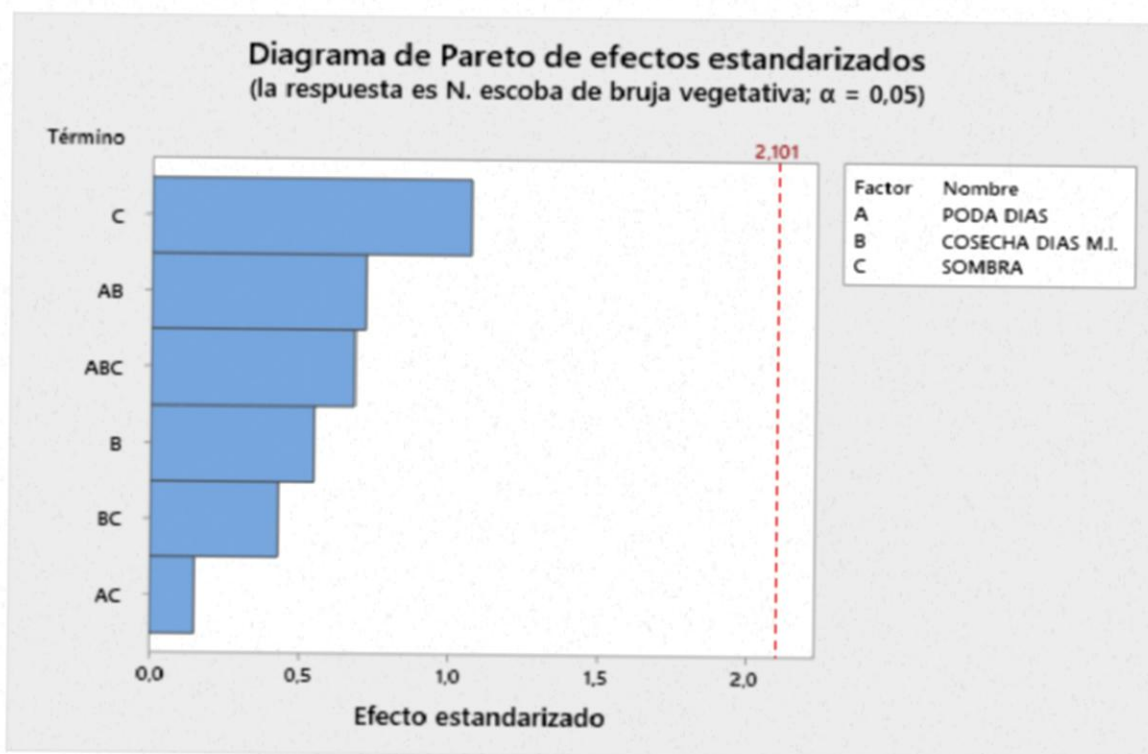
Tabla 21. Ecuación de regresión en unidades no codificadas

N. escoba de bruja vegetativa	=	1,74 - 0,070 PODA DIAS - 0,275 COSECHA DIAS M.I. - 0,033 SOMBRA + 0,00785 PODA DIAS*COSECHA DIAS M.I. + 0,00131 PODA DIAS*SOMBRA + 0,00459 COSECHA DIAS M.I.*SOMBRA - 0,000129 PODA DIAS*COSECHA DIAS M.I.*SOMBRA
----------------------------------	---	--

Tabla 22. Estructura de alias

Factor	Nombre	Alias	Alias
A	PODA DIAS	Bloque 1	AB
B	COSECHA DIAS M.I.	Bloque 2	AC
C	SOMBRA	Bloque 3	BC

Gráfico 3. Diagrama de Pareto para número de escoba de bruja vegetativa



El Factor A (podas) presentó un efecto estadísticamente significativo sobre el número de escobas vegetativas ($p = 0,021$). En contraste, el Factor B (recolección de frutos o cosecha) y el Factor C (porcentaje de sombra) no mostraron efectos significativos ($p > 0,05$). Estos resultados indican que la variabilidad observada en el número de escobas vegetativas está principalmente influenciada por el Factor A (podas). Por lo tanto, al realizar labores culturales como la poda se puede disminuir significativamente el tejido infectado por escoba de bruja, debido a que este permite el paso de la luz solar y así se reducen los niveles de humedad los cuales son propicios para la propagación de enfermedades. Por lo tanto, el Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad. (SENASICA, 2013) menciona que la realización de podas, raleo, eliminación de chupones y mantenimiento de las zanjas de drenaje son claves para disminuir la incidencia de esta enfermedad.

3.3.3 Regresión factorial de parcela dividida: N Mazorcas escoba de bruja vs. Bloques; PODA DIAS; COSECHA DIAS M.I.; SOMBRA

Tabla 23. Coeficientes codificados

Término	Efecto	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p	FIV
Constante		1,56929	0,00644	243,50	0,000	
Bloques						
1		0,0106	0,0112	0,95	0,414	1,50
2		-0,0142	0,0112	-1,27	0,294	1,50
3		0,0242	0,0112	2,17	0,118	1,50
PODA DIAS	0,27920	0,13960	0,00644	21,66	0,000	*
COSECHA DIAS M.I.	0,23834	0,11917	0,00308	38,68	0,000	1,00
SOMBRA	- 0,01004	- 0,00502	0,00308	-1,63	0,121	1,00
PODA DIAS*COSECHA DIAS M.I.	0,01723	0,00862	0,00308	2,80	0,012	1,00
PODA DIAS*SOMBRA	0,04407	0,02204	0,00308	7,15	0,000	1,00
COSECHA DIAS M.I.*SOMBRA	0,08477	0,04239	0,00308	13,76	0,000	1,00
PODA DIAS*COSECHA DIAS M.I.*SOMBRA	- 0,05074	- 0,02537	0,00308	-8,23	0,000	1,00

Tabla 24. Resumen del modelo

S	R-cuad. (PD)	S(PC)	R-cuad. (PC)
0,0174306	99,02%	0,0160099	99,38%

Tabla 25. Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Bloques	3	0,010614	0,003538	2,66	0,221
PODA DIAS	1	0,623639	0,623639	469,22	0,000
Error de PC	3	0,003987	0,001329	4,37	0,018
COSECHA DIAS M.I.	1	0,454461	0,454461	1495,79	0,000
SOMBRA	1	0,000806	0,000806	2,65	0,121
PODA DIAS*COSECHA DIAS M.I.	1	0,002376	0,002376	7,82	0,012
PODA DIAS*SOMBRA	1	0,015537	0,015537	51,14	0,000
COSECHA DIAS M.I.*SOMBRA	1	0,057491	0,057491	189,22	0,000
PODA DIAS*COSECHA DIAS M.I.*SOMBRA	1	0,020595	0,020595	67,79	0,000
Error de PD	18	0,005469	0,000304		
Total	31				

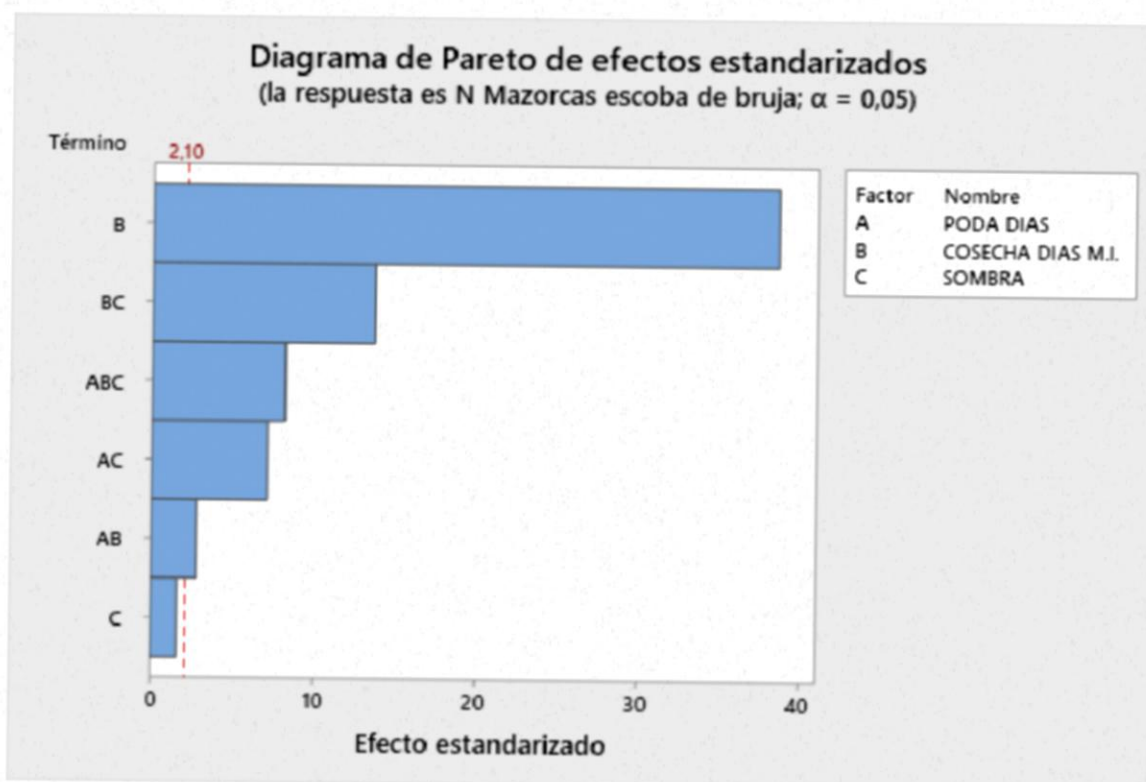
Tabla 26. Ecuación de regresión en unidades no codificadas

N	Mazorcas	=	2,0848- 0,01063 PODA DIAS
	escoba de bruja		- 0,06554 COSECHA DIAS M.I.
			- 0,02647 SOMBRA
			+ 0,001412 PODA DIAS*COSECHA DIAS M.I.
			+ 0,000408 PODA DIAS*SOMBRA
			+ 0,001975 COSECHA DIAS M.I.*SOMBRA
			- 0,000028 PODA DIAS*COSECHA DIAS M.I.*SOMBRA

Tabla 27. Estructura de alias

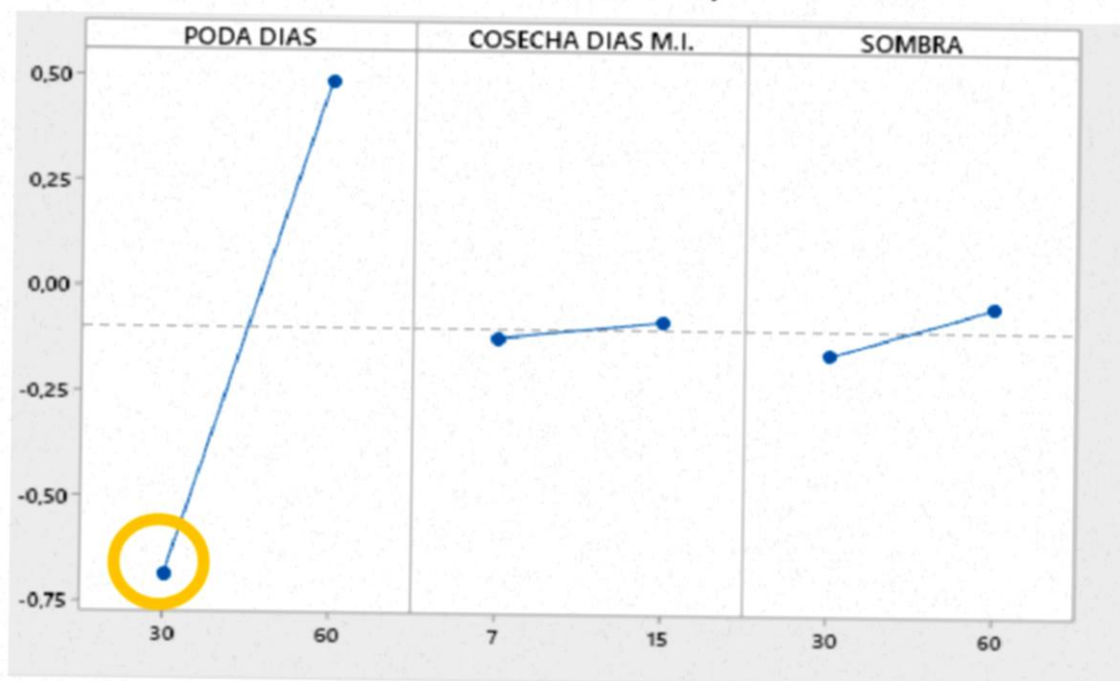
Factor	Nombre	Alias	Alias
A	PODA DIAS	Bloque 1	AB
B	COSECHA DIAS M.I.	Bloque 2	AC
C	SOMBRA	Bloque 3	BC

Gráfico 4. Diagrama de Pareto para Mazorcas con escoba de bruja



El Factor B (recolección de frutos o cosecha) y Factor A (podas) sobrepasan la línea vertical de referencia la cual representa el valor crítico del estadístico t, a partir del cual los efectos se consideran estadísticamente significativos, por lo tanto estos dos factores presentaron un efecto significativo tanto en aplicación sola como en combinación sobre el número de mazorcas con Escoba de Bruja a diferencia Factor C (porcentaje de sombra), que no presentó efectos estadísticamente significativos ($p > 0,05$), de esta forma se puede observar que existe variabilidad la cual predomina por el factor B (recolección de frutos o cosecha) y Factor A (podas). Por lo tanto, al realizar labores culturales como recolección de mazorcas y podas fitosanitarias se puede disminuir significativamente el tejido de la planta infectado por escoba de bruja.

Gráfico 5. Gráfico de efectos principales para N° de mazorcas con Escoba de bruja



El grafico 5. De efectos principales para número de mazorcas con escoba de bruja muestran que los tratamientos con poda cada 30 días permite reducir los niveles de incidencia de Escoba de Bruja, a diferencia de cuando las podas se realizaron a los 60 días la incidencia aumenta considerablemente. Por lo tanto, la poda también es un factor clave para el control de Escoba de bruja. La frecuencia de recolección de frutos y los porcentajes de sombra reducen mínimamente esta incidencia por lo que si no se aplica las actividades de poda y remoción de mazorcas dentro del cultivo de cacao los resultados no serán favorables.

De acuerdo a los resultados obtenidos en cuanto a la aplicación de podas en combinación con recolección de mazorcas para reducir los índices de mazorcas afectadas por Escoba de Bruja Márquez. (2019) indica que se debe eliminar ramas

defectuosas, secas, enfermas, entrecruzadas, débiles, así como eliminar las mazorcas enfermas y partes del follaje y ramas que hayan sido afectadas por “escoba de brujas”, insectos plaga u otros enemigos, esto se realiza simultáneamente con la poda de mantenimiento en los meses más secos del año, para reducir infecciones de Escoba de Bruja.

3.3.3 Regresión factorial de parcela dividida: N mazorcas con *Phytophthora* vs. Bloques; PODA DIAS; COSECHA DIAS M.I.; SOMBRA

Tabla 28. Coeficientes codificados

Término	Efecto	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p	FIV
Constante		- 0,055	0,150	-0,37	0,739	
Bloques						
1		- 0,066	0,260	-0,25	0,817	1,50
2		0,200	0,260	0,77	0,496	1,50
3		0,200	0,260	0,77	0,496	1,50
PODA DIAS	0,981	0,491	0,150	3,27	0,047	*
COSECHA DIAS M.I.	0,038	0,019	0,107	0,18	0,860	1,00
SOMBRA	0,498	0,249	0,107	2,33	0,031	1,00
PODA DIAS*COSECHA DIAS M.I.	0,605	0,303	0,107	2,84	0,011	1,00
PODA DIAS*SOMBRA	0,143	0,072	0,107	0,67	0,511	1,00
COSECHA DIAS M.I.*SOMBRA	0,546	0,273	0,107	2,56	0,020	1,00

PODA DIAS*COSECHA DIAS M.I.*SOMBRA	0,109	0,054	0,107	0,51	0,616	1,00
---------------------------------------	-------	-------	-------	------	-------	------

Tabla 29. Resumen del modelo

S	R-cuad. (PD)	S(PC)	R-cuad. (PC)
0,603344	53,59%	0,298183	81,13%

Tabla 30. Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Bloques	3	1,57650	0,52550	0,73	0,599
PODA DIAS	1	7,70329	7,70329	10,70	0,047
Error de PC	3	2,15903	0,71968	1,98	0,154
COSECHA DIAS M.I.	1	0,01159	0,01159	0,03	0,860
SOMBRA	1	1,98079	1,98079	5,44	0,031
PODA DIAS*COSECHA DIAS M.I.	1	2,93069	2,93069	8,05	0,011
PODA DIAS*SOMBRA	1	0,16362	0,16362	0,45	0,511
COSECHA DIAS M.I.*SOMBRA	1	2,38468	2,38468	6,55	0,020
PODA DIAS*COSECHA DIAS M.I.*SOMBRA	1	0,09461	0,09461	0,26	0,616
Error de PD	18	6,55243	0,36402		
Total	31				

Tabla 31. Ecuación de regresión en unidades no codificadas

N mazorcas con Phytopht	=	1,72 - 0,0072 PODA DIAS - 0,305 COSECHA DIAS M.I. - 0,0179 SOMBRA + 0,00233 PODA DIAS*COSECHA DIAS M.I. - 0,00035 PODA DIAS*SOMBRA + 0,00183 COSECHA DIAS M.I.*SOMBRA + 0,000060 PODA DIAS*COSECHA DIAS M.I.*SOMBRA
----------------------------	---	--

Tabla 32. Ajustes y diagnósticos para observaciones poco comunes

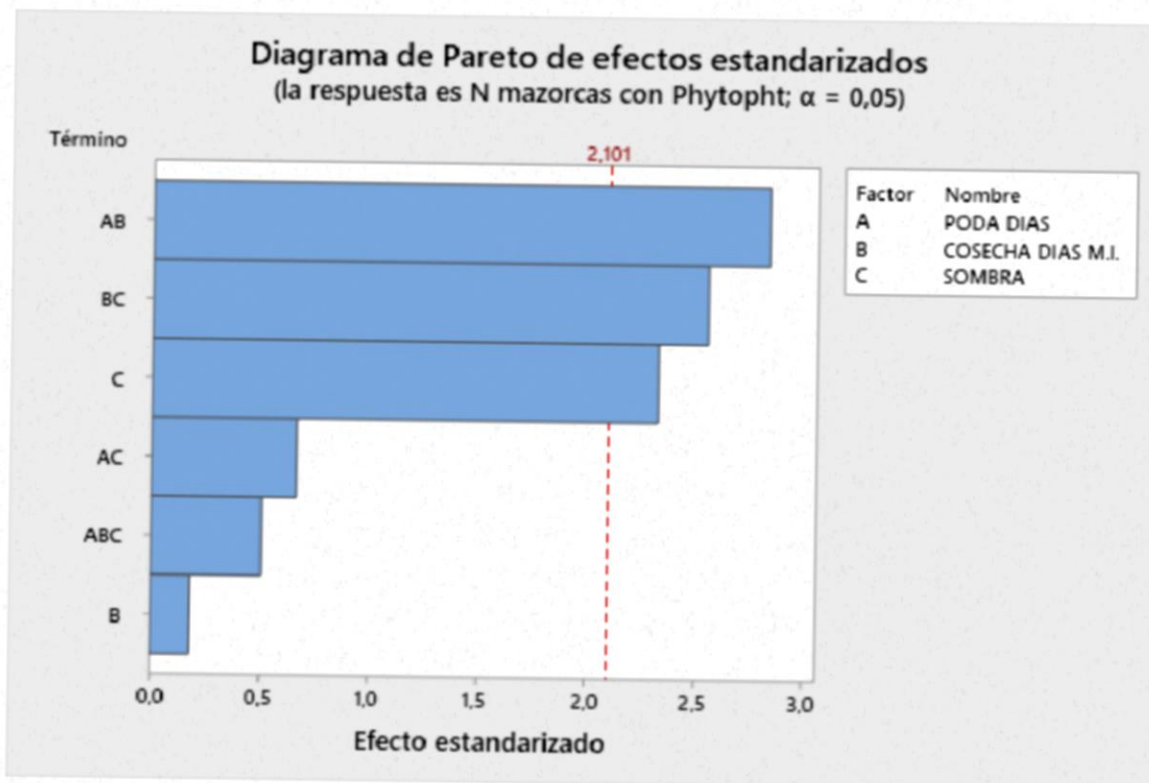
Obs	N mazorcas con Phytopht	Ajuste	Resid	Resid est.	Resid PC	
3	-1,470	-0,369	-1,229	-2,72	0,128289	R
5	0,975	0,055	1,048	2,31	-0,128289	R
7	-1,068	0,041	-0,981	-2,17	-0,128289	R

Residuo grande R

Tabla 33. Estructura de alias

Factor	Nombre	Alias	Alias
A	PODA DIAS	Bloque 1	AB
B	COSECHA DIAS M.I.	Bloque 2	AC
C	SOMBRA	Bloque 3	BC

Gráfico 6. Diagrama de Pareto para número de mazorcas con *Phytophthora*



El diagrama de Pareto de efectos estandarizados para la respuesta de la variable número de mazorcas con *Phytophthora* considerando un nivel de significancia de $\alpha = 0,05$. La línea vertical discontinua representa el valor crítico del estadístico t ($t = 2,101$), a partir del cual los efectos se consideran estadísticamente significativos. Se puede observar que las interacciones de AxB (poda-cosecha) y la interacción de BxC (cosecha-porcentaje de sombra) sobrepasan el valor crítico establecido por lo que se establece que existe significancia estadística, de igual manera el factor C (sombra) también supera el valor crítico por lo que tiene significancia sobre la variable número de mazorcas con presencia de *Phytophthora* de forma que cuando existen condiciones de sombras se desarrolla con más facilidad esta enfermedad.

3.3.4 Resultados Objetivo 3. Analizar el desempeño económico de los tratamientos aplicados, mediante la evaluación del rendimiento del cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L) expresado en kilogramos por hectárea (kg/ha) de mazorcas cosechas, con el fin de comparar la eficiencia productiva de las prácticas de manejo sanitario evaluadas

3.3.5 Regresión factorial de parcela dividida: Cosecha de M. sanas vs. Bloques; Poda días; Cosecha M. Dañadas; Sombra %

Tabla 34. Coeficientes codificados

Término	Efecto	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p	FIV
Constante		54,79	3,24	16,92	0,000	
Bloques						
1		9,21	5,61	1,64	0,199	1,50
2		-24,46	5,61	-4,36	0,022	1,50
3		-3,13	5,61	-0,56	0,616	1,50
Poda días	24,42	12,21	3,24	3,77	0,033	*
Cosecha M. Dañadas	19,58	9,79	4,03	2,43	0,026	1,00
Sombra %	-9,17	-4,58	4,03	-1,14	0,270	1,00
Poda días*Cosecha M. Dañadas	26,67	13,33	4,03	3,31	0,004	1,00
Poda días*Sombra %	-8,83	-4,42	4,03	-1,10	0,287	1,00

Cosecha	M.	-10,42	-5,21	4,03	-1,29	0,212	1,00
Dañadas*Sombra %							
Poda días*Cosecha	M.	-17,83	-8,92	4,03	-2,21	0,040	1,00
Dañadas*Sombra %							

Tabla 35. Resumen del modelo

S	R-cuad. (PD)	S(PC)	R-cuad. (PC)
22,7909	59,02%	*	92,82%

Tabla 36. Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Bloques	3	8243,3	2747,8	8,19	0,059
Poda días	1	4769,4	4769,4	14,21	0,033
Error de PC	3	1006,8	335,6	0,65	0,595
Cosecha M. Dañadas	1	3068,1	3068,1	5,91	0,026
Sombra %	1	672,2	672,2	1,29	0,270
Poda días*Cosecha M. Dañadas	1	5688,9	5688,9	10,95	0,004
Poda días*Sombra %	1	624,2	624,2	1,20	0,287
Cosecha M. Dañadas*Sombra %	1	868,1	868,1	1,67	0,212

Poda días*Cosecha M. Dañadas*Sombra %	1	2544,2	2544,2	4,90	0,040
Error de PD	18	9349,7	519,4		
Total	31				

Tabla 37. Ecuación de regresión en unidades no codificadas

Cosecha de M. sanas	=	101,2 - 1,631 Poda días - 7,55 Cosecha M. Dañadas - 50,6 Sombra % + 0,2222 Poda días*Cosecha M. Dañadas + 1,340 Poda días*Sombra % + 5,39 Cosecha M. Dañadas*Sombra % - 0,1486 Poda días*Cosecha M. Dañadas*Sombra %
---------------------	---	---

Tabla 38. Ajustes y diagnósticos para observaciones poco comunes

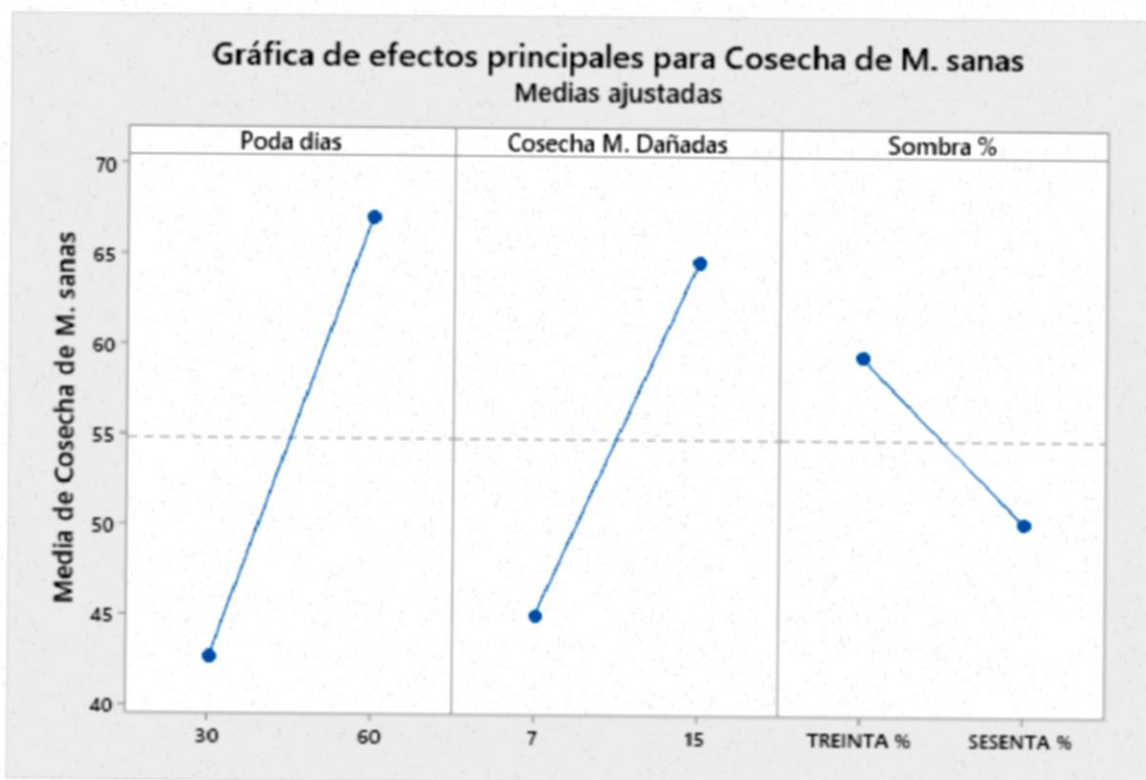
Obs	Cosecha de M. sanas	Ajuste	Resid	Resid est.	Resid PC	
1	101,0	59,2	34,3	2,00	7,54167	R
27	100,0	60,6	42,0	2,46	-2,62500	R
30	169,0	131,6	34,8	2,03	2,62500	R

Residuo grande R

Tabla 39. Estructura de alias

Factor	Nombre	Alias	Alias
A	Poda días	Bloque 1	AB
B	Cosecha M. Dañadas	Bloque 2	AC
C	Sombra %	Bloque 3	BC

Gráfico 7. Gráfica de efectos principales para cosecha de mazorcas



La interacción de A2XB2XC1 (Poda a los 60 días, recolección de mazorcas a los 15 días y porcentaje de sombra 30%) destaca significativamente sobre los demás tratamientos con un promedio de 113,25 mazorcas recolectadas. Esto se ve influenciado por el manejo cultural a través de la poda de las plantas en estudio, seguida de la recolección de los frutos y un bajo nivel de sombra el cual al ser bajo no favorece la presencia de enfermedades por el exceso de humedad. Los tratamientos con un intervalo medio son: A2B2C2 con 67 mazorcas cosechadas, seguido del A1B1C1 con 50 mazorcas cosechadas y el A2B1C2 con 49 mazorcas cosechadas, a diferencia de los tratamientos A1B2C2 donde se recolectaron 42,58 mazorcas, el A1B1C2 42,25 mazorcas recolectadas, el A2B1C1 con 38,75 mazorcas recolectadas y el A1B2C1 con 35,50 mazorcas recolectadas.

3.3.6 Regresión factorial de parcela dividida: Rendimiento cacao seco
Kg/ha vs. Bloques; Poda días; Cosecha M. Dañadas; Sombra %

Tabla 40. Coeficientes codificados

Término	Efecto	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p	FIV
Constante		17,89	1,19	15,02	0,001	
Bloques						
1		2,41	2,06	1,17	0,328	1,50
2		-7,80	2,06	-3,78	0,032	1,50
3		-0,51	2,06	-0,25	0,820	1,50
Poda días	14,48	7,24	1,19	6,08	0,009	*
Cosecha M. Dañadas	13,27	6,64	1,18	5,60	0,000	1,00
Sombra %	6,08	3,04	1,18	2,57	0,019	1,00
Poda días*Cosecha M. Dañadas	15,04	7,52	1,18	6,35	0,000	1,00
Poda días*Sombra %	6,17	3,08	1,18	2,60	0,018	1,00
Cosecha M. Dañadas*Sombra %	5,77	2,89	1,18	2,44	0,025	1,00
Poda días*Cosecha M. Dañadas*Sombra %	3,92	1,96	1,18	1,65	0,116	1,00

Tabla 41. Resumen del modelo

S	R-cuad. (PD)	S(PC)	R-cuad. (PC)
6,69897	83,90%	0,342749	94,82%

Tabla 42. Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Bloques	3	814,5	271,48	5,99	0,088
Poda días	1	1677,2	1677,17	36,99	0,009
Error de PC	3	136,0	45,35	1,01	0,411
Cosecha M. Dañadas	1	1408,9	1408,92	31,40	0,000
Sombra %	1	296,1	296,06	6,60	0,019
Poda días*Cosecha M. Dañadas	1	1810,0	1810,01	40,33	0,000
Poda días*Sombra %	1	304,2	304,22	6,78	0,018
Cosecha M. Dañadas*Sombra %	1	266,4	266,42	5,94	0,025
Poda días*Cosecha M. Dañadas*Sombra %	1	122,7	122,72	2,73	0,116
Error de PD	18	807,8	44,88		
Total	31				

Tabla 43. Ecuación de regresión en unidades no codificadas

Rendimiento cacao seco Kg/ha	=	40,0 - 0,896 Poda días - 3,982 Cosecha M. Dañadas + 2,0 Sombra % + 0,1253 Poda días *Cosecha M. Dañadas - 0,153 Poda días*Sombra % - 0,747 Cosecha M. Dañadas*Sombra % + 0,0326 Poda días*Cosecha M. Dañadas*Sombra %
------------------------------	---	---

Tabla 44. Ajustes y diagnósticos para observaciones poco comunes

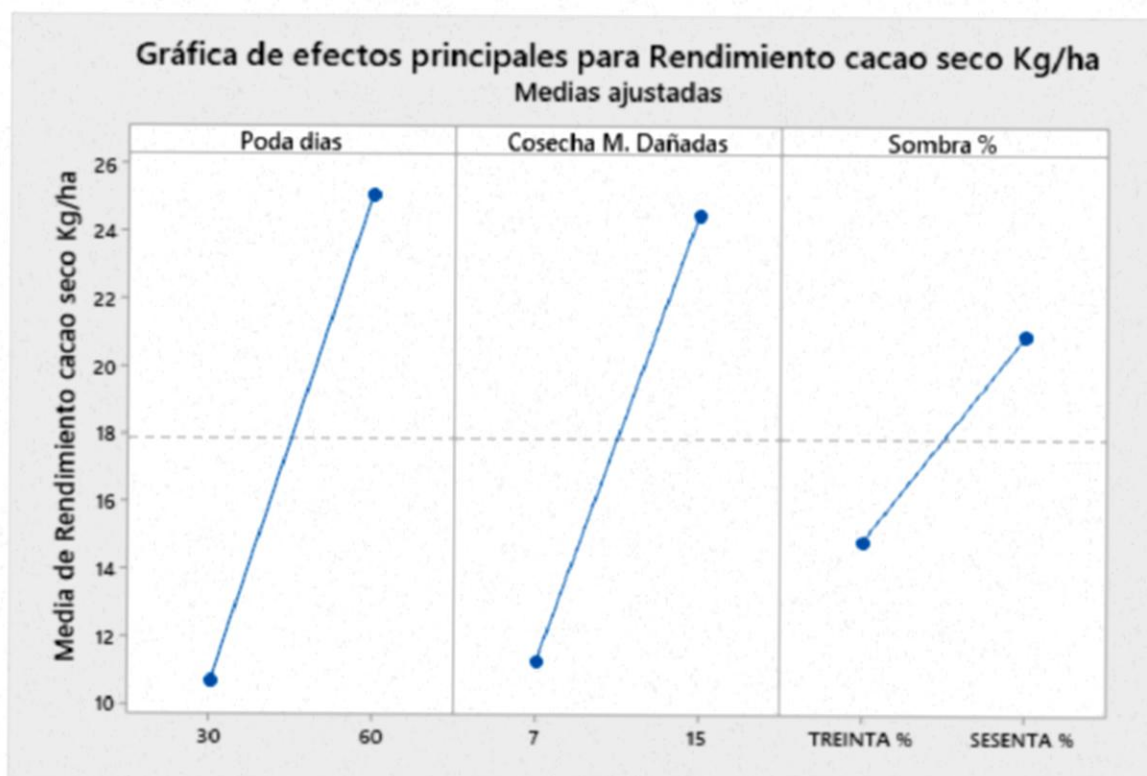
Obs	Rendimiento cacao seco Kg/ha	Ajuste	Resid	Resid est.	Resid PC	
16	30,00	42,45	-10,13	-2,02	-2,32292	R
27	25,00	16,47	10,50	2,09	-1,96875	R
29	7,50	15,59	-10,06	-2,00	1,96875	R

Residuo grande R

Tabla 45. Estructura del alias

Factor	Nombre	Alias	Alias
A	Poda días	Bloque 1	AB
B	Cosecha M. Dañadas	Bloque 2	AC
C	Sombra %	Bloque 3	BC

Gráfico 8. Rendimiento de cacao seco kg/ha



En este gráfico se puede observar que la interacción de A2XB2XC1 (Poda a los 60 días, recolección de mazorcas a los 15 días y porcentaje de sombra 30%) destaca significativamente sobre los demás tratamientos con un rendimiento promedio de 66 kg/ha cosechados durante el ensayo. Esto se ve influenciado por el manejo cultural a través de la poda de las plantas en estudio, seguida de la recolección de los frutos y un bajo nivel de sombra el cual al ser bajo no favorece la presencia de enfermedades por el exceso de humedad. Los tratamientos con un intervalo medio son: A2B1C1 con 53,50 kg/ha, seguido del A2B2C2 con 52,25 kg/ha cosechados y el A1B1C2 con 51,50 kg/ha cosechados, a diferencia de los tratamientos A2B1C2 con 49,44 kg/ha, el A1B1C1 con 44,50 kg/ha, el A1B2C1 con 43,75 kg/ha y el A1B2C2 con 30 kg/ha.

De acuerdo a los resultados obtenidos Almestar et al.(2024) menciona que la poda y la remoción de frutos enfermos disminuyen la incidencia de las enfermedades fungosas de la mazorca, aumentan el número de mazorcas sanas y el rendimiento del cacao, porque si bien se conoce que la poda en cacao, es una labor que consiste en eliminar yemas, ramas improductivas y partes secas de la planta para facilitar el desarrollo de nuevas yemas, lo que permitirá la entrada de luz en el cacaotal y eliminará la presencia de plagas y enfermedades, lo que prolonga la vida útil del árbol y aumenta el rendimiento.

Tabla 46. Analisis económico de los tratamientos en estudio

Tratamientos	Valor Bruto (VB)	Beneficio Neto (BN)	Relación B/C	BN
A1B2C2	\$58.70	\$23.70	1.68	--
A1B2C1	\$85.60	\$50.60	2.45	\$26.90
A1B1C1	\$87.07	\$52.07	2.49	\$1.47
A2B1C2	\$96.74	\$61.74	2.76	\$9.67
A1B1C2	\$100.77	\$65.77	2.88	\$4.03
A2B2C2	\$102.24	\$67.24	2.92	\$1.47
A2B1C1	\$104.68	\$69.68	2.99	\$2.44
A2B2C1	\$129.13	\$94.13	3.69	\$24.45

Valor Bruto (VB)
Beneficio Neto (BN)
Relación Beneficio/Costo (B/C)

En el presente ensayo el tratamiento A2xB2xC1 presenta una relación de 3.69, lo que indica que por la inversión en insumos y mano de obra el productor recupera su inversión y obtiene una ganancia adicional de \$2,69 considerando a este tratamiento como el de mayor eficiencia económica, recalcando que el análisis está basado en los kg/ha obtenidos dentro del ensayo experimental, además la combinación de los factores AxBxC pueden ser un factor limitante para la obtención de un mayor rendimiento. Además, se puede observar una diferencia significativa de \$70,43 en el beneficio neto entre el tratamiento (A2B2C1) y el tratamiento (A1B2C2), esto indica que se optimiza el uso del suelo y de la mano de obra de forma que se maximiza el retorno sobre el capital invertido.

3.4 DISCUSIÓN

Después del respectivo análisis de datos se observa que las interacciones de AxB (poda-cosecha) y la interacción de BxC (cosecha-porcentaje de sombra) presentan significancia estadística, de igual manera el factor C (sombra) también supera el valor crítico por lo que tiene significancia sobre la variable número de mazorcas con presencia de *Phytophthora*. Además, los tratamientos con poda cada 30 días permite reducir los niveles de incidencia de Escoba de Bruja sobre las mazorcas a diferencia de cuando las podas se realizaron a los 60 días los niveles de incidencia aumentaron considerablemente. Por lo tanto, la poda también es un factor clave para el control de Escoba de bruja.

En este contexto Almestar et al. (2024) menciona que el control de enfermedades es compatible con los objetivos del desarrollo sostenible, ya que ayudaría a la

sostenibilidad del ambiente y evitaría la pérdida de diversidad biológica, debido a la contaminación ambiental ocasionada por el uso de pesticidas para controlar plagas y enfermedades de este cultivo. Los resultados muestran el efecto de los tratamientos en el control de los tres principales problemas fungosos que atacan a la mazorca del cacao, como son la "moniliasis", la "escoba de brujas" y la "pudrición parda", se deben eliminar frutos enfermos, remover escobas de brujas y ramas improductivas de la planta de cacao, labores que son recomendadas por diferentes autores para el manejo de las enfermedades de las mazorcas.

El Factor B (recolección de frutos o cosecha) y Factor A (podas) son estadísticamente significativos, presentaron un efecto significativo tanto en aplicación sola como en combinación sobre el número de mazorcas con Escoba de Bruja a diferencia Factor C (porcentaje de sombra), que no presentó efectos estadísticamente significativos. Por lo tanto, al realizar labores culturales se puede disminuir significativamente el tejido infectado por escoba de bruja de la planta.

El Factor A (podas) presentó un efecto significativo sobre el número de escobas vegetativas a diferencia del Factor B (recolección de frutos o cosecha) y Factor C (porcentaje de sombra), no presentaron efectos estadísticamente significativos, se puede observar que existe variabilidad la cual predomina por el factor A (podas) mediante este tipo de labor cultural se da paso de la luz solar y así se reducen los niveles de humedad.

Por lo tanto, la poda fitosanitaria es un factor esencial para la reducción la Escoba de Bruja en etapa vegetativa. La cosecha de mazorcas infectadas y el manejo de sombra, aunque importantes para el sistema productivo, no influyen significativamente sobre la incidencia vegetativa de la enfermedad cuando se evalúan de manera independiente, también influyente en la reducción del número de mazorcas afectadas por moniliasis y por *Phytophthora*.

Menciona Solís et al. (2021) las principales estrategias para el manejo de las enfermedades en cacao incluyen: el uso de variedades tolerantes, diseño adecuado de siembra, manejo nutricional, condiciones ambientales que reduzcan la presencia de enfermedades y medidas fitosanitarias (eliminación de partes enfermas, aplicación de fungicidas y control biológico). También se debe combinar las podas de mantenimiento y aclaramiento (eliminando los tejidos enfermos: cojinetes florales, frutos y brotes con escoba), la remoción semanal de frutos enfermos y la protección en época lluviosa o de mayor infección, con fungicidas a base de cobre, clorotalonil o azoxystrobina, así como un plan de fertilización adecuada.

La interacción de los factores A2xB2xC1 (Poda a los 60 días, recolección de mazorcas a los 15 días y porcentaje de sombra 30%) destaca significativamente con un promedio de 113,25 mazorcas recolectadas, además la interacción de A2xB2xC1 (Poda a los 60 días, recolección de mazorcas a los 15 días y porcentaje de sombra 30%) destaca significativamente sobre los demás tratamientos con un rendimiento promedio de 66 kg/ha cosechados durante el ensayo.

4. CONCLUSIONES

- ✓ Las interacciones entre los factores AxBxC (poda x recolección de frutos x porcentaje de sombra) influyen significativamente en minimizar la incidencia de *Phytophthora* para ello el factor poda debe ser realizado cada 30 días para reducir la incidencia también de escoba de bruja de forma que esta labor cultural se considera importante para la realización de manejos fitosanitarios.
- ✓ Los resultados del análisis factorial en parcelas divididas demostraron que la frecuencia de poda sanitaria fue el único factor con efecto estadísticamente significativo sobre la reducción del número de mazorcas con *moniliasis*, Escoba de bruja en mazorcas y en brotes vegetativos, así como para *Phytophthora* en mazorcas ($p < 0,05$). Por lo tanto, se evidencia que la frecuencia de cosecha de mazorcas infectadas ni el manejo de sombra, ni sus interacciones, mostraron efectos significativos. Esto indica que la poda constituye la práctica cultural más eficiente para el control de la moniliasis, escoba de bruja y *Phytophthora* en cacao bajo las condiciones del estudio.
- ✓ Los tratamientos con poda fisanitaria cada 30 días presentaron los menores grados de incidencia y severidad de *moniliasis*, ubicándose en rangos de infestación muy baja a baja. Por el contrario, los tratamientos con poda cada 60 días registraron incrementos significativos en la incidencia y severidad de la enfermedad, independientemente de la frecuencia de cosecha sanitaria y del nivel de sombra.

- ✓ El tratamiento A2B2C1 es la recomendación más acertada técnicamente definitiva para el agricultor y que no se vea afectado por las fluctuaciones de precios en el mercado de cacao, al tener un margen de utilidad lo suficientemente amplio para absorber posibles bajas en el precio del quintal.

5. RECOMENDACIONES

3. Para futuras investigaciones se recomienda incluir mayores rangos de niveles y frecuencia de cosechas y podas, una opción sería realizar estas actividades cada 45 días para comprobar si al realizar un mayor control se reduce la incidencia de las enfermedades sin afectar el rendimiento.
4. Incluir variables edafoclimáticas, para medir si existe relación directa con la incidencia de Escoba de Bruja, *Moniliasis* y *Phytophthora* en el cultivo de cacao bajo condiciones similares a las del presente estudio.
5. Replicar este modelo de ensayo teniendo en consideración diferentes épocas del año y en dos ciclos de producción e incluir un control químico o biológico para medir si la incidencia de las enfermedades mencionadas tiende a reducirse o a incrementarse.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Abad, S. M., Alvarado, A. A., & Gallardo, C. A. (26 de 06 de 2018). Análisis comparativo sobre la incidencia de las tres principales enfermedades en el cacao CCN-51, en el cantón La Troncal, provincia del Cañar, Ecuador. *Científica Ciencias Naturales y Ambientales*, 12(01). Recuperado el 07 de 07 de 2025, de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8278040>
- Almestar, M. J., Santos Leiva, E., Ricardo Borjas, V., Valderrama-Palacios, D., Rojas, F. L., Castro-Cepero, V., . . . Julca-Otiniano, A. (14 de 05 de 2024). Efecto de la poda y la remoción de frutos sobre las enfermedades de la mazorca de cacao en Copallín, Amazonas, Perú. *Revista Peruana de Ciencias Agrarias*, 08(02). Recuperado el 06 de 01 de 2026, de https://revistas.uta.cl/pdf/3213/idesia_v42-n4_69-77.pdf
- Arciniega, M. J. (2017). *Propuesta de manejo integrado de la moniliasis (Moniliophthora roreri) del cacao (Theobroma cacao) en Santo Domingo de los Tsáchilas*. Universidad Central del Ecuador , Facultad de Ciencias Agrícolas , Quito. Recuperado el 05 de 10 de 2025, de <https://www.dspace.uce.edu.ec/entities/publication/1d172e6e-1bb1-4a37-9fea-322e91e22fbc>
- Centro para la Agricultura y la Biociencia Internacional. (17 de 11 de 2021). *Moniliophthora perniciosa (enfermedad de la escoba de bruja del cacao)*. Recuperado el 24 de 10 de 2025, de Librería Digital de CABI: <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.1079/cabicompendum.16054>

- Chávez, B. R. (02 de 2019). Estudio socio-económico del cultivo de cacao (Theobroma cacao L.) En la parroquia Febres cordero, cantón Babahoyo los ríos-ecuador. Recuperado el 07 de 03 de 2025
- Comitè del cacao de Centroamerica y Republica Dominicana. (2019). *Antecedentes e importancia del subsector cacao*. Recuperado el 01 de 07 de 2025, de <https://sicacao.info/antecedentes-e-importancia-del-cacao/>
- Cubillos, G., Restrepo, Q. T., & Hincapié, E. O. (2019). *La moniliasis del cacao: daños, sintomas, epidemiología y manejo*. Compañía Nacional de Chocolates S.A.S., Medellín, Colombia. Recuperado el 05 de 01 de 2026, de <https://www.agrosavia.co/media/11540/69317.pdf>
- Dirección General de Sanidad Vegetal. (2022). *Moniliophthora perniciosa ESCOBA DE BRUJA DEL CACAO*. Recuperado el 10 de 10 de 2025, de <https://prod.senasica.gob.mx/SIRVEF/ContenidoPublico/Fichas%20tecnicas/Ficha%20T%C3%A9cnica%20de%20Escoba%20bruja%20del%20cacao.pdf>
- FAO. (24 de 06 de 2020). El encanto del chocolate de origen ecuatoriano. Recuperado el 01 de 07 de 2025, de <https://www.fao.org/ecuador/noticias/detail-events/en/c/1295417/#:~:text=Seg%C3%BAn%20la%20Organizaci%C3%B3n%20Internacional%20del,actividades%20m%C3%A1s%20lucrativas%20del%20mundo.>
- Figueroa, L. Y. (2017). *Estudio del daño de la Moniliophthora roreri (monilia) en la producción del cultivo de cacao en el Valle de Hacha. San Vicente*. Universidad Estatal Del Sur De Manabí , Facultad De Ciencias Naturales y

de la Agricultura , Jipijapa. Recuperado el 06 de 08 de 2025, de <https://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/769/1/UNESUM-ECU-AGROP-19.pdf>

Google Earth. (2025). Recuperado el 05 de 11 de 2025, de https://earth.google.com/web/search/Atahualpa,+Pedernales,+Manab%c3%ad/@-0.02616813,-79.97057469,67.00681708a,588.61288978d,35y,209.67956667h,0t,0r/data=CiwiJgokCVHJSMxOr6A_EXjcxA10YZA_GdkLkSq9-1PAIT0Mx24A_IPAQgIIAUICCBKDJ_____8BEAA

Hardy, G. (2004). Patología | Podredumbre radicular por Phytophthora en árboles forestales. *Ciencias Agrícolas y Biológicas*. Recuperado el 20 de 10 de 2025, de <https://www.sciencedirect.com/topics/agricultural-and-biological-sciences/phytophthora#:~:text=Phytophthora%20se%20refiere%20a%20un,agua%20y%20las%20plantas%20infectadas>.

Hernández, M. J. (28 de 02 de 2018). *Principales plagas y enfermedades en cacao*. Recuperado el 04 de 07 de 2025, de Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas: <https://www.gob.mx/snics/acciones-y-programas/principales-plagas-y-enfermedades-en-cacao#:~:text=En%20cuanto%20a%20las%20enfermedades,causar%20p%C3%A9rdidas%20hasta%20del%2090%25>.

Hernández, V. J. (04 de 2016). Incidencia de la escoba de bruja (*Crinipellis perniciosa*) sobre el rendimiento de dos agroecosistemas de cacao con diferentes condiciones de manejo. *Bioagro*, 28(01). Recuperado el 16 de 10

de 2025, de https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-33612016000100008

Infante, G. S., Aguirre, M. J., Blanco, J. L., Iñiguez, P. C., & Téllez, i. I. (08 de 2024). Descripción y registro legal de la variedad de cacao (*Theobroma cacao* L.) var. Baalam. *Agro-Divulgación*, 04(04). Recuperado el 05 de 10 de 2025, de <https://agrodivulgacion-colpos.org/index.php/1agrodivulgacion1/issue/view/24/26>

James, Q. J. (2009). *Producción – El Cultivo del cacao*. Consorcio CAMAREN . Recuperado el 05 de 11 de 2025, de <https://camaren.org/produccion-el-cultivo-del-cacao-2/>

Krauss, U. (30 de 11 de 2012). *Moniliophthora roreri (podredumbre de la vaina helada)*. Recuperado el 06 de 10 de 2025, de <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.1079/cabicompendium.34779>

Lezaun, J. (08 de 2023). *Mazorca negra del Cacao - Pudrición parda o negra -*. Recuperado el 05 de 11 de 2025, de CropLife: <https://croplifela.org/es/plagas/listado-de-plagas/mazorca-negra-del-cacao-pudricion-parda-o-negra-mancha-negra-phytophthora-sp>

Márquez, M. A. (2019). *oda en el Cultivo de Cacao (Theobroma Cacao) en la Finca María Isabel, ubicada en el Recinto San Antonio del Cantón Catarama*. Universidad Técnica de Babahoyo, Universidad Técnica de Babahoyo, Los Ríos. Recuperado el 06 de 01 de 2026, de <https://dspace.utb.edu.ec/server/api/core/bitstreams/8f8e4f8b-58f4-4552-8b2d-90a2b2e218a2/content>

Martínez. (19 de 11 de 2019). *¿Qué es el cacao?* Recuperado el 04 de 11 de 2025, de <https://trufasmartinez.com/blog/el-cacao-su-historia-y-variedades/?v=bc78a8d162c6>

Martínez, F. (2021). *Estudio de dos genotipos de cacao ccn51 y eet-103 mediante la aplicación de calcio más potasio en la zona del Guayas, Naranjal*. Recuperado el 03 de 11 de 2025, de Trabajo de titulación: <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/GARZON%20SUNCION%20MICHAEL%20ANIBAL.pdf>

Ministerio de Agricultura Ganadería y Pesca. (2025). *Manejo integrado de enfermedades en cacao genera incrementos significativos en la producción*. Recuperado el 01 de 07 de 2025, de <https://www.agricultura.gob.ec/manejo-integrado-de-enfermedades-en-cacao-genera-incrementos-significativos-en-la-produccion/>

Ministerio de Agricultura y Ganadería. (2021). *Manejo integrado de enfermedades en cacao genera incrementos significativos en la producción*. Recuperado el 23 de 06 de 2025, de <https://www.agricultura.gob.ec/manejo-integrado-de-enfermedades-en-cacao-genera-incrementos-significativos-en-la-produccion/#:~:text=El%20cacao%20tiene%20problemas%20fitosanitarios,Amazon%C3%ADa%2C%20gener%C3%B3%20tecnolog%C3%ADas%20agr%C3%ADcolas%20soste>

Molina, J. (2021). *Cacao variedad CCN-51*. Recuperado el 05 de 07 de 2025, de GRANDSUR: <https://grandsur.com/cacao-variedad-ccn-51/>

Pérez, V. I. (2021). *Poda fitosanitaria con la aplicación de biofungicidas para el control de moniliasis en cacao CCN51*. Universidad Agraria del Ecuador,

Sistema de Postgrado Universidad Agraria del Ecuador , Guayaquil.
Recuperado el 06 de 01 de 2026, de
<https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/PEREZ%20VACA%20DORA%20INES.pdf>

Pérez, V. L. (04 de 2018). *Moniliophthora roreri* H.C. Evans et al. y *Moniliophthora perniciosa* (Stahel) Aime: impacto, síntomas, diagnóstico, epidemiología y manejo. *Revista de Protección Vegetal*, 33(01). Recuperado el 22 de 10 de 2025, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1010-27522018000100007

Phillips, M. W., & Amores, F. (2018). *Moniliasis del cacao, un Hongo Mortal*. Recuperado el 02 de 07 de 2025, de <https://croplifela.org/es/plagas/listado-de-plagas/moniliasis-del-cacao>

Pino, P. S., Washburn, H. C., & Garabiza, C. B. (15 de 12 de 2023). Estimación de pérdidas económicas en Cacao causado por Escoba de Bruja (*Crinipellis Perniciosa*) y Monilia (*Monilia Roreri*) en pequeños productores. *REVISTA DE LA UNIVERSIDAD DEL ZULIA*, 15(42). Recuperado el 03 de 07 de 2025, de <https://produccioncientificaluz.org/index.php/rluz/article/view/41349#:~:text=Resumen,los%20ingresos%20en%20ese%20a%C3%B1o.>

Raffino. (05 de 08 de 2021). *Cacao*. Recuperado el 10 de 11 de 2025, de <https://concepto.de/cacao/>

Ramírez, G. J. (04 de 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. *Revista de*

Protección Vegetal, 31(01). Recuperado el 04 de 07 de 2025, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1010-27522016000100006

Rodríguez, G. J., Pérez, L. D., Hernández, Á. J., Balbuena, M. A., Franco, M. J., & González, H. A. (30 de 06 de 2025). Parcelas divididas en cuadro latino: modelos estadísticos y fórmulas sin y con submuestreo. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 16(02). Recuperado el 20 de 12 de 2025, de https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342025000200116

Rodríguez, V. N., & Belén Chávez-Ramírez² iD, I. G.-S.-M. (31 de 01 de 2022). El cultivo del cacao, sus características y su asociación con microorganismos durante la fermentación. *Alianzas y Tendencias*, 07(25). Recuperado el 20 de 07 de 2025, de <https://www.aytbuap.mx/aytbuap-725/el-cultivo-del-cacao-sus-caracter%C3%ADsticas-y-su-asociaci%C3%B3n-con-microorganism>

Rojas, C. J. (2024). *Identificación y distribución de Phytophthora spp., agente causante de la Pudrición negra del fruto de cacao (Theobroma cacao L.) en la Amazonia Noroccidental*. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Palmira - Colombia. Recuperado el 25 de 10 de 2025, de <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/86413/1117786013.2024.pdf?sequence=2&isAllowed=y>

Romero, E. H., Vásquez, E. C., Prado, J. M., Espinoza, C., Cruz, M. T., & RicañoRodríguez, J. (11 de 11 de 2019). Breve aproximación a la naturaleza genómica de *Moniliophthora roreri* CPMRT01 aislado de cacao en Tabasco,

- México. *Biotecnia*, 22(02). Recuperado el 09 de 10 de 2025, de <https://www.redalyc.org/journal/6729/672971149005/html/>
- Russell, L. C. (2020). cacao. Recuperado el 05 de 10 de 2025, de <https://www.britannica.com/plant/cacao>
- Sánchez, V. H., Zambrano, J. L., & Iglesias, C. (2021). *La Cadena de Valor del Cacao en América Latina y El Caribe*. Recuperado el 03 de 11 de 2025, de https://www.fontagro.org/new/uploads/adjuntos/Informe_CACAO_linea_bas e.pdf
- Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad. (2013). *Escoba de bruja del cacao Moniliophthora perniciosa*. Ficha Técnica, Dirección General de Sanidad Vegetal . Recuperado el 05 de 01 de 2026, de <https://cadenacacaoca.info/CDOC-Deployment/documentos/FTNo4Escobadebruja.pdf>
- Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria. (2022). *Phytophthora palmivora*. Ficha Técnica . Recuperado el 05 de 01 de 2026, de <https://prod.senasica.gob.mx/SIRVEF/ContenidoPublico/Fichas%20tecnicas /Ficha%20T%C3%A9cnica%20de%20Pudricion%20del%20cogollo.pdf>
- Solís, H. Z., Peñaherrera Villafuerte, S. L., & Vera Coello, D. I. (2021). *Las enfermedades del cacao y las buenas prácticas agronómicas para su manejo*. Boletín, INIAP , Estación Experimental Tropical Pichilingue, 2021. Recuperado el 02 de 07 de 2025, de <https://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/5747#:~:text=En%20Ecuador>

%20el%20cultivo%20de,en%20%C3%A9pocas%20de%20alta%20infecci%C3%B3n.

Toapanta, B. O. (2019). *Pdot Parroquia Atahualpa 2014-2019*. Recuperado el 08 de 11 de 2025, de [https://es.scribd.com/document/293162383/Pdot-Parroquia-Atahualpa-2014-](https://es.scribd.com/document/293162383/Pdot-Parroquia-Atahualpa-2014-2019#:~:text=En%20verano%20la%20temperatura%20oscila,en%20invierno%20alcanza%20los%20340C)

2019#:~:text=En%20verano%20la%20temperatura%20oscila,en%20invierno%20alcanza%20los%20340C.

Torres, S. S. (2025). Efecto de la poda fitosanitaria mas la acción de un fungicida para el control de moniliasis en el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.).

Universidad de California. (2017). Podredumbre de la raíz y la corona causada por *Phytophthora*—*Phytophthora* spp. Recuperado el 20 de 10 de 2025, de https://www.google.com/search?q=traductor&rlz=1C1PRFI_enEC904EC907&oq=traductor&gs_lcrp=EgZjaHJvbWUqBggAEEUYOzIGCAAQRRg70gEIMjEzOGowajeoAgCwAgA&sourceid=chrome&ie=UTF-8

Varela, L. (2022). *Enfermedades en el cultivo del cacao*. Recuperado el 04 de 07 de 2025, de <https://progresacaribe.info/enfermedades-en-el-cultivo-del-cacao/>

7. ANEXOS

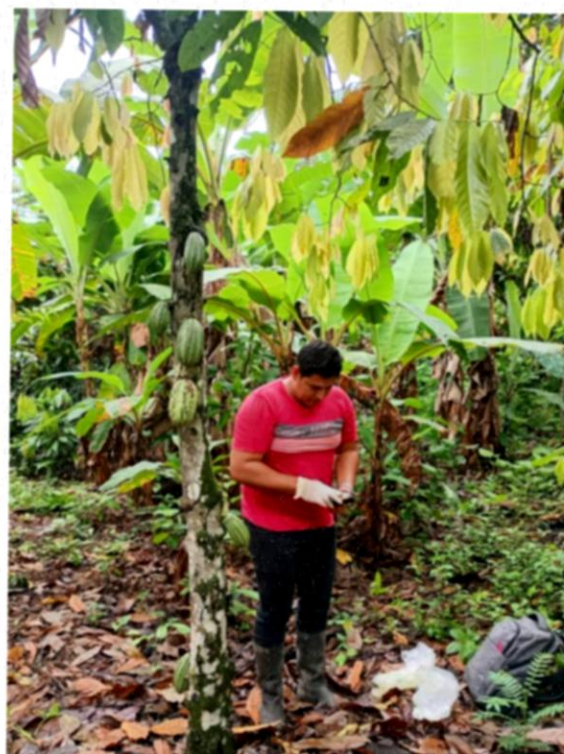
Anexos 1. Localización del ensayo



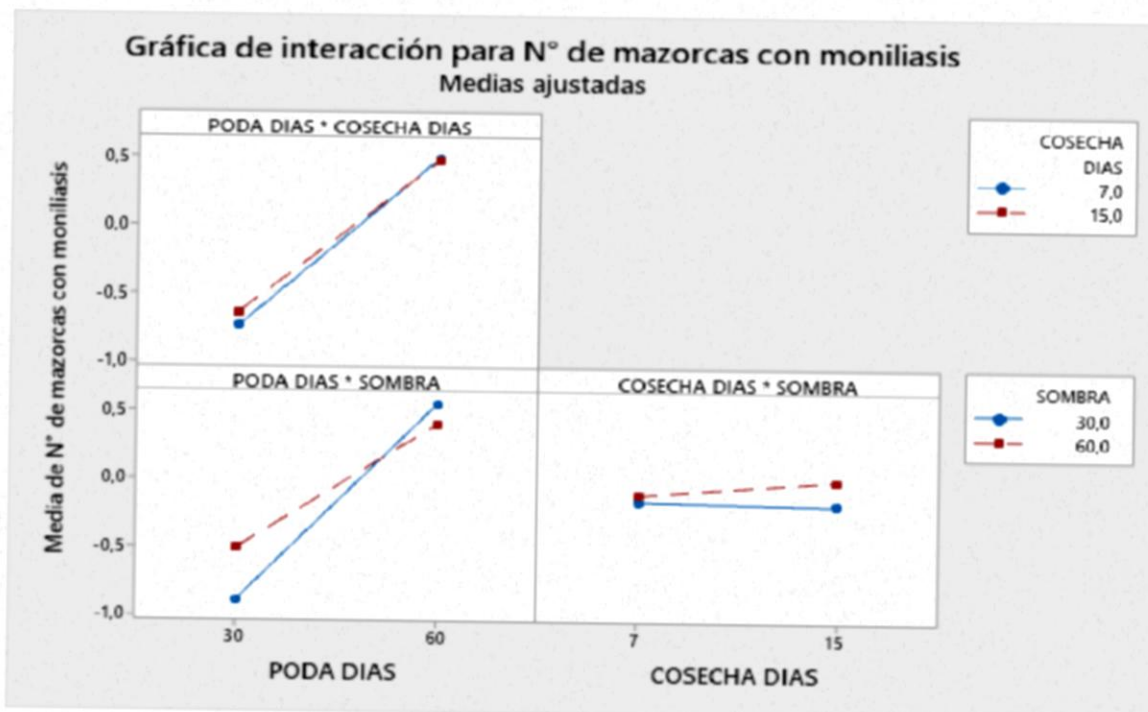
Anexos 2. Realización de poda fitosanitaria



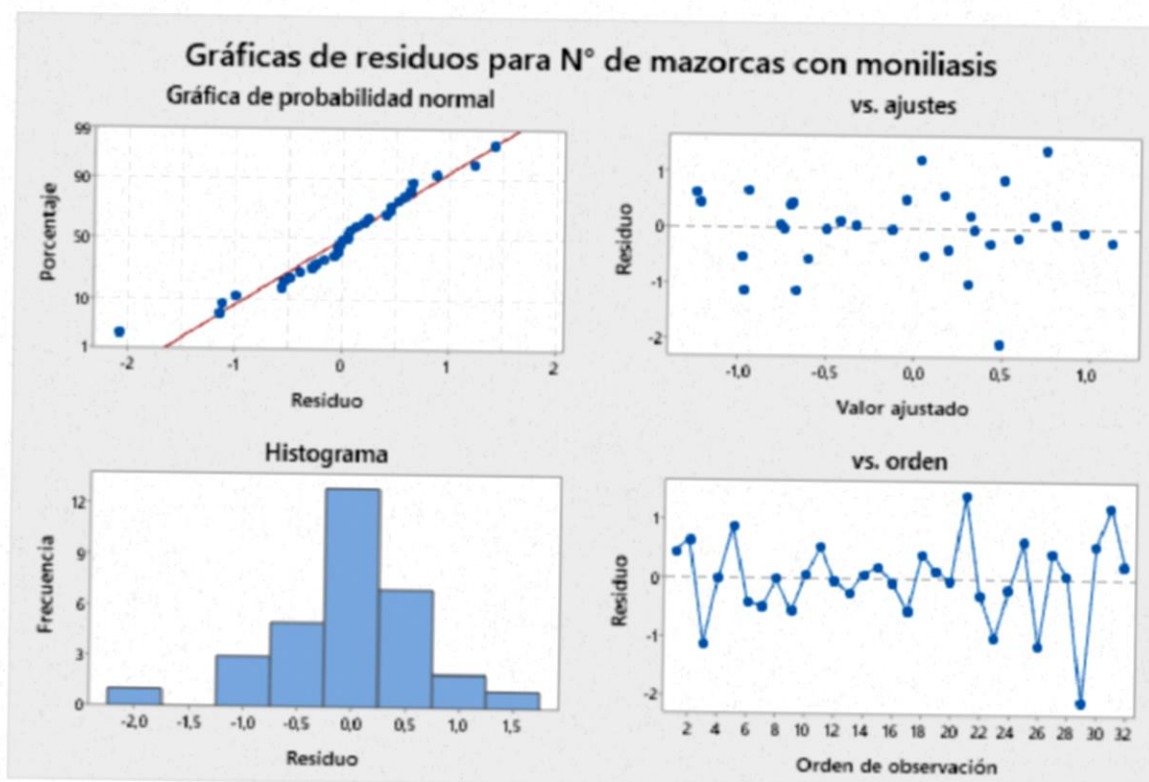
Anexos 3.Recolección de mazorcas infectadas por *Moniliais*, *Phytophthora* y
Escoba de bruja



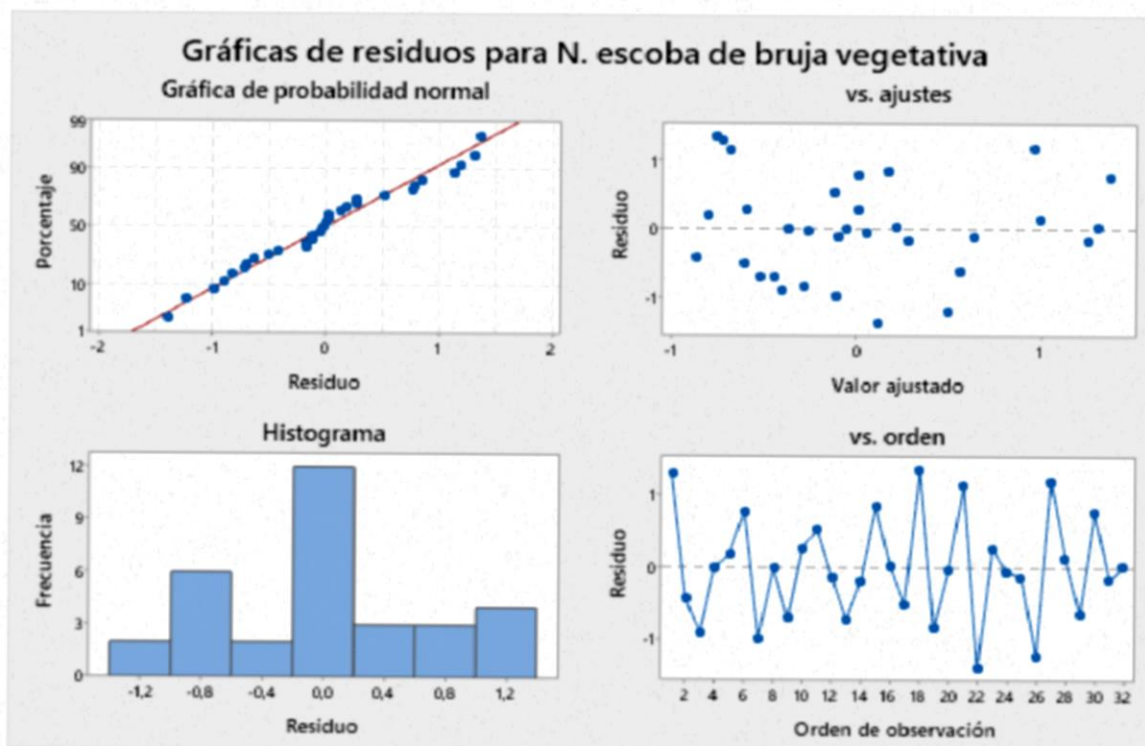
Anexos 4. Gráfica de interacciones para número de mazorcas con *Moniliasis*



Anexos 5. Gráfica de residuos para número de mazorcas con *Moniliasis*



Anexos 6. Gráfica de residuos para número de escoba de bruja vegetativa



Anexos 7. Gráfica de residuos para número de mazorcas escoba de bruja

