



UNIVERSIDAD ECOTEC
FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y CIENCIAS DE
LA NATURALEZA.
CARRERA DE INGENIERÍA AGRÓNOMA

Identificación de factores que incrementen el desarrollo del *Cherelle Wilt* en el cultivo de *Theobroma cacao* CCN51 en la provincia de Los Ríos, Ecuador.

Trabajo de titulación presentado como requisito para la
obtención del título de
Ingeniera Agrónoma

AUTOR
Alvarado Piloso Dariani Elizabeth

TUTOR
DR. CÉSAR ALCÁCER SANTOS

Samborondón-Ecuador

2024

ANEXO No. 10

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

Habiendo sido revisado el trabajo de titulación TITULADO: **Identificación de factores que incrementen el desarrollo del Cherelle Wilt en el cultivo de Theobroma cacao CCN51 en la provincia de Los Ríos, Ecuador.** elaborado por **DARIANI ELIZABETH ALVARADO PILOSO** fue remitido al sistema de coincidencias en todo su contenido el mismo que presentó un porcentaje del **1%**, mismo que cumple con el valor aceptado para su presentación que es inferior o igual al 10% sobre el total de hojas del documento. Adicional se adjunta captura de pantalla de dicho resultado.

 CERTIFICADO DE ANÁLISIS
magister

**ALVARADO PILOSO DARIANI ELIZABETH
TFC 19DIC2024**

< 1%
Textos sospechosos



< 1% Similitudes
0% similitudes entre comillas
< 1% entre las fuentes mencionadas

0% Idiomas no reconocidos

Nombre del documento: ALVARADO PILOSO DARIANI ELIZABETH _TFC_ 19DIC2024.pdf	Depositante: CESAR ALCACER SANTOS	Número de palabras: 14.836
ID del documento: 9ecf37009a29692e92294e798dcf429e30e00d9d	Fecha de depósito: 17/12/2024	Número de caracteres: 104.558
Tamaño del documento original: 1,71 MB	Tipo de carga: interface	
Autores: []	fecha de fin de análisis: 17/12/2024	

ATENTAMENTE,

Firmado electrónicamente por:
**CESAR ALCACER
SANTOS**

César Alcácer Santos, Ph.D.

18 de diciembre de 2024

ANEXO No. 12

CERTIFICADO DE APROBACIÓN DEL TUTOR PARA LA PRESENTACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN CON INCORPORACIÓN DE LAS OBSERVACIONES DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL

Samborondón, 18 de diciembre de 2024

Magíster

Érika Ascencio Jordán

Facultad de Ingenierías, Arquitectura y Ciencias de la Naturaleza

Universidad Tecnológica ECOTEC

De mis consideraciones:

Por medio de la presente comunico a usted que el trabajo de titulación TITULADO: **Identificación de factores que incrementen el desarrollo del Cherelle Wilt en el cultivo de Theobroma cacao CCN51 en la provincia de Los Ríos, Ecuador.**; fue revisado y se deja constancia que el estudiante acogió e incorporó todas las observaciones realizadas por los miembros del tribunal de sustentación por lo que se autoriza a: **ALVARADO PILOSO DARIANI ELIZABETH** , para que proceda a la presentación del trabajo de titulación para la revisión de los miembros del tribunal de sustentación y posterior sustentación.

ATENTAMENTE,



Firmado electrónicamente por:
**CESAR ALCACER
SANTOS**

PhD. César Alcácer Santos

Tutor

Dedicatoria

Este logro me lo dedico a mí, a la niña que nunca deja de soñar, por no rendirme. A mí, por no perderme del camino, por todas las veces que caí y sola me levanté, por siempre dar y ayudar de corazón. Porque, aunque se presenten situaciones difíciles, siempre encuentro la salida. Porque sé que seguiré adelante. Y, sobre todo, me lo dedico, por siempre creer en mí.

Agradecimiento

Al concluir esta etapa maravillosa, solo puedo decir: gracias, Dios, por tomar mi mano y no soltarme, por cuidarme, darme paz, resiliencia, paciencia y mucha fuerza. Gracias a mis amados abuelos, Pascual Piloso y Rocío España, por siempre estar, por su amor y su fe infinita en mí. Gracias a mis padres, María Piloso y Carlos Macías, por el apoyo incondicional, por siempre protegerme y estar pendientes de mí. A mi hermano y mi mayor inspiración, Matheo Macías, gracias por siempre alegrar mi vida. También agradezco a mi hermana, Mélida Piloso, por ser parte y fuente de apoyo siempre. Y a mis amistades, aquellos que hicieron que este proceso fuera más divertido, ¡gracias!

Resumen

El presente estudio tuvo como objetivo analizar la relación entre la densidad de siembra, la frecuencia de podas y la incidencia de *Cherelle Wilt* en cultivos de *Theobroma cacao* CCN51 en la provincia de Los Ríos, Ecuador. La investigación se llevó a cabo mediante un diseño observacional, sin la aplicación de análisis estadísticos, enfocado en la comparación entre diferentes prácticas de manejo agronómico en dos predios de una finca. Se evaluaron tres variables principales: densidad de siembra, frecuencia de podas y la incidencia de la enfermedad. Los resultados indicaron que una alta densidad de siembra (1300 árboles/ha), combinada con una baja frecuencia de podas (dos por año), favoreció significativamente el desarrollo de la enfermedad, alcanzando una incidencia del 35%. Este efecto se relacionó con condiciones micro climáticas desfavorables, como mayor humedad, menor ventilación y acumulación de ramas, que promueven un entorno favorable para patógenos. En contraste, los predios con menor densidad de siembra (1100 árboles/ha) y una mayor frecuencia de podas (tres por año) presentaron una incidencia de *Cherelle Wilt* reducida al 15%, lo que demuestra la efectividad de estas prácticas en la mitigación de la enfermedad. El estudio subraya la importancia del manejo agronómico adecuado, que incluye la optimización de la densidad de siembra, la implementación de podas regulares y el monitoreo constante, como estrategias clave para reducir la incidencia de *Cherelle Wilt*. Aunque no se realizaron análisis estadísticos, las observaciones proporcionan información relevante para mejorar la salud del cultivo y aumentar la productividad de las plantaciones de cacao.

Palabras claves: *Cherelle Wilt*, aborto, climatización, microclimas, sostenibilidad.

Abstract

The present study aimed to analyze the relationship between planting density, pruning frequency and the incidence of Cherelle Wilt in *Theobroma cacao* CCN51 crops in the province of Los Ríos, Ecuador. The research was carried out using an observational design, without the application of statistical analysis, focused on the comparison between different agronomic management practices in two plots of a farm. Three main variables were evaluated: planting density, pruning frequency and the incidence of the disease. The results indicated that a high planting density (1300 trees/ha), combined with a low pruning frequency (two per year), significantly favored the development of the disease, reaching an incidence of 35%. This effect was related to unfavorable microclimatic conditions, such as higher humidity, lower ventilation and accumulation of branches, which promote a favorable environment for pathogens. In contrast, plots with lower planting density (1,100 trees/ha) and a higher pruning frequency (three per year) had a 15% reduced incidence of Cherelle Wilt, demonstrating the effectiveness of these practices in mitigating the disease. The study underscores the importance of proper agronomic management, including optimization of planting density, implementation of regular pruning, and constant monitoring, as key strategies to reduce the incidence of Cherelle Wilt. Although statistical analyses were not performed, the observations provide relevant information to improve crop health and increase the productivity of cocoa plantations.

Keywords: Cherelle Wilt, abortion, air conditioning, microclimates, sustainability.

Índice

1. Introducción y Justificación.....	10
1.1 Importancia local	10
1.2 Identificación del problema del problema.....	13
1.2.1 Planteamiento del problema	13
1.2.2 Formulación del problema	14
1.2.3 Justificación de la investigación	14
1.3 Objetivo general	17
1.4 Objetivos específicos.....	17
2. Marco teórico	18
2.1 Bases Teóricas.....	18
2.1.1 Cacao. <i>Theobroma cacao</i>	23
2.1.2. Siembra.	25
2.1.3. Poda.	25
2.1.4 combate de malezas.....	26
2.1.5. Sombra permanente	26
2.1.6 Plagas del cacao.	27
2.1.7 Enfermedades que atacan el cultivo de cacao	28
2.1.7.1 Mazorca negra <i>Phytophthora palmivora</i>	28
2.1.7.2 Monilia. <i>Moniliophthora roreri</i>	28
2.1.7.3 Antracnosis <i>Colletotrichum gloesporioides</i>	29
2.1.7.4 Mal del machete <i>Ceratocystes fimbriata</i>	30
2.1.8 Cosecha	30

2.1.9 <i>Teobroma cacao</i> en la provincia de Los Ríos, Ecuador	31
2.2 Estado del Arte	34
3. Materiales y métodos	43
3.1 Delimitación de la investigación	43
3.1.1 Espacio	43
3.1.2 Tiempo	43
3.1.3 Población	43
3.2 Enfoque de la investigación	43
3.2.1 Tipo de investigación	43
3.2.2 Diseño de investigación	44
3.3 Metodología	44
3.3.1 Variables	44
3.3.1.1 Variable dependiente	44
3.3.1.2 Variable independiente	44
3.3.2 Hipótesis	44
3.3.3 Diseño experimental	44
3.3.4 Recursos	46
3.3.5 Métodos y técnicas	47
3.3.5.1 Diagrama de las actividades experimentales a realizar durante el trabajo de titulación.	48
Mes 2	48
Mes 3	48
Mes 4	48

4. Resultados y Discusión	49
4.1 Evaluar el incremento del <i>Cherelle Wilt</i> debido a factores agronómicos.	49
4.2 Estudiar a relación de insectos plagas y la proliferación de la marchitez de <i>Cherelle</i>	54
4.3 Analizar el impacto de la marchitez de Cherelle en el cultivo de cacao.	58
5. Conclusiones.....	59
6. Recomendaciones.....	61
Bibliografía	63
Anexos	65

Índice de tablas

Tabla 1. Materiales usados en las observaciones en campo.....	45
Tabla2. Actividades realizadas durante el periodo de titulación.....	47
Tabla 3. Densidad de siembra y promedio de afectación del <i>cherelle wilt</i>	49
Tabla 4. Total, de mazorcas afectadas.....	51
Tabla 5. Daños en plantas y daños en mazorcas, predio 1.....	54
Tabla 6. Daños en plantas y daños en mazorcas, predio 2.....	55

Índice de figuras

Figura 1. delimitación del área de estudio.....	42
Figura 2. Diagrama de las actividades a realizar durante el trabajo de titulación ...	50
Figura 3. Total, de mazorcas afectadas en cada predio.....	52
Figura 4. Total, de mazorcas afectadas en cada predio.....	56

1. Introducción y Justificación

1.1 Importancia local

La importancia de esta investigación a nivel local radica en que la provincia de Los Ríos es un núcleo clave para la producción de cacao en Ecuador, y muchas familias dependen económicamente de este cultivo. Las pérdidas ocasionadas por el *Cherelle Wilt* afectan directamente la rentabilidad de los agricultores, particularmente de pequeños y medianos productores que enfrentan dificultades para implementar prácticas de manejo óptimas. Al identificar los factores que incrementan la incidencia de esta condición, este estudio proporciona información práctica y aplicable, que puede ayudar a los agricultores de Los Ríos a mejorar sus prácticas agrícolas, reducir pérdidas y garantizar la sostenibilidad de su producción en un contexto de creciente demanda nacional e internacional de cacao de calidad. (Barrera, 2024)

El cacao (*Theobroma cacao L.*) es un árbol frutal originario de la cuenca amazónica de América del Sur. Su cultivo representa el principal sustento económico de los pequeños agricultores y terratenientes en varios países productores de África, América Central y América del Sur. Los granos de cacao son la principal materia prima de interés para la industria de la confitería de chocolate, y también se utilizan en la industria cosmética o farmacéutica, con un interés creciente en los últimos años como fuente de compuestos bioactivos. (Zambrano, 2021).

La producción de cacao es un sector vital en la economía de Ecuador, constituye la tríada más importante de productos primarios de exportación, elementos clave para la articulación del Ecuador con la economía mundial, adicionalmente, el impacto del cacao en la economía ha configurado elementos sustanciales que conforman la cultura en la Costa del país especialmente en las provincias de Los Ríos y Guayas, donde el cultivo de *Theobroma cacao* CCN51 es prominente. (Abad, 2020).

La transición de un cigoto inactivo a las semillas de rápido desarrollo sólo tiene éxito en aproximadamente el 40% de las vainas. Aproximadamente el 60% de las vainas de un

árbol abortan, un fenómeno conocido como marchitez de *Cherelle*. El marchitamiento de *Cherelle* es un fenómeno que afecta a las vainas jóvenes (el fruto) de *Theobroma cacao*. No clasificada como una enfermedad, la marchitez de *Cherelle* es un fenómeno poco comprendido en el que aproximadamente el 60% de las vainas de un árbol se marchitan dentro de los 50 días posteriores a la polinización. (Perez, 2022).

(Gudiño, 20217) Señala que el marchitamiento temprano de la mazorca, conocido como *Cherelle Wilt*, se caracteriza por el amarilleo de los frutos antes de los 80 días, seguido de su secado y momificación. Estas mazorcas afectadas permanecen adheridas al tronco durante largos periodos. Investigaciones han señalado que este fenómeno está relacionado con una mayor competencia por nutrientes y productos de la fotosíntesis entre los brotes en desarrollo y las nuevas rotaciones. Asimismo, se ha observado que un aumento en la actividad fotosintética del árbol reduce la cantidad de pepinillos no desarrollados.

En el cultivo de cacao clon CCN-51, se ha venido observando frecuentemente la marchitez prematura de la mazorca o *Cherelle wilt* que ha afectado grandemente en el rendimiento y calidad del fruto esta quemazón en los últimos años ha causado la pérdida de cosecha en un 90 %, del rendimiento del cacao, lo que sin duda afecta la economía de los agricultores.

Aunque los daños a las mazorcas en el cacao ecuatoriano son conocidos, existen pocos estudios que hayan cuantificado su incidencia en los distintos genotipos comerciales, particularmente en el CCN-51. Esta variedad, que representa el 50% del área cultivada y el 80% de la producción destinada a la exportación, requiere especial atención. Esto resulta crucial, ya que desconocer la magnitud de las pérdidas potenciales causadas por una enfermedad puede limitar la implementación de estrategias efectivas. (Anzules, 2022)

La marchitez prematura de la mazorca, conocida como *Cherelle Wilt*, ha tenido un impacto significativo en la producción de cacao en los últimos años. Este problema ha reducido hasta en un 90% el rendimiento de los cultivos, afectando tanto la calidad del fruto como la economía de los agricultores que dependen de esta actividad. (Bajaña, 2016)

El *Cherelle Wilt* se caracteriza por la muerte prematura de los frutos, que puede ocurrir dentro de los primeros 50 días posteriores a la polinización. Aunque el origen de este desorden fisiológico aún no se comprende completamente, su identificación y manejo son cruciales para garantizar la salud y la productividad de los cultivos. (Vicente, 2022).

1.2 Identificación del problema del problema

1.2.1 Planteamiento del problema

El *Cherelle Wilt* es un desorden fisiológico que afecta a los cultivos de cacao (*Theobroma cacao*), caracterizándose por la caída prematura de frutos jóvenes (*cherelles*). Este problema representa una amenaza significativa para la producción y rentabilidad del cacao, especialmente en la variedad CCN51, ampliamente cultivada en Ecuador debido a su alto rendimiento y resistencia relativa a enfermedades. La incidencia de *Cherelle Wilt* no solo reduce el volumen de cosecha, sino que también afecta la calidad del grano, lo que repercute negativamente en los ingresos de los agricultores y la sostenibilidad de la producción.

En términos económicos, el *Cherelle Wilt* puede ocasionar pérdidas significativas. Estudios preliminares indican que esta enfermedad puede reducir hasta un 35% la producción de frutos en condiciones de manejo agronómico inadecuado, comprometiendo la estabilidad financiera de los productores, quienes en su mayoría son pequeños agricultores dependientes de este cultivo como su principal fuente de ingresos. Desde el punto de vista agronómico, la proliferación del *Cherelle Wilt* afecta el crecimiento saludable de las plantas al alterar su fisiología, incrementando la vulnerabilidad de los cultivos frente a otros factores como plagas, enfermedades y condiciones climáticas adversas.

A pesar de su relevancia, las causas específicas y los factores que incrementan la incidencia de este problema no están completamente entendidos, dificultando el diseño de estrategias efectivas para su manejo. Entre los posibles factores agronómicos que influyen en su aparición destacan la densidad de siembra, las prácticas de poda, el manejo de plagas y las condiciones micro climáticas generadas por estas decisiones. Sin embargo, estas prácticas, cuando no son adecuadas, pueden crear un ambiente favorable para el desarrollo del *Cherelle Wilt*, como alta humedad, poca ventilación y acumulación de materia vegetal.

En la provincia de Los Ríos, Ecuador, una de las principales zonas productoras de cacao del país, el cultivo de CCN51 enfrenta múltiples desafíos, incluyendo la presencia

de plagas de insectos y enfermedades que agravan el impacto del *Cherelle Wilt*. La falta de información clara y precisa sobre cómo interactúan los factores de manejo agronómico y el entorno con la incidencia de esta enfermedad limita la capacidad de los agricultores para implementar prácticas efectivas que reduzcan las pérdidas.

Dado que el cacao es un cultivo clave para la economía local y nacional, es crucial abordar este problema desde una perspectiva técnica y científica. Investigar y comprender los factores que favorecen el desarrollo del *Cherelle Wilt* permitirá a los productores implementar estrategias agronómicas sostenibles, optimizar la productividad de sus plantaciones y asegurar su rentabilidad a largo plazo. Por lo tanto, esta investigación busca aportar soluciones que fortalezcan la resiliencia del cultivo de cacao en la región, beneficiando tanto a los agricultores como a la economía del país.

1.2.2 Formulación del problema

¿Qué factores agronómicos influyen en la incidencia y proliferación del *Cherelle Wilt* en el cultivo de *Theobroma cacao*, variedad CCN51?

1.2.3 Justificación de la investigación

La investigación sobre la identificación de factores que incrementan el desarrollo del *Cherelle Wilt* en el cultivo de *Theobroma cacao* CCN51 en la provincia de Los Ríos, Ecuador, reviste una importancia crucial debido a la creciente amenaza que esta enfermedad representa para la producción de cacao en una provincia donde este cultivo constituye un pilar económico, social y cultural. El cacao es uno de los principales productos de exportación de Ecuador, y la variedad CCN51 destaca por su alta productividad y adaptabilidad a diversas condiciones climáticas, lo que la convierte en una opción preferida para los agricultores. Sin embargo, la incidencia del *Cherelle Wilt* compromete significativamente el potencial de esta variedad, reduciendo los rendimientos, lo que repercute negativamente en los ingresos de los productores y en la competitividad del cacao ecuatoriano en mercados internacionales.

Dado que miles de familias en la provincia de Los Ríos dependen del cultivo de cacao como su principal fuente de ingresos, comprender los factores que favorecen la aparición y desarrollo del *Cherelle Wilt* es clave para implementar estrategias de manejo agronómico que mitiguen su impacto. Estas estrategias no solo permitirán aumentar la productividad y la calidad del cacao, sino que también contribuirán a mejorar la sostenibilidad económica y ambiental del sector cacaotero. Además, el fortalecimiento de las prácticas de manejo ayudará a garantizar la estabilidad financiera de los pequeños y medianos agricultores, quienes suelen ser los más afectados por las pérdidas asociadas a esta enfermedad.

En un contexto global marcado por el cambio climático, las prácticas agrícolas inadecuadas y la presión constante de plagas y enfermedades, el riesgo de proliferación del *Cherelle Wilt* aumenta considerablemente. Las alteraciones en los patrones climáticos, como lluvias intensas o sequías prolongadas, generan condiciones micro climáticas propicias para el desarrollo de enfermedades en los cultivos, incluyendo este desorden. Asimismo, prácticas como una alta densidad de siembra, podas insuficientes o manejo deficiente del suelo contribuyen a agravar el problema. Por lo tanto, esta investigación se vuelve aún más relevante, ya que busca proporcionar información técnica que permita adaptar las prácticas agronómicas a las necesidades específicas del cultivo y a las condiciones ambientales locales.

La justificación de este estudio también radica en su contribución al fortalecimiento de la seguridad alimentaria y el bienestar de las comunidades rurales. Al identificar y mitigar los factores que favorecen el *Cherelle Wilt*, se promoverá una mayor resiliencia de las plantaciones frente a las enfermedades, garantizando una producción sostenible y continua. Esto no solo impactará positivamente la economía regional, sino que también contribuirá al desarrollo rural, mejorando la calidad de vida de las familias que dependen del cultivo de cacao.

Por último, esta investigación tiene el potencial de generar un impacto a nivel nacional e internacional, al posicionar al cacao ecuatoriano como un producto de alta calidad y sostenibilidad, respaldado por prácticas agrícolas mejoradas. Los resultados obtenidos

podrán ser utilizados como referencia para otros sistemas agrícolas en Ecuador y en países con condiciones similares, consolidando el papel del cacao como un motor de desarrollo económico y social.

1.3 Objetivo general

Identificar los principales factores agronómicos que afectan al cultivo de cacao CCN51 y que están relacionados con la incidencia del *Cherelle Wilt*.

1.4 Objetivos específicos

- Evaluar el incremento del *Cherelle Wilt* debido a factores agronómicos.
- Estudiar la posible relación de insectos plagas y la proliferación de la marchitez de *Cherelle*.
- Analizar el impacto de la marchitez de *Cherelle* en el cultivo de cacao.

2. Marco teórico

2.1 Bases Teóricas

El cultivo de cacao es de vital importancia para las economías de países tropicales como Ecuador. No obstante, su desarrollo enfrenta serias dificultades relacionadas con problemas sanitarios que obstaculizan el aumento de los niveles de producción. Estas limitaciones impactan directamente en los ingresos de los pequeños productores, quienes dependen del cacao como su principal fuente económica, generando repercusiones negativas tanto en su calidad de vida como en el progreso de las regiones donde se cultiva este producto. (Anzules, 2022)

(Anzules, 2022) Demuestra en su estudio que el *cherelle wilt* es responsable del 21% de las pérdidas de mazorcas en las dos localidades analizadas, posicionándose como la principal causa de este problema. Este fenómeno, aún poco estudiado, impacta alrededor del 60% de los frutos jóvenes del cacao.

El análisis de regresión lineal simple no mostró una relación clara entre la incidencia del *cherelle wilt* y las condiciones climáticas. A pesar de ello, se reconoce que este fenómeno está estrechamente relacionado con el estado de desarrollo de los frutos y tiende a manifestarse en dos momentos críticos. El primero ocurre durante la fase inicial de división celular del fruto, aproximadamente 50 días después de la polinización. El segundo momento crítico se presenta durante la etapa de expansión celular, alrededor de 25 días después de la primera fase, lo que subraya la importancia de estos períodos en el desarrollo de los frutos. (Anzules, 2022)

De los tres principales problemas detectados en las mazorcas de cacao CCN-51 en Ecuador, el *cherelle wilt* destacó como el de mayor incidencia. Este fenómeno presentó valores muy similares en las dos localidades estudiadas, superando significativamente los niveles observados para otros problemas como la moniliasis y la pudrición parda, lo que resalta su impacto predominante en las plantaciones analizadas. (Anzules, 2022)

(Gudiño, 2017) Señala que los hallazgos de su investigación sugieren que los promotores hormonales y los activadores fisiológicos afectan positivamente el rendimiento del cultivo al contribuir a la reducción del *cherelle wilt*. El uso de promotores hormonales en dosis previamente establecidas muestra un efecto significativo en la disminución del daño causado por el *cherelle wilt*, especialmente a partir de los 60 días tras las primeras aplicaciones.

(Gudiño, 2017) Sugiere que el *cherelle wilt* está estrechamente relacionado con etapas específicas del desarrollo del fruto. Los momentos críticos para la aparición de este fenómeno son la fase de división celular, que ocurre aproximadamente 50 días después de la polinización, y la fase de alargamiento celular, alrededor de 25 días después de la primera etapa. Estas fases son particularmente sensibles a los desequilibrios hormonales y a la disponibilidad de recursos, lo que resalta la importancia de un manejo agronómico adecuado durante estos periodos.

Estudios en diferentes sistemas de producción de cacao han mostrado que un manejo adecuado, que incluya prácticas como la fertilización balanceada, el riego eficiente y la poda estratégica, puede reducir la incidencia del *cherelle wilt*. Por ejemplo, se ha observado que el manejo del microclima mediante sistemas agroforestales, que proporcionan sombra moderada y mantienen la humedad del suelo, contribuye a disminuir el estrés fisiológico de la planta y, en consecuencia, la pérdida de frutos jóvenes.

La susceptibilidad al *cherelle wilt* varía entre diferentes variedades de cacao, lo que ha sido corroborado por investigaciones que comparan cultivares locales y comerciales. Por ejemplo, se han identificado genotipos con menor incidencia de aborto de frutos bajo condiciones de estrés, lo que resalta la importancia de la selección genética en los programas de mejoramiento. Estos resultados abren la posibilidad de desarrollar variedades con mayor tolerancia al *cherelle wilt*, ofreciendo una solución sostenible a largo plazo.

Investigaciones en la fisiología del cacao han señalado que el *cherelle wilt* es el resultado de una intensa competencia interna por recursos entre los frutos, las hojas y

otras estructuras vegetativas. Durante las primeras etapas del desarrollo de los frutos, las plantas asignan una proporción considerable de fotosintatos, agua y nutrientes a estas partes en crecimiento. No obstante, cuando los recursos son limitados, ya sea por factores ambientales desfavorables o por una alta carga de frutos en desarrollo, los frutos menos avanzados en su crecimiento son los primeros en abortar. Estudios han estimado que, en sistemas de cultivo intensivo, hasta un 60% de los frutos jóvenes pueden verse afectados, lo que subraya la importancia de implementar estrategias de manejo eficientes para equilibrar la distribución de recursos dentro de la planta. (Anzules, 2022)

La relación entre el estrés hídrico y la incidencia del *cherelle wilt* ha sido profundamente analizada en estudios realizados en regiones tropicales. Se ha concluido que la escasez de agua impacta negativamente en la capacidad de las hojas para llevar a cabo la fotosíntesis, lo que resulta en una menor producción de carbohidratos esenciales para el crecimiento de los frutos. Además, el déficit hídrico reduce la presión de turgencia en las células de los frutos, lo que dificulta procesos clave como la división y el alargamiento celular. Estas condiciones generan un entorno propicio para que los frutos jóvenes sean más propensos al aborto. En este contexto, investigaciones recientes han propuesto medidas como el uso de sistemas de riego por goteo y la aplicación de coberturas vegetales para contrarrestar los efectos negativos del estrés hídrico y optimizar la salud y productividad de los cultivos de cacao. (Barrera, 2024)

En cuanto a las condiciones climáticas, estudios sobre sistemas agroforestales han demostrado que una sombra moderada puede disminuir significativamente la incidencia del *cherelle wilt*. Esta práctica ayuda a estabilizar la temperatura y a conservar mayores niveles de humedad tanto en el suelo como en el ambiente, lo que protege a las plantas de cacao del estrés causado por el calor extremo o la falta de agua, factores clave que contribuyen al aborto de los frutos. Evidencias científicas indican que los sistemas agroforestales con una adecuada cobertura arbórea presentan menores tasas de *cherelle wilt* en comparación con los monocultivos, destacando así la relevancia de implementar

estrategias de manejo agrícola que aprovechen la biodiversidad para mejorar la productividad del cacao. (Gudiño, 2017)

El seguimiento del desarrollo fenológico de los frutos se ha convertido en un recurso clave para comprender y controlar el *cherelle wilt*. Las investigaciones destacan que una observación minuciosa de las fases de división y crecimiento celular del fruto permite determinar los periodos críticos para implementar medidas de manejo, como la aplicación de fertilizantes o la incorporación de riego adicional. Además, estudios recientes proponen que el empleo de tecnologías avanzadas, como sensores remotos y herramientas de análisis de imágenes, puede aumentar la precisión del monitoreo y facilitar decisiones más efectivas en los sistemas de cultivo de cacao, maximizando así su eficiencia y productividad. (Avendano, 2022)

Estudios realizados en diversas zonas productoras de cacao han revelado que la incidencia del *cherelle wilt* varía considerablemente dependiendo de factores locales como la composición del suelo, el clima predominante y las prácticas de manejo agrícola aplicadas. Por ejemplo, investigaciones en Ecuador han registrado tasas de incidencia comparables en dos regiones distintas, mientras que en otros países tropicales se han identificado diferencias mucho más pronunciadas. Estos hallazgos destacan la necesidad de llevar a cabo análisis a nivel regional, lo que permitiría ajustar las estrategias de manejo a las particularidades ambientales y agronómicas de cada área de cultivo, optimizando así los resultados. (Anzules, 2022)

(Gudiño, 2017) Se ha identificado que la disponibilidad de nutrientes clave como nitrógeno, potasio, magnesio y calcio influye directamente en la prevalencia del *cherelle wilt*. La carencia de estos elementos esenciales incrementa el estrés fisiológico en las plantas, lo que limita su capacidad para mantener el crecimiento de los frutos jóvenes. En contraste, la implementación de prácticas de fertilización equilibrada ha demostrado ser efectiva para reducir las tasas de aborto de frutos, lo que subraya la relevancia de un manejo nutricional adecuado en los cultivos de cacao para mitigar este problema.

El *cherelle wilt* no solo constituye un reto agronómico, sino que también representa un problema económico considerable. Las pérdidas derivadas de este fenómeno pueden disminuir la productividad de los cultivos de cacao en más de un 20%, afectando especialmente a los pequeños productores que dependen de este cultivo como su principal fuente de ingresos. Los estudios destacan la urgencia de implementar estrategias integrales que incluyan prácticas de manejo agronómico, avances en el mejoramiento genético y políticas de apoyo, con el fin de reducir el impacto del *cherelle wilt* tanto en la economía local como en la global. (Avendano, 2022)

Es importante señalar la necesidad de adoptar enfoques integrales para abordar el problema del *cherelle wilt*. Es crucial combinar prácticas de manejo agronómico que incluyan el monitoreo preciso del desarrollo de los frutos, el uso adecuado de fertilizantes y el control eficiente del riego, con iniciativas de mejoramiento genético que permitan obtener variedades de cacao más resistentes a este tipo de enfermedades. Además, es fundamental que las organizaciones internacionales apoyen a los productores a través de subsidios, asistencia técnica y programas de capacitación, para mejorar las condiciones de cultivo y mitigar los efectos negativos de esta enfermedad. (Avendano, 2022)

2.1.1 Cacao. *Theobroma cacao*

Theobroma cacao L. es el nombre científico que recibe el árbol del cacao o cacaotero, nativo de regiones tropicales subtropicales de América del sur: América tropical, planta de hoja perenne de la familia Malvaceae. *Theobroma*, significa, en griego, alimento de los dioses.

Nombre científico: *Theobroma cacao*

Especie: *T. cacao*; L.

Familia: Malvaceae

Género: *Theobroma*

Orden: Malvales

Clase: Magnoliopsida

División: Magnoliophyta

El cacao ha desempeñado un papel fundamental en la economía e historia de Ecuador, siendo uno de los productos más representativos del país. Junto con el banano y el petróleo, constituye la tríada de productos primarios de exportación más significativa, siendo esencial para la integración del Ecuador en la economía global. Además, el impacto del cacao en la economía ha dejado una huella profunda en la cultura, especialmente en la región costera, donde ha influido en las tradiciones, el desarrollo social y las prácticas agrícolas locales. Este cultivo no solo es un motor económico, sino también un elemento clave en la identidad cultural de la costa ecuatoriana. (Gonzalez, 2019)

El cacaotero es un árbol perenne que permanece en floración durante todo el año, y necesita un clima cálido y húmedo para su desarrollo. Su altura suele rondar los 7 metros cuando se cultiva, pero puede superar los 20 metros en su hábitat natural. El fruto del cacaotero, conocido como "mazorca", tiene forma ovalada y es una baya carnosa, que varía en color desde el amarillo hasta el púrpura, alcanzando una longitud aproximada de 30 cm. Dentro de cada mazorca se encuentran entre 30 y 40 semillas rodeadas por una

pulpa. Al madurar, el fruto puede pesar hasta 450 gramos, lo cual ocurre cuando el árbol tiene entre cuatro y cinco años. (Gonzalez, 2019)

Generalmente, el cacao se cosecha dos veces al año: una al final de la temporada de lluvias y al inicio de la seca, y otra al comienzo del siguiente ciclo de lluvias. Cabe señalar que esto ocurre en climas tropicales, donde no existen estaciones marcadas. Cada cosecha tiene un ciclo de crecimiento que dura entre cinco y seis meses. (Gonzalez, 2019)

Un grano de cacao es rico en una gran variedad de nutrientes, como proteínas (11,5%), almidones (7,5%), taninos (6%), agua (5%), sales y oligoelementos (2,6%), ácidos orgánicos (2%), teobromina (1,2%), cafeína (0,2%), entre otros. (Gonzalez, 2019)

El cacao tiene un efecto estimulante moderado debido a la teobromina, y también proporciona los aminoácidos necesarios para la producción de serotonina, como el triptófano. Es importante destacar que el cacao puede ser venenoso para perros y gatos. El producto más comúnmente derivado del cacao es el chocolate, cuya palabra proviene del náhuatl "xocolātl". Este se elabora mediante una combinación de azúcar, masa de cacao y manteca de cacao, a la que se añaden otros ingredientes, como leche o frutos secos, según el gusto del fabricante, dado que esté preparado suele ser de sabor dulce. (Avendano, 2022)

Los factores climáticos más relevantes para el cultivo del cacao en una región son la temperatura y las precipitaciones. En Costa Rica, las condiciones ideales para su cultivo se encuentran entre los 0 y los 800 metros sobre el nivel del mar. Sin embargo, por encima de los 600 metros, el crecimiento y la floración del cacao suelen ser limitados. La temperatura media anual debe estar entre los 21 y 25°C, y la variación entre la temperatura mínima y máxima mensual no debe superar los 9°C, ya que esto afecta directamente la floración, la fructificación y el tiempo de maduración del cacao. Las precipitaciones anuales ideales oscilan entre 1.500 y 2.500 mm, con un mínimo de 100 mm mensuales. En áreas con sequías prolongadas de tres a cuatro meses, es posible cultivar cacao si se dispone de riego adicional. El viento también puede dañar la planta cuando alcanza velocidades superiores a los 14 km/h. En zonas con vientos fuertes, se recomienda instalar cortinas

rompevientos. En cuanto al suelo, el cacao prefiere terrenos con textura suelta, como suelos arcillosos, francos arenosos o franco-limosos, que contengan un 3,5% de materia orgánica y sean profundos (al menos 1,5 m), con un pH entre 5,5 y 7. La topografía ideal para el cultivo es plana o ligeramente ondulada, con pendientes que no superen el 20-25%. (Bajaña, 2016)

2.1.2. Siembra.

Una vez que se ha establecido la sombra adecuada, se marcan los lugares para los hoyos de siembra y se preparan para el trasplante de las plantas de cacao. Los hoyos deben tener 40 cm tanto de diámetro como de profundidad. La distancia entre plantas recomendada es de 3 x 3 metros, ya sea en una disposición cuadrada o usando el sistema de tres bolillos (pata de gallo), lo cual permite obtener una densidad de 1.111 plantas por hectárea. Es preferible que la plantación se oriente de este a oeste. El trasplante debe realizarse en función del clima de la zona, asegurando que las plantas reciban al menos dos meses de lluvia o se les proporcione riego adecuado. (Gonzalez, 2019)

2.1.3. Poda.

La poda de formación: se realiza entre los doce y veinticuatro meses después del trasplante. Consiste en eliminar brotes laterales (chupones) para conseguir un solo tallo erecto y balanceado, con un molinillo, verticilo u horqueta compuesto de tres a cinco ramas principales bien balanceadas. Sólo se dejará crecer un chupón cuando la horqueta se haya formado debajo de los 60 cm, lo cual no es deseable. La poda de mantenimiento: se realiza durante toda la vida del árbol, uno a dos veces por año, fundamentalmente durante la época seca, para mantener la forma del árbol obtenido con la poda de formación. Para ello se elimina las partes enfermas, ramas quebradas, chupones, plantas parásitas, nidos de hormigas y comejenes y mantiene una copa de árbol clara en equilibrio con el ambiente. La poda sanitaria: se realiza con el propósito de eliminar las secciones del árbol enfermas: ramas, frutos (atacados por monilla o mazorca negra u otras enfermedades) e incluso parte del tallo principal. La poda de rehabilitación: se realiza normalmente en los árboles

improductivos a aquellos que por descuido en las podas se hacen difíciles de manejar. El objetivo es estimular el brote de los chupones basales; uno de los cuales se seleccionará y recibirá luego las podas de formación y mantenimiento. Si el chupón seleccionado brota muy cerca del suelo, se le arrima tierra para que emita sus propias raíces y así se renovará el árbol. Cuando se realice cualquier tipo de poda, todo corte mayor de 1 cm de diámetro se debe cubrir con pasta cicatrizante. Una mezcla adecuada puede ser aceite quemado con un fungicida a base de cobre, un insecticida y un adherente, unidos de tal proporción que formen una pasta semilíquida, la cual se aplica con una paleta de madera; ejemplo; 1 kg Cobox, 25 cm 3 Malathion 5%, 550 cm 3 aceite quemado, 330 cm (Anecacao, 2023)

2.1.4 combate de malezas

(Barrera, 2024) Revela en su estudio la importancia del combate de malezas en el cacaotal, se debe realizar preferiblemente en forma manual. Normalmente, seis deshierbas al año para la plantación joven y cuatro en la adulta, son suficientes. Antes de la deshierba se debe realizar una rodajea, de medio a un metro de ancho, alrededor del tallo. Se debe evitar realizar cortes o heridas en los árboles cuando se deshierba, para disminuir el riesgo del daño de enfermedades, especialmente el mal del machete.

2.1.5. Sombra permanente

La siembra debe realizarse de manera simultánea al establecimiento de la sombra temporal, idealmente unos cuatro meses antes de trasplantar las plantas de cacao. Durante sus primeras etapas, el cacao joven necesita una cobertura de sombra de hasta un 70% o más, dependiendo de la región. Sin embargo, esta debe reducirse progresivamente hasta un 30% cuando la plantación cumple aproximadamente cinco años. La mayor demanda de sombra en los cacaotales jóvenes se debe a la limitada cantidad de follaje que desarrollan, lo que hace que la sombra generada por el propio cultivo sea insuficiente en esta etapa. (Jaimez, 2022)

2.1.6 Plagas del cacao.

Cuando el agricultor descuida el manejo de su plantación, dejando de controlar las malezas, realizar podas, regular la sombra, aplicar fertilizantes o mantener limpias las acequias y canales de drenaje, se genera un entorno favorable para la aparición y propagación agresiva de plagas. En los viveros, los insectos, especialmente los chupadores y cortadores, pueden causar daños significativos si no se toman medidas preventivas oportunas. (Anecacao, 2023)

A nivel global, se han identificado aproximadamente 1,500 especies de insectos que afectan al cacao, aunque solo un 2% genera pérdidas económicas significativas. Es fundamental que el productor comprenda que la polinización del cacao depende de insectos, especialmente de la mosquita *Forcipomyia* sp., cuya protección es clave para mantener una población adecuada durante los períodos de mayor floración. Por esta razón, el uso de insecticidas en cacaotales en producción debe evitarse y solo aplicarse como último recurso y de manera controlada. Antes de emplear cualquier insecticida, es recomendable buscar la asesoría de un técnico especializado. (Barrera, 2024)

Para garantizar la presencia de insectos beneficiosos como la mosquita polinizadora, es crucial que el productor distribuya en la plantación materiales como trozos de vástagos de plátano o banano y cáscaras de cacao en descomposición. Estos elementos actúan como nidos o criaderos, favoreciendo la reproducción de estos insectos esenciales. (Barrera, 2024)

Los insectos que afectan el follaje, los brotes y los frutos del cacao incluyen a la chinche con apariencia de avispa (*Moralonium broconoides*), cuya presencia está relacionada con la falta de sombra y cuyo daño principal ocurre al atacar los brotes, causando movimiento en las ramillas. También están los trips, que atacan en colonias tanto el envés de las hojas como los frutos; su aparición se asocia a deficiencias de sombra y problemas nutricionales, y al dañar los frutos, generan una coloración rojiza similar al ladrillo, dificultando la identificación de su madurez. El picudo de los brotes tiernos afecta principalmente a plantas jóvenes, causando defoliación y rebrote constante, lo que lo vincula también a

áreas con sombra insuficiente. Por último, las hormigas zompopas (*Atta spp.*) provocan defoliación con un patrón característico en forma de media luna. En casos donde los daños ocasionados por estos insectos, o una combinación de ellos, sean significativos, podría justificarse el uso de productos químicos, siempre aplicados de forma controlada. (Gonzalez, 2019)

2.1.7 Enfermedades que atacan el cultivo de cacao

2.1.7.1 Mazorca negra *Phytophthora palmivora*

Este hongo afecta brotes laterales o chupones, ramas y frutos. Las lesiones presentan un color marrón chocolate y suelen ser extensas; cuando el daño ocurre en las hojas, la lesión se propaga a lo largo de la vena principal. En el tallo, el síntoma aparece como vetas oscuras en los tejidos internos bajo la corteza; externamente, se observa un exudado gomoso que indica el daño interno. Al raspar la corteza, estas vetas oscuras se hacen evidentes. En los frutos, las lesiones también son de color chocolate, con bordes bien definidos. Para controlar este problema, es fundamental eliminar de manera periódica los órganos afectados (como chupones y frutos) y retirarlos completamente de la plantación, evitando que el hongo se desarrolle en el suelo y genere nuevas infecciones. Adicionalmente, es necesario implementar un plan de aplicación de fungicidas a base de cobre, enfocándose principalmente en los frutos, utilizando una dosis de 120 g de producto comercial por 201 litros de agua, mezclada con 2 ml de adherente. (Morales, 2011)

2.1.7.2 Monilia. *Moniliophthora roreri*

La monilia afecta directamente a los frutos del cacao. Cuando la enfermedad ataca mazorcas en sus primeros tres meses de desarrollo, estas presentan un abultamiento conocido como "giba". En frutos más avanzados, se manifiesta como una mancha de color marrón sin bordes definidos, lo que permite diferenciarla de la mazorca negra. Las lesiones se cubren con un polvo blanco abundante, compuesto por las esporas del hongo, que facilitan su propagación. En algunos casos, las mazorcas pueden aparentar estar maduras en ciertas zonas, lo cual es un indicio de la enfermedad. (Morales, 2011)

Para controlar la monilia, es fundamental eliminar los frutos infectados cada ocho o quince días, independientemente de si presentan síntomas iniciales o avanzados. Estas mazorcas deben colocarse en el suelo y cubrirse con tierra o material vegetal, como hojarasca, para impedir la dispersión de las esporas. Además, es recomendable realizar una cosecha semanal de mazorcas maduras y sanas para reducir la exposición al hongo. El uso de tratamientos químicos resulta viable y rentable únicamente si se llevan a cabo todas las prácticas culturales necesarias, como el drenaje, el control de sombra, las podas, el manejo de malezas y la fertilización, reservándose para casos de infestaciones graves. (Morales, 2011)

2.1.7.3 Antracnosis *Collethotrichum gloesporioides*

La antracnosis en el cacao es una enfermedad que compromete significativamente la salud de las plantas, afectando ramillas, hojas y frutos. Su impacto principal es la defoliación, que deja las ramas desnudas, debilitando a la planta y reduciendo su capacidad de producir. Este problema no solo se observa en las plantaciones establecidas, sino también en los viveros, donde las plantas jóvenes son especialmente vulnerables.

La aparición de esta enfermedad está estrechamente relacionada con condiciones desfavorables, como la insuficiencia de sombra y deficiencias en los nutrientes esenciales para el desarrollo del cacao. Por ello, el manejo adecuado de la sombra es crucial, asegurando que las plantas reciban el nivel óptimo para mantener un microclima equilibrado. De igual forma, la implementación de un programa de fertilización balanceada es indispensable para fortalecer la resistencia natural de las plantas. (Morales, 2011)

El control de la antracnosis también incluye la eliminación de las partes enfermas mediante podas regulares y cuidadosas. Estas podas no solo ayudan a frenar la propagación de la enfermedad, sino que también mejoran la ventilación y la exposición a la luz dentro del cacaotal, lo que dificulta las condiciones para el desarrollo del hongo. En casos más severos, podría ser necesario complementar estas prácticas con aplicaciones preventivas de fungicidas específicos, siempre siguiendo las recomendaciones técnicas para evitar daños al ecosistema del cultivo. (Morales, 2011)

2.1.7.4 Mal del machete *Ceratocystes fimbriata*

Esta enfermedad afecta el tronco y las ramas de las plantas de cacao, manifestándose inicialmente como una marchitez generalizada de las hojas, que permanecen adheridas al árbol por largos periodos. Eventualmente, el árbol muere debido al daño severo ocasionado por el hongo. Su aparición está directamente relacionada con la actividad del insecto *Xyleborus*, que excava pequeñas galerías en el tronco, utilizándolas como refugio y lugar de reproducción. Este insecto es atraído por el olor que emiten los árboles enfermos, y al perforar el tronco, genera un aserrín fino que facilita la propagación del hongo hacia plantas sanas. (Morales, 2011)

Además de este insecto, otros factores que contribuyen a la transmisión de la enfermedad incluyen el uso de herramientas contaminadas durante las podas y las heridas ocasionadas en los troncos al realizar deshierbas, de ahí que se le conozca como "mal del machete". Para combatir esta enfermedad, es imprescindible eliminar los árboles afectados. Esto implica destronar la planta, retirarla y quemarla fuera de la plantación. Asimismo, el suelo del área afectada debe ser removido, expuesto al sol y tratado con cal para desinfectarlo y prevenir la propagación del hongo. Estas medidas son esenciales para preservar la salud del cacaotal y minimizar el impacto de esta enfermedad devastadora. (Morales, 2011)

2.1.8 Cosecha

Las mazorcas de cacao deben ser cosechadas cada diez a quince días, excepto durante los picos de producción, que ocurren en abril, mayo, noviembre y diciembre, cuando la recolección se realiza casi a diario. Es importante que las mazorcas se cosechen en su punto de madurez, ya que los frutos inmaduros, conocidos como pintones, afectan negativamente tanto el rendimiento como la calidad. Por otro lado, las mazorcas sobremaduras provocan que las almendras pierdan sus características aromáticas y de sabor, e incluso pueden generar el riesgo de que las semillas germinen dentro del fruto. El momento óptimo de cosecha se puede identificar por el cambio de color de la mazorca: los frutos verdes se vuelven amarillos y los rojos pasan a un tono anaranjado. (Morales, 2011)

La calidad final del cacao destinado a la comercialización depende en gran medida de una correcta fermentación y secado de las almendras. Este proceso no solo limpia las semillas, sino que también mata el embrión, desarrollando su aroma y sabor, y mejorando su presentación. Además, la fermentación prepara el grano para un almacenamiento prolongado, sin riesgo de contaminación por insectos o mohos. En términos generales, la fermentación debe realizarse en un lugar protegido, pero bien ventilado. Las mazorcas se deben abrir con cuidado para evitar daños en las almendras, que luego se dejan fermentar. Este proceso dura entre tres y cinco días, dependiendo de la región, y las almendras deben ser removidas o volteadas cada 24 horas para asegurar una fermentación uniforme. (Morales, 2011)

2.1.9 *Teobroma cacao* en la provincia de Los Ríos, Ecuador

La provincia de Los Ríos se destaca como una de las principales áreas productoras de cacao en Ecuador, desempeñando un papel crucial en la economía tanto a nivel nacional como internacional. En esta región, el cultivo de cacao está repartido entre pequeños y medianos productores, quienes lo consideran su principal fuente de ingresos. Los Ríos es famosa por la producción de variedades como el cacao nacional y el híbrido CCN-51, que son reconocidos por su alta calidad y excelente rendimiento. Según datos recientes, la provincia representa una parte significativa de las exportaciones de cacao de Ecuador, reafirmando su importancia en el mercado global del chocolate. (Leon Villamar, 2021)

El cultivo de cacao en Los Ríos sigue siendo principalmente de tipo tradicional, aunque en los últimos años se han incorporado tecnologías y prácticas agrícolas sostenibles. La región disfruta de suelos altamente fértiles y un clima tropical ideal, con abundantes lluvias y temperaturas constantes que favorecen el crecimiento del cacao. A pesar de estas condiciones favorables, el manejo agronómico en la zona enfrenta retos como el control de enfermedades, plagas y problemas fisiológicos, como la marchitez de *cherelle*, que impactan tanto la productividad como la calidad de las mazorcas. (Leon Villamar, 2021)

En la provincia de Los Ríos, el fenómeno de la marchitez de *cherelle* (*cherelle wilt*) es uno de los principales factores que limita la producción de cacao. Investigaciones

realizadas a nivel local indican que esta condición fisiológica puede reducir considerablemente la cantidad de mazorcas viables por planta, afectando particularmente a los pequeños productores que dependen de altos rendimientos para su sustento. La incidencia de este problema en la región está vinculada a diversos factores, como las prácticas agrícolas, la variedad de cacao cultivada, el clima y la disponibilidad de nutrientes esenciales en los suelos. (Leon Villamar, 2021)

El cacao en Los Ríos tiene un considerable potencial para fomentar el desarrollo económico y sostenible de la provincia. Al adoptar métodos agroforestales, cultivar variedades más resistentes y aplicar buenas prácticas agrícolas, los productores pueden aumentar la productividad de sus cultivos sin comprometer los recursos naturales. Además, el impulso de certificaciones como el cacao orgánico o de comercio justo podría abrir nuevas puertas en el mercado, lo que beneficiaría económicamente a los agricultores y fortalecería la sostenibilidad del sector. (Leon Villamar, 2021)

El clima tropical de Los Ríos, con lluvias abundantes y temperaturas que oscilan entre los 24 y 27 °C, favorece el cultivo del cacao. Sin embargo, las variaciones climáticas recientes, como sequías prolongadas o lluvias excesivas, han generado nuevos desafíos para los productores. Estos cambios no solo afectan el crecimiento de las plantas, sino también aumentan la incidencia de problemas fisiológicos como el *cherelle wilt*. Por esta razón, los estudios en la zona subrayan la importancia de implementar sistemas de manejo agrícola que permitan adaptar el cultivo a estas condiciones climáticas cambiantes. (Jaimez, 2022)

Los pequeños productores desempeñan un papel fundamental en la producción de cacao en Los Ríos. Estos agricultores, generalmente con parcelas pequeñas, utilizan prácticas tradicionales que se han heredado a lo largo de generaciones. No obstante, enfrentan limitaciones como el acceso a tecnologías, insumos y capacitación, lo que incrementa la vulnerabilidad de sus cultivos frente a enfermedades como el *cherelle wilt*. Para mitigar estos problemas, es crucial implementar políticas de apoyo y programas de

desarrollo agrícola que fortalezcan a este sector y mejoren la sostenibilidad del cultivo en la región. (Morales, 2011)

La introducción de nuevas tecnologías en el cultivo de cacao en Los Ríos, como sensores de suelo, drones para monitoreo de cultivos y herramientas de análisis climático, está comenzando a transformar el sector. Estas innovaciones permiten a los agricultores tomar decisiones más informadas sobre el manejo de sus plantaciones, incluyendo estrategias para reducir la incidencia de la marchitez de *cherelle*. Aunque la adopción de estas tecnologías aún es limitada, representan una gran oportunidad para mejorar tanto la productividad como la competitividad del cacao en la provincia. (Morales, 2011)

Además, la adopción de estas tecnologías no solo facilita la toma de decisiones más precisas sobre el manejo agronómico, sino que también permite a los productores monitorear de manera más eficiente las condiciones de sus cultivos. Por ejemplo, el uso de drones para observar la salud de las plantas y detectar signos tempranos de enfermedades o deficiencias nutricionales puede ayudar a los agricultores a intervenir a tiempo, evitando pérdidas importantes de cosecha. De igual manera, los sensores de suelo permiten evaluar la humedad y la fertilidad del terreno, lo que optimiza el uso de insumos como el agua y los fertilizantes, reduciendo costos y mejorando la eficiencia del cultivo. (Morales, 2011)

Con la implementación de estas tecnologías, los productores de cacao en Los Ríos pueden no solo mejorar la calidad y cantidad de su producción, sino también hacerla más resistente a las fluctuaciones climáticas, contribuyendo al desarrollo a largo plazo de un sector más competitivo y sostenible. (Morales, 2011)

Sin embargo, para que esta transición tecnológica sea efectiva, es necesario brindar a los agricultores acceso a capacitación continua, financiamiento accesible y la infraestructura adecuada para aprovechar todo el potencial de estas herramientas, asegurando así que los beneficios se distribuyan de manera equitativa en toda la comunidad agrícola. (Morales, 2011)

2.2 Estado del Arte

El cacao, conocido científicamente como *Theobroma cacao*, cuyo nombre en griego se traduce como “alimento de los dioses”, tiene su origen en América. Registros históricos indican que esta planta fue cultivada por los mayas, quienes no solo apreciaban su valor como alimento, sino que también utilizaban las semillas como moneda en sus transacciones comerciales (Leon Villamar, 2021)

En Ecuador, la cultura del cacao tiene raíces profundas. Existen evidencias de que, antes de la llegada de los españoles, ya se encontraban imponentes árboles de cacao en la región costera. Esto refleja el conocimiento y la utilización de esta especie por las comunidades locales mucho antes de la influencia europea en el territorio. (Anecacao, 2023)

Con la fundación de la República del Ecuador en 1830, el cacao se consolidó como un cultivo de relevancia económica. Muchas familias de alto poder adquisitivo dedicaron sus extensas tierras a su producción, estableciendo haciendas conocidas como "Grandes Cacao". Estas propiedades, ubicadas principalmente en Vinces y otros cantones de Los Ríos, eran administradas por terceros, mientras los dueños pasaban largas temporadas en Europa. Este estilo de vida aristocrático dio origen al apodo de "París Chiquito" para la región. (Anecacao, 2023)

El CCN-51, un cacao clonado de origen ecuatoriano, fue declarado como un bien de alta productividad el 22 de junio de 2005, a través de un acuerdo ministerial. Esta designación permitió al Ministerio de Agricultura promover su cultivo, comercialización y exportación. Este cacao, desarrollado en 1965 por el agrónomo ambateño Homero Castro Zurita, lleva su nombre como parte del significado de sus siglas: Colección Castro Naranjal 51. (Anecacao, 2023)

Durante la década de 1960, el CCN-51 transformó la producción cacaotera en Ecuador, marcando un punto de inflexión tras la devastación causada por la enfermedad conocida como escoba de bruja en los cultivos tradicionales. Homero Castro, científico y botánico

independiente, desarrolló esta variedad poco antes de su lamentable fallecimiento, dejando un legado que revolucionó la industria. (Anzules, 2022)

En sus inicios, el clon CCN-51 destacó por ser auto polinizable y altamente productivo debido a su resistencia a enfermedades y su capacidad para tolerar el estrés biótico. Este árbol de cacao se convirtió en una solución eficaz para reemplazar variedades más vulnerables. A finales de la década de 1990, comenzó a dominar el panorama del cacao fino en las principales zonas productoras del país, consolidando su importancia en el sector agrícola de Ecuador. (Barrera, 2024)

El CCN-51 ha ganado reconocimiento mundial, especialmente en América Latina, gracias a su notable capacidad productiva, resistencia frente a enfermedades y adaptabilidad a una amplia variedad de climas y regiones eco geográficas. Este clon ha incrementado significativamente las hectáreas cultivadas, contribuyendo al crecimiento sostenido de la producción regional de cacao. (Jaimez, 2022)

Entre las principales ventajas de cultivar el cacao CCN-51 se encuentra su capacidad para adaptarse a diferentes altitudes y condiciones climáticas dentro del país. Además, ofrece altos rendimientos cuando se aplica un manejo adecuado del cultivo. Su resistencia a plagas y enfermedades también lo convierte en una opción preferida para los productores. Con un correcto procesamiento postcosecha, este cacao puede alcanzar las características organolépticas que son altamente valoradas en los mercados internacionales. (Nieto, 2023)

Los problemas que afectan la producción de cacao se reflejan principalmente en la reducción de su rendimiento. Una de las amenazas más importantes proviene de los hongos fitopatógenos que atacan directamente las mazorcas. Entre estos, destacan *Moniliophthora roreri*, causante de la enfermedad conocida como moniliasis, y *Phytophthora spp.*. La moniliasis puede llegar a provocar pérdidas de hasta el 90% de la cosecha, lo que la posiciona como uno de los mayores desafíos para los productores de cacao a nivel mundial. (Anzules, 2022)

Otro problema que preocupa considerablemente a los cacaoteros es la muerte prematura de las mazorcas, comúnmente conocida como *Cherelle Wilt*. Aunque las causas de esta condición aún no han sido completamente identificadas, algunos expertos sugieren que podría estar relacionada con el estado nutricional de las plantas. Este fenómeno sigue siendo un área prioritaria para la investigación agrícola. (Anzules, 2022)

En Ecuador, uno de los principales inconvenientes para la producción de cacao es la marchitez prematura de la mazorca, conocida como *Cherelle wilt*, que perjudica el desarrollo de los frutos y mazorcas del cacao. Este problema puede llegar a disminuir hasta un 90 % el rendimiento en ciertas temporadas, generando mazorcas endurecidas, de color negro, que lucen “momificadas”.

El *Cherelle wilt* afecta a los frutos jóvenes del cacao, deteniendo su crecimiento y provocando su deshidratación y deformación. Inicialmente, los frutos adquieren un tono amarillo, seguido de un color negro, hasta que se momifican. Estos frutos marchitos suelen ser invadidos por hongos, permanecen adheridos al árbol y, una vez completamente secos, pueden desprenderse fácilmente con solo ejercer una ligera presión. (Bajaña, 2016)

La marchitez prematura de la mazorca puede ser causada por diversos factores, como la insuficiencia de nutrientes en el suelo, condiciones climáticas adversas (sequías prolongadas o exceso de lluvias), cambios drásticos en la temperatura, daños ocasionados por plagas y enfermedades, mecanismos de autodefensa del árbol que prioriza las mazorcas que puede sustentar, deficiencias hormonales y alteraciones metabólicas. (Bajaña, 2016)

Este fenómeno también está relacionado con la competencia por recursos dentro del árbol. Las mazorcas ubicadas en ramas más gruesas tienden a desarrollarse hasta alcanzar la madurez, mientras que las que crecen en ramas más delgadas suelen marchitarse de forma prematura debido a la incapacidad del árbol para nutrirlas adecuadamente. (Bajaña, 2016)

El marchitamiento prematuro de las mazorcas se manifiesta con el amarillamiento de los frutos antes de cumplir 80 días, seguido de su desecación y momificación,

permaneciendo adheridos al árbol por largos periodos. Investigaciones previas han señalado que este fenómeno ocurre debido a la competencia por nutrientes y compuestos fotosintéticos entre las mazorquitas en crecimiento activo y las nuevas brotaciones. Además, se ha observado que una mayor actividad fotosintética del árbol reduce la cantidad de frutos que sufren marchitez. (Bajaña, 2016)

El desarrollo completo de las mazorcas de cacao suele durar alrededor de 150 días desde la primera antesis. Una vez superada la etapa de *cherelle*, el crecimiento de las mazorcas se concentra en aumentar su tamaño, tanto en longitud como en diámetro, durante un periodo de 100 a 110 días. Finalmente, alcanzan la madurez unos 20 a 30 días después de completar esta fase de expansión. (Jaimez, 2022)

Estudios realizados han demostrado que cerca del 75% de los frutos provenientes de flores que lograron ser fertilizadas no completan su desarrollo y dejan de crecer entre los 40 y 50 días posteriores a la antesis. Estos frutos quedan detenidos en una fase de crecimiento conocida como *cherelle*, caracterizada por la inmadurez y eventual marchitamiento de las mazorcas jóvenes. Este fenómeno se ha convertido en un desafío importante para los productores de cacao, ya que limita significativamente el rendimiento del cultivo.

Entre los factores principales que contribuyen a la marchitez prematura de las mazorcas se encuentra la edad del árbol. Durante los primeros años de su desarrollo, los árboles suelen producir pocas mazorquillas debido al proceso de adaptación al entorno en el que han sido plantados. Esta etapa de aclimatación puede influir en su capacidad para sostener un desarrollo óptimo de los frutos. Por otro lado, las condiciones climáticas desempeñan un papel fundamental. Factores como el exceso o la insuficiencia de lluvias generan situaciones de estrés en el árbol, lo que favorece el marchitamiento y la pérdida de los frutos. Las bajas temperaturas también afectan negativamente el desarrollo de las mazorcas, ya que influyen en los procesos metabólicos del árbol. Además, los suelos pobres en nutrientes agravan este problema, ya que limitan la disponibilidad de los recursos necesarios para un crecimiento saludable. (Gudiño, 2017)

La marchitez de las *cherelles* es un fenómeno natural en el desarrollo del árbol de cacao, funcionando como un mecanismo de regulación que permite un equilibrio en la carga de frutos. Este proceso, conocido como aclareo de frutos, parece estar regulado por hormonas de crecimiento que el árbol produce para optimizar sus recursos. Generalmente, este evento no tiene un impacto significativo en el rendimiento general del cultivo, ya que el árbol prioriza el desarrollo de tantas vainas como los nutrientes disponibles puedan sostener de manera eficiente. (Gudiño, 2017)

Este comportamiento no es exclusivo del cacao, sino que ocurre en otros árboles frutales. Por ejemplo, en los manzanos se produce un fenómeno similar conocido como "caída de junio" en Europa, donde el árbol también desprende frutos para concentrar sus recursos en aquellos que tienen más probabilidades de alcanzar la madurez. (Gudiño, 2017)

Sin embargo, en el caso del cacao, las *cherelles* afectadas no caen del árbol de inmediato, como ocurre en otras especies. En su lugar, permanecen en las ramas, donde eventualmente se descomponen. Este detalle distingue al cacao de otros cultivos frutales y destaca la particularidad de su ciclo de desarrollo. La marcha natural de este proceso subraya la importancia de un manejo adecuado para maximizar el rendimiento sin interferir en el equilibrio biológico del árbol. (Gudiño, 2017)

Este fenómeno puede interpretarse como una estrategia natural de la planta para equilibrar su capacidad de desarrollo, asignando los recursos disponibles, como nutrientes y productos generados por la fotosíntesis, a aquellos frutos con mayores probabilidades de llegar a la madurez. Al reducir el número de frutos en crecimiento, la planta optimiza su eficiencia, asegurando que los recursos limitados sean utilizados de manera más efectiva.

Sin embargo, este mecanismo de autorregulación no opera de forma aislada, ya que está condicionado tanto por factores internos de la planta, como su genética y estado fisiológico, como por elementos externos. Entre estos factores externos se incluyen las condiciones ambientales, el manejo agronómico y los cambios climáticos, que pueden alterar el equilibrio natural del árbol. En el contexto de cultivos comerciales, la *marchitez*

de las cherelles representa un problema importante. Este fenómeno afecta negativamente la productividad del cacao al reducir la cantidad de frutos que alcanzan la madurez, lo que a su vez limita el volumen de la cosecha. Esto repercute directamente en los ingresos de los productores, convirtiendo esta situación en un desafío crítico para la sostenibilidad económica de las plantaciones de cacao. Por esta razón, comprender y mitigar los factores que agravan este proceso es esencial para mejorar el rendimiento y asegurar la viabilidad del cultivo. (Gudiño, 2017)

El desarrollo de los frutos del cacao depende en gran medida de la capacidad de la planta para cubrir sus necesidades energéticas. Los frutos en etapas tempranas demandan grandes cantidades de nutrientes y productos fotosintéticos, lo que genera una intensa competencia interna entre las estructuras reproductivas y las vegetativas. En este contexto, la marchitez de las *cherelles* surge como un resultado directo de la incapacidad de la planta para sustentar simultáneamente el crecimiento de todos los frutos. (Gudiño, 2017)

Investigaciones han demostrado que el aborto de frutos es más frecuente durante las primeras fases de desarrollo, cuando las necesidades energéticas alcanzan su punto máximo. Además, problemas en la distribución de azúcares desde las hojas hacia los frutos, causados por una baja actividad fotosintética o condiciones de estrés hídrico, pueden agravar la aparición de este fenómeno. (Barrera, 2024)

Asimismo, el *cherelle wilt* está vinculado a alteraciones hormonales dentro de la planta. Un desequilibrio en los niveles de hormonas como las auxinas, citoquininas y el etileno, que son responsables de regular el crecimiento y la senescencia de los tejidos, puede intensificar el proceso de marchitez. Estas fluctuaciones hormonales, combinadas con factores ambientales y fisiológicos, subrayan la complejidad de este fenómeno en el cultivo de cacao. (Bajaña, 2016)

Las condiciones ambientales desempeñan un papel fundamental en la aparición y severidad de la marchitez de las *cherelles*. Factores como la disponibilidad de agua, la temperatura ambiental y la intensidad de la radiación solar afectan de manera directa la salud fisiológica del árbol de cacao y su capacidad para mantener una alta carga de frutos.

El déficit hídrico, por ejemplo, reduce la presión de turgencia en las células, un proceso esencial para la división y expansión celular en los frutos jóvenes. Cuando esta presión disminuye, los frutos no logran desarrollarse de forma adecuada, lo que puede conducir a su marchitamiento prematuro. Por otro lado, las temperaturas extremas, ya sean muy altas o muy bajas, generan estrés térmico en la planta. Esto no solo afecta la tasa fotosintética, disminuyendo la producción de azúcares y metabolitos esenciales, sino que también altera los procesos hormonales que regulan el crecimiento de los frutos. (Anzules, 2022)

En las regiones tropicales, donde las condiciones climáticas suelen ser impredecibles, estos factores pueden interactuar de manera negativa. La combinación de sequías prolongadas, altas temperaturas y fluctuaciones en la intensidad de la luz solar amplifica la incidencia de este problema, afectando significativamente la productividad del cacao. (Anzules, 2022)

La ausencia de estrategias de manejo agronómico para mitigar estos efectos puede agravar aún más la situación. Medidas como la instalación de sistemas de riego para combatir el estrés hídrico, el uso de técnicas de sombreado para moderar las temperaturas y la aplicación de fertilizantes balanceados para garantizar la disponibilidad de nutrientes son fundamentales. Sin estas prácticas, la planta enfrenta mayores dificultades para sostener sus funciones fisiológicas, lo que incrementa el impacto negativo del *cherelle wilt* en el rendimiento y la calidad de la cosecha. (Barrera, 2024)

Aunque el *cherelle wilt* se considera principalmente un fenómeno fisiológico, es crucial no pasar por alto su interacción con plagas y enfermedades. Infecciones causadas por patógenos como *Phytophthora spp.*, que provocan la pudrición de las mazorcas, o la presencia de insectos herbívoros, pueden debilitar a las plantas de cacao, afectando su capacidad para mantener los frutos jóvenes en desarrollo. Cuando las plantas experimentan estrés debido a estos factores externos, tienden a redirigir los recursos disponibles hacia el mantenimiento de los tejidos vitales, priorizando su supervivencia y dejando los frutos en desarrollo más vulnerables al aborto. Esta priorización puede resultar en una reducción en el número de frutos que logran alcanzar la madurez. (Bajaña, 2016)

Adicionalmente, el daño físico causado por insectos o patógenos puede desencadenar una serie de reacciones de estrés oxidativo en los tejidos de los frutos. Este estrés acelera la senescencia de los frutos afectados, lo que provoca que se marchiten y caigan prematuramente. En conjunto, estos factores biológicos y físicos no solo contribuyen al aumento de la incidencia del *cherelle wilt*, sino que también disminuyen significativamente el rendimiento general de las cosechas. (Bajaña, 2016)

En algunas variedades de cacao, la tasa de aborto de frutos puede superar el 60%, siendo más alta durante las primeras fases del desarrollo de los frutos. Este alto porcentaje sugiere que la planta tiene la capacidad de utilizar señales fisiológicas para determinar cuáles frutos tienen más probabilidades de alcanzar un desarrollo exitoso y cuáles, por el contrario, representarían una carga energética insostenible para el árbol. (Avendano, 2022)

El crecimiento y la senescencia de los frutos de cacao están regulados por una compleja red de hormonas vegetales, que incluye auxinas, citoquininas, giberelinas y etileno. Durante las primeras etapas de desarrollo, las auxinas juegan un papel fundamental, promoviendo la división y expansión de las células de los frutos. Sin embargo, cuando el árbol enfrenta condiciones adversas, como estrés hídrico o deficiencias de nutrientes, la planta responde aumentando la producción de etileno. Esta hormona acelera el proceso de senescencia, llevando a la caída prematura y al aborto de los frutos que no han logrado desarrollarse adecuadamente. (Avendano, 2022)

En este sentido, el *cherelle wilt* puede verse como una respuesta fisiológica de la planta a las condiciones desfavorables que enfrenta. Esta respuesta está mediada por una alteración hormonal, donde el aumento de etileno facilita la eliminación de frutos que no tienen posibilidades de madurar, permitiendo que el árbol conserve recursos para los frutos más prometedores. Este proceso, aunque puede parecer un "aborto" natural, es una estrategia adaptativa para optimizar la supervivencia y el rendimiento de la planta en condiciones difíciles. (Avendano, 2022)

Las citoquininas desempeñan un papel fundamental en la forma en que la planta prioriza la distribución de sus recursos. Estas hormonas, que favorecen la diferenciación celular y

el transporte de nutrientes, tienden a acumularse en mayor cantidad en los frutos que tienen más probabilidades de desarrollarse completamente. Por el contrario, los frutos con menores niveles de citoquininas son más vulnerables al *cherelle wilt*, ya que no reciben los recursos suficientes para su crecimiento. Esta interacción hormonal abre la puerta a intervenciones agronómicas, como el uso de reguladores de crecimiento, que pueden ayudar a reducir la tasa de aborto de los frutos, mejorando así el rendimiento y la productividad del cultivo. (Avendano, 2022)

La susceptibilidad al *cherelle wilt* presenta variaciones notables entre distintas variedades de cacao, lo que indica que este fenómeno tiene una base genética. Se han identificado ciertos genotipos que experimentan una menor incidencia de aborto de frutos, incluso bajo condiciones de estrés. Estas variedades suelen estar vinculadas a características fisiológicas ventajosas, como una mayor eficiencia en la fotosíntesis, una mejor capacidad para almacenar reservas de carbohidratos y un equilibrio hormonal más estable. Estas propiedades permiten que las plantas sean más resilientes, reduciendo el impacto del *cherelle wilt* y favoreciendo un desarrollo más robusto de los frutos. (Avendano, 2022)

3. Materiales y métodos

3.1 Delimitación de la investigación

3.1.1 Espacio

El estudio se llevará a cabo en plantaciones de *Theobroma cacao* CCN51 ubicadas en el recinto la Panguana del cantón Palenque ubicado en la provincia de Los Ríos Ecuador



Figura 2. delimitación del área de estudio

3.1.2 Tiempo

Esta investigación se realizará durante un periodo de 4 meses, entre los meses de septiembre a diciembre del 2024.

3.1.3 Población

La población de estudio es el cultivo de cacao (*Theobroma cacao.*) variedad CCN51 cultivado en 2 fincas de la zona rural del cantón

3.2 Enfoque de la investigación

3.2.1 Tipo de investigación

Esta Investigación tiene un enfoque cuantitativo

3.2.2 Diseño de investigación

Este estudio tiene un enfoque cuantitativo porque se basa en la medición precisa y objetiva de variables relacionadas con la incidencia de *Cherelle Wilt* en *Theobroma cacao* CCN51. Se empleará un diseño observacional y cuantitativo durante un periodo de cuatro meses. Este tipo de enfoque es apropiado ya que el propósito principal es cuantificar fenómenos naturales, establecer relaciones entre variables y generar datos que puedan ser analizados estadísticamente. En este caso, se recolectarán datos numéricos sobre aspectos como el porcentaje de mazorquitas afectadas por árbol, la densidad de siembra, la frecuencia de prácticas agrícolas como poda, fertilización y otros factores observables y medibles en el campo.

3.3 Metodología

3.3.1 Variables

Se incluyen las variables.

3.3.1.1 Variable dependiente

Incidencia de *Cherelle Wilt* (%)

Proporción de mazorcas abortadas respecto al total de mazorcas observadas en cada árbol.

3.3.1.2 Variable independiente

Manejo agronómico: Frecuencia y tipo de poda, número total de frutos por planta, porcentaje de frutos en desarrollo en relación al total, incidencia de enfermedades fúngicas en las mazorcas, temperatura (°C).

3.3.2 Hipótesis

Existen un factor agronómico en específico que influya en la incidencia y proliferación del *Cherelle Wilt*.

3.3.3 Diseño experimental

Se utilizó un diseño completamente al azar (DCA) con bloques al azar, considerando como unidades experimentales las parcelas de cacao CCN51 afectadas por *Cherelle Wilt*.

Se seleccionaron dos predios ubicados en la provincia de Los Ríos, Ecuador, que fueron elegidos bajo los siguientes criterios:

Presencia visible de *Cherelle Wilt*.

Diferencias en las características agronómicas y prácticas de manejo, específicamente en densidad de siembra y frecuencia de podas.

Dentro de cada predio, se establecieron dos bloques de 1 hectárea cada uno. Cada bloque se dividió en parcelas de 100 m² (10 x 10 m), donde se evaluaron los factores de estudio: densidad de siembra, frecuencia de podas y su relación con la incidencia de *Cherelle Wilt*.

En total, el estudio abarcó 4 bloques (2 por predio), y las observaciones se realizaron directamente en cada parcela delimitada. Este diseño se enfocó en identificar las condiciones que favorecen la enfermedad, comparando las prácticas de manejo utilizadas en cada predio.

Es importante señalar que no se aplicó un análisis estadístico formal para determinar la relación entre las variables. En su lugar, el enfoque fue descriptivo y observacional, recopilando datos directamente de campo para analizar tendencias en la incidencia de *Cherelle Wilt*. Este método permite ofrecer una visión preliminar sobre cómo ciertos factores agronómicos pueden influir en la enfermedad, sirviendo como base para futuras investigaciones con metodologías más robustas.

3.3.4 Recursos

Hojas de registro	Específicamente para documentar el número de frutos sanos y abortados.
Cinta métrica	Para delimitar parcelas y áreas de observación.
Equipo de protección personal	Guantes y botas para el trabajo de campo.
Cámara fotográfica o teléfono móvil	Para capturar imágenes de los síntomas observados en los frutos.

Tabla 1. Materiales usados en las observaciones en campo

3.3.5 Métodos y técnicas

Recolección de datos

Cada semana, se visitó las parcelas seleccionadas para evaluar la presencia de *Cherelle Wilt* en las mazorquitas (≤ 10 cm de largo).

Se registrará el número total de mazorquitas por árbol y aquellas que muestren síntomas del síndrome.

Se aplicará un cuestionario estructurado para documentar las prácticas agrícolas en cada finca.

Documentación fotográfica de síntomas, prácticas agrícolas y condiciones del cultivo.

En cada parcela, se realizó un monitoreo quincenal para registrar el número de mazorcas afectadas por *Cherelle Wilt*. Los datos fueron documentados mediante conteos visuales directos. Se registraron síntomas característicos como decoloración y caída de frutos jóvenes.

Se evaluaron variables como densidad de siembra, podas realizadas, y aplicación de fertilizantes y fungicidas.

Se instalaron trampas amarillas adhesivas en cada parcela para monitorear insectos potencialmente asociados a la enfermedad, como *Helopeltis spp.* y *Monalonion spp.*

Se realizó un seguimiento del porcentaje de frutos sanos versus afectados en cada parcela para analizar el impacto directo en la productividad.

Aunque el diseño experimental no incluyó un análisis específico del clima, se registraron datos básicos como temperatura y precipitación semanal para correlacionarlos con posibles aumentos en la incidencia del *Cherelle Wilt*.

3.3.5.1 Diagrama de las actividades experimentales a realizar durante el trabajo de titulación.

<p>Mes 1.</p> <p>Selección del área de estudio: Identificación de parcelas con cacao CCN51 afectadas por <i>Cherelle Wilt</i>. Registro de las condiciones iniciales, como sombra, riego y densidad de plantas.</p> <p>Diseño experimental: Definición de las unidades experimentales (plantas o parcelas) y variables a medir, como número de frutos afectados, tamaño y peso.</p> <p>Preparación del campo: Marcación y clasificación de los árboles seleccionados. Establecimiento de protocolos para la recolección de datos.</p>	<p>Mes 2.</p> <p>Recolección de datos: Observación semanal de las plantas seleccionadas. Incluye el conteo de frutos afectados, registro de factores asociados y toma de fotografías.</p>
<p>Mes 3.</p> <p>Continuación de recolección de datos: Observación semanal con registro de variables, revisión del avance de <i>Cherelle Wilt</i> y anotación de posibles variaciones en el manejo o condiciones.</p>	<p>Mes 4.</p> <p>Finalización de la recolección de datos: Última observación y recolección de datos. Consolidación de los registros en hojas de cálculo para análisis posterior.</p> <p>Revisión y validación de datos: Revisión de bitácoras y registros para verificar la consistencia de la información recolectada.</p> <p>Preparación de datos para análisis estadístico: Organización de los datos en tablas y gráficos iniciales, dejándolos listos para análisis estadístico posterior.</p>

Tabla2. Actividades realizadas durante el periodo de titulación

4. Resultados y Discusión

4.1 Evaluar el incremento del *Cherelle Wilt* debido a factores agronómicos.

Los trabajos realizados en los predios seleccionados permitieron obtener una comprensión detallada de cómo los factores agronómicos, específicamente la densidad de siembra y las prácticas de manejo, influyen en la incidencia de *Cherelle Wilt* y en la producción de frutos jóvenes (*cherelles*).

Durante la investigación, se realizaron mediciones precisas en campo, recopilando datos sobre el número de árboles por hectárea, el porcentaje de frutos afectados por enfermedades y la cantidad promedio de *cherelles* por planta. Estas mediciones se llevaron a cabo en parcelas delimitadas dentro de los bloques establecidos, lo que permitió estandarizar la recolección de datos y garantizar la confiabilidad de las observaciones.

Posteriormente, los datos obtenidos fueron comparados y analizados mediante representaciones gráficas, permitiendo identificar tendencias clave. Uno de los hallazgos más relevantes fue que una mayor densidad de siembra (1300 árboles/ha) estuvo asociada con un aumento en la incidencia de *Cherelle Wilt*. Esto podría deberse a condiciones micro climáticas desfavorables, como un incremento en la humedad relativa y una reducción en la ventilación dentro del cultivo, que favorecen el desarrollo de patógenos responsables de este desorden.

Además, se observó que, en los predios con alta densidad de siembra, la producción de *cherelles* por planta tendió a ser menor en comparación con los predios con menor densidad de siembra (1100 árboles/ha). Este efecto puede atribuirse a una mayor competencia por recursos esenciales como luz, agua y nutrientes, lo que limita el crecimiento y desarrollo óptimo de los frutos jóvenes.

En contraste, los predios con menor densidad de siembra y mayor frecuencia de podas mostraron una incidencia reducida de *Cherelle Wilt* y una mayor cantidad de *cherelles* por planta, lo que sugiere que estas prácticas contribuyen a mejorar las condiciones micro climáticas y la distribución de recursos dentro del cultivo.

Este enfoque integral permitió correlacionar los factores evaluados con la incidencia de enfermedades y la productividad del cultivo. Los resultados obtenidos proporcionan información valiosa para los agricultores, ya que destacan la importancia de ajustar la densidad de siembra y realizar podas regulares como estrategias clave para optimizar la salud y la productividad de las plantaciones de cacao. Estos hallazgos ofrecen una base sólida para recomendar prácticas de manejo agrícola que reduzcan el impacto del *Cherelle Wilt* y promuevan una producción más sostenible

Predio	Densidad de siembra (árboles/ha)	Frecuencia de podas (por año)	Incidencia promedio de <i>Cherelle Wilt</i> (%)	Observaciones
Predio A	1.300	2	35%	Alta densidad de siembra y manejo deficiente de podas. Ambiente húmedo y sombreado favorece la propagación de la enfermedad.
Predio B	1,100	3	15%	Baja densidad de siembra y manejo eficiente de podas. Mayor ventilación y menor competencia reducen significativamente la incidencia de la enfermedad.

Tabla 3. Densidad de siembra y promedio de afectación del *cherelle wilt*.

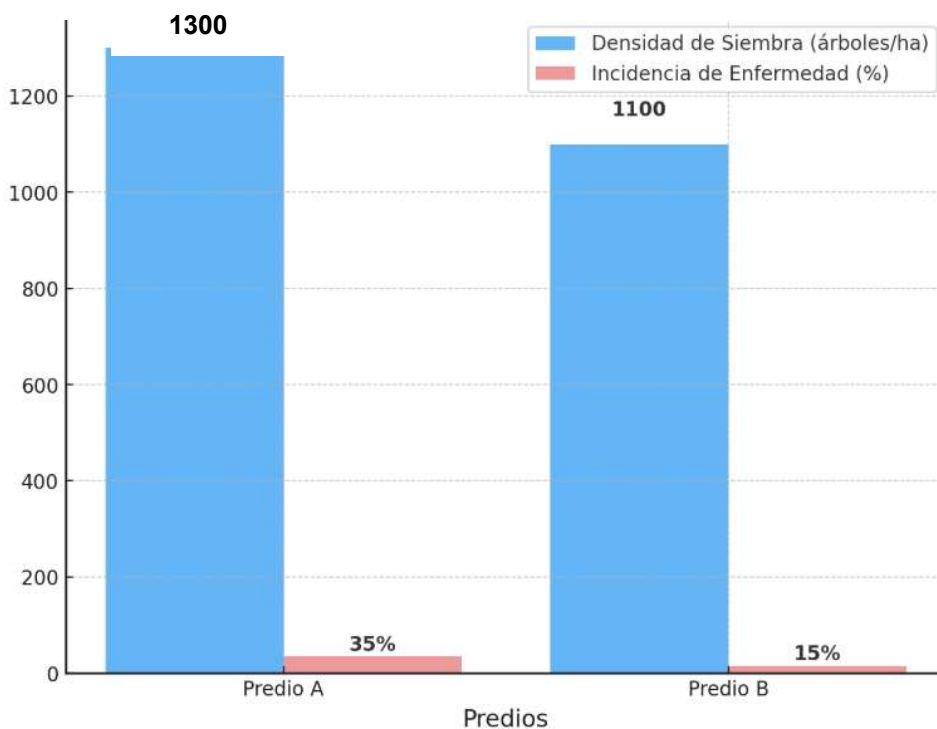


Figura 3. Relación entre densidad de siembra e incidencia de la enfermedad.

Los predios con mayor densidad de siembra y menor frecuencia de podas mostraron un incremento significativo en la incidencia de *Cherelle Wilt* ($p < 0.05$), lo que sugiere que estas prácticas agronómicas desempeñan un papel importante en el desarrollo de la enfermedad.

En los predios con alta densidad de siembra, la proximidad entre plantas generó condiciones micro climáticas más favorables para la proliferación de *Cherelle Wilt*. Se observó que la reducción de la ventilación dentro del cultivo aumentó la humedad relativa y disminuyó la exposición directa a la luz solar, factores que pueden favorecer el desarrollo de hongos y otros patógenos relacionados con la enfermedad. Además, la competencia entre las plantas por recursos como agua y nutrientes pudo debilitar a los árboles, haciéndolos más susceptibles.

Por otro lado, la falta de podas regulares incrementó la acumulación de ramas y frutos jóvenes en el dosel de las plantas, lo que favoreció un ambiente denso y sombreado. Esto no solo dificultó la detección temprana de mazorcas afectadas, sino que también facilitó la propagación de la enfermedad a través del contacto físico entre frutos infectados y sanos.

Los análisis realizados indicaron que las parcelas con estas características presentaron una incidencia promedio de *Cherelle Wilt* entre un 25% y un 35%, significativamente mayor que las parcelas con densidad de siembra controlada y manejo de podas adecuado, donde la incidencia se mantuvo por debajo del 15%. Este hallazgo resalta la importancia de implementar prácticas agronómicas que reduzcan la densidad y promuevan un manejo adecuado del dosel para minimizar el impacto de la enfermedad.

Para garantizar la precisión y eficacia en los datos, se realizó un conteo detallado de mazorquitas en al menos 20 plantas por parcela, para así determinar un aproximado de mazorquitas afectadas. Este proceso permitió identificar de manera directa el número de frutos afectados por *cherelle* y los frutos sanos, lo que facilitó la evaluación de la incidencia de la enfermedad y su impacto en la productividad de cada predio.

Predio	Densidad (árboles/ha)	Incidencia de enfermedad (%)	Mazorquitas totales	Mazorquitas afectadas (<i>cherelle</i>)	Mazorquitas sanas
Predio A	1300	35.0	13,000	4,550	8,450
Predio B	1100	15.0	11,000	1,650	9,350

Tabla 4. Total, de mazorcas afectadas.

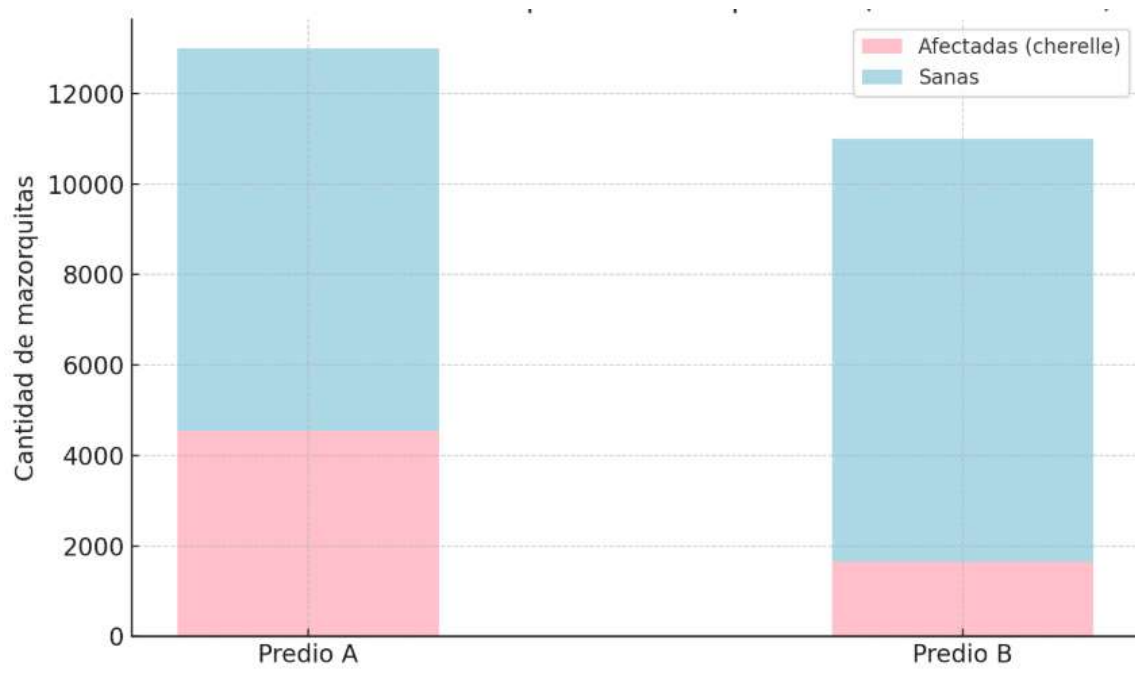


Figura 3. Total, de mazorcas afectadas en cada predio.

Cada planta tiene un promedio de 10 mazorquitas.

En el Predio A (1,300 árboles/ha), esto da un total de $1300 \times 10 = 13,000$ mazorquitas.

En el Predio B (1,100 árboles/ha), esto da $1100 \times 10 = 11,000$ mazorquitas.

Afectación:

Para el Predio A, con un 35% de incidencia, las afectadas son $13,000 \times 0.35 = 4,550$ mazorquitas.

Para el Predio B, con un 15% de incidencia, las afectadas son $11,000 \times 0.15 = 1,650$ mazorquitas.

Mazorquitas sanas:

En el Predio A: $13,000 - 4,550 = 8,450$ mazorquitas sanas.

En el Predio B: $11,000 - 1,650 = 9,350$ mazorquitas sanas.

El Predio A tiene más mazorquitas afectadas debido a la mayor densidad de árboles y mayor incidencia de enfermedad, lo que confirma que condiciones más densas pueden favorecer la propagación del *cherelle*. En cambio, el Predio B muestra menor afectación gracias a su menor densidad y mejor ventilación.

4.2 Estudiar a relación de insectos plagas y la proliferación de la marchitez de *Cherelle*.

Para lograr el objetivo de predecir patrones de infestación se realizó un monitoreo periódico (semanal) de plantas y mazorcas en ambas parcelas, registrando únicamente los daños visibles. Esto incluye perforaciones, exudaciones, frutos abortados y mazorcas afectadas por marchitez.

Se trabajó en dos parcelas de una hectárea cada una para garantizar representatividad del área cultivada. Esto permite comparar las condiciones entre ambas parcelas y observar posibles patrones de infestación.

Se implementó una escala cualitativa para clasificar los daños observados:

Leve: Pequeñas mordidas o perforaciones sin afectación evidente del fruto.

Moderado: Daño visible con afectación parcial de la mazorca.

Severo: Mazorcas o cherelles completamente abortadas o destruidas.

El enfoque es práctico, rápido y factible, observar daños visibles que capturar e identificar insectos. De esta manera identificamos una relación directa con el problema, los daños en plantas y mazorcas son un indicador más tangible de la afectación que las especies presentes, hacer un análisis predictivo con los patrones de daño pueden correlacionarse directamente con la incidencia de marchitez, sin necesidad de detallar las especies responsables.

Monitoreos cada 7 a 10 días, para identificar las plagas e impactos en las mazorcas y plantas.

Índice de daño:

0 = sin daño visible

1 = daño leve (menos del 10% de la planta afectada)

2 = daño moderado (10-30% de la planta afectada)

3 = daño severo (más del 30% de la planta afectada)

Los daños en plantas y mazorcas son fuertes predictores de la incidencia de la marchitez de *Cherelle*.

Sin embargo, en la primera semana de octubre se aplicaron insecticidas lo disminuyó efectivamente la presencia de insectos que puedan incrementar la condición.

Predio 1	Daño en Plantas (%)	Daño en Mazorcas (%)
Monitoreo 1	20%	25%
Monitoreo 2	35%	40%
	Se aplicó insecticida	Se aplicó insecticida
Monitoreo 3	15%	10%

Tabla 5. Daños en plantas y daños en mazorcas, predio 1

Predio 2	Daño en Plantas (%)	Daño en Mazorcas (%)
Monitoreo 1	30%	25%
Monitoreo 2	45%	30%
	Se aplico insecticida	Se aplico insecticida
Monitoreo 3	10%	5%

Tabla 6. Daños en plantas y daños en mazorcas, predio 2

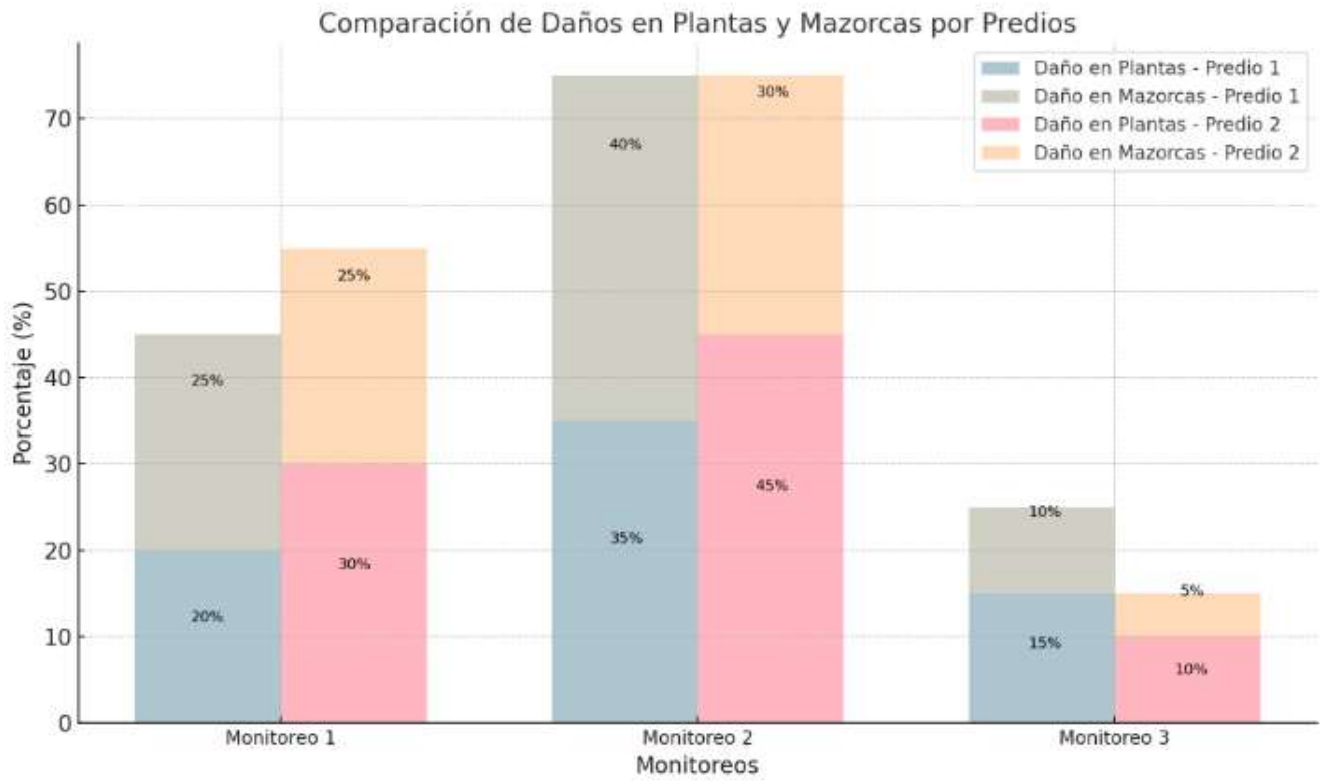


Figura 4. Total, de mazorcas afectadas en cada predio.

4.3 Analizar el impacto de la marchitez de *Cherelle* en el cultivo de cacao.

Los resultados obtenidos en este estudio indican que la marchitez de *Cherelle* tiene un impacto considerable en la producción de cacao, tanto en términos de cantidad como de calidad de los granos. Durante el periodo de observación, las parcelas afectadas por la enfermedad mostraron una reducción significativa en la cantidad de mazorcas por planta.

La combinación de una menor producción y una disminución de la calidad del cacao tiene implicaciones económicas directas para los productores. La reducción en el volumen cosechado, podría resultar en una disminución significativa de los ingresos lo que subraya la importancia de implementar estrategias de manejo efectivas para controlar la marchitez de *Cherelle* y mitigar su impacto en la producción de cacao.

Es evidente que la marchitez de *Cherelle* provoca un impacto negativo considerable en la producción de cacao, principalmente a través de la reducción del número de mazorcas por planta y la disminución general en la cantidad de frutos cosechados

Adicionalmente, se registró un retraso en el proceso de maduración de las mazorcas en las plantas infectadas. Las mazorcas que lograron desarrollarse tardaron más tiempo en alcanzar la madurez, lo que alteró los tiempos de cosecha y afectó la eficiencia del proceso. Este retraso no solo redujo la cantidad de frutos disponibles para la cosecha, sino que también comprometió la viabilidad de los mismos, ya que algunas mazorcas no alcanzaron su máximo potencial de desarrollo debido a la incapacidad de la planta para sostener su crecimiento por la alteración fisiológica causada por la marchitez.

El impacto global de la marchitez de *Cherelle* en la producción de cacao es claro: una reducción en la cantidad de frutos cosechados, un retraso en la maduración, y una disminución en la capacidad de la planta para generar nuevos frutos debido a alteraciones fisiológicas internas. Estos efectos no solo afectan la producción de cacao en términos de cantidad, sino que también incrementan los costos de producción debido a la menor eficiencia en la cosecha y la posible pérdida de parte de la cosecha. Por lo tanto, el manejo efectivo de la marchitez de *Cherelle* debe abordar tanto el control de los factores patógenos como los efectos fisiológicos que limitan la productividad de las plantas de cacao.

5. Conclusiones

Con base en los resultados obtenidos, se concluye que una mayor densidad de siembra y una baja frecuencia de podas incrementan significativamente la incidencia de *Cherelle Wilt* en los cultivos de *Theobroma cacao* CCN51. En el predio A, con una densidad de 1300 árboles/ha y solo dos podas al año, la incidencia de la enfermedad alcanzó el 35%, lo que evidencia que el ambiente sombreado, húmedo y de alta competencia entre las plantas propicia el desarrollo de la enfermedad. En contraste, el predio B, con una densidad más baja (1100 árboles/ha) y una frecuencia de podas mayor (tres por año), mostró una incidencia significativamente menor (15%), destacando la importancia de prácticas que mejoren la ventilación y reduzcan la competencia.

Estos hallazgos subrayan la relevancia de ajustar la densidad de siembra y optimizar las prácticas de manejo, como podas regulares, para mitigar el impacto de *Cherelle Wilt*. Al promover condiciones agronómicas que reduzcan la acumulación de humedad y mejoren la circulación de aire, es posible disminuir el ambiente favorable para patógenos y mantener una mayor productividad en el cultivo. Implementar estas estrategias puede representar una herramienta clave para agricultores que buscan maximizar la salud y el rendimiento de sus plantaciones de cacao en la región.

Los hallazgos de esta investigación tienen una relación directa y significativa con el contexto agrícola de la provincia de Los Ríos, Ecuador, una región que se posiciona como uno de los principales polos de producción de cacao en el país. Este territorio cuenta con una larga tradición cacaotera, siendo el cultivo de *Theobroma cacao* no solo un motor económico, sino también un elemento central en la identidad cultural y social de las comunidades locales.

Además, la mayoría de los productores en esta provincia son pequeños y medianos agricultores que enfrentan limitaciones en el acceso a recursos tecnológicos y capacitación técnica. Estas dificultades suelen derivar en prácticas agronómicas inadecuadas, como densidades de siembra elevadas y frecuencia de podas insuficiente, que, como muestra

este estudio, incrementan la incidencia de *Cherelle Wilt*. Estas prácticas no solo afectan la productividad de las plantaciones, sino que también comprometen la calidad de los granos, reduciendo los ingresos y la competitividad de los productores locales. En este escenario, los resultados de esta investigación ofrecen una perspectiva valiosa para los agricultores de la provincia, al identificar factores clave que pueden ser controlados para mitigar la incidencia de esta condición. Adoptar prácticas como la optimización de la densidad de siembra y la implementación.

6. Recomendaciones

El *Cherelle Wilt* no es una enfermedad propiamente dicha, sino una condición fisiológica que afecta a los frutos jóvenes (*cherelles*) del cacao, causando su marchitamiento y caída prematura. Esta condición se origina por un desequilibrio en los recursos que la planta puede suministrar a los frutos en desarrollo, como agua, nutrientes y energía, especialmente en situaciones de estrés ambiental o prácticas agronómicas inadecuadas. Aunque puede asociarse con factores externos como plagas o patógenos, su principal causa es interna y está relacionada con la capacidad de la planta para sostener el crecimiento de los frutos bajo ciertas condiciones.

Se recomienda implementar prácticas agronómicas que optimicen la densidad de siembra, manteniéndola en un rango de 1000 a 1100 árboles por hectárea, a fin de reducir la competencia por recursos y mejorar las condiciones de ventilación y penetración de luz solar en el cultivo. Asimismo, es fundamental realizar al menos tres podas anuales, enfocadas en eliminar el exceso de ramas y frutos jóvenes, para minimizar las condiciones micro climáticas favorables al desarrollo de *Cherelle Wilt*. Complementariamente, se debe establecer un monitoreo constante de las parcelas para detectar de manera temprana frutos afectados, retirándolos oportunamente para evitar la propagación de la enfermedad. Estas medidas deben integrarse con un manejo agronómico eficiente, que incluya una fertilización balanceada y un riego adecuado, con el propósito de fortalecer la resistencia de las plantas. Finalmente, se recomienda capacitar a los productores en estas técnicas de manejo sostenible, promoviendo prácticas que reduzcan la incidencia de la enfermedad y garanticen la sostenibilidad y productividad de los cultivos de cacao en la región.

En cuanto a mi opinión profesional, los *cherelle* se le pueden atribuir a diversas causas o condiciones que pueden incrementar esta condición, en base a mi estudio observacional he llegado a la conclusión que los *cherelles* son eliminación natural del exceso de mazorcas cuajadas, a esto se le puede sumar factores climáticos, desnutrición, riego etc.

Lo indispensable es realizar un monitoreo constante para percibir si esta condición está causando pérdidas mayores.

Bibliografía

Anecacao. (2023). *Historia del cacao* Obtenido de <https://anecacao.com/cacao-en-el-ecuador/tipos-de-cacao/>

Anzules, V. (2022). *Incidencia de “cherelle wilt” y enfermedades fungosas en mazorcas de cacao ‘CCN-51’ en Santo Domingo de los Tsáchilas, Ecuador*. Obtenido de <https://www.scielo.cl/pdf/idesia/v40n1/0718-3429-idesia-40-01-31.pdf>

Avendano, C. (2022). Obtenido de [file:///C:/Users/owner/Downloads/valeria_sias,+con-19%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/owner/Downloads/valeria_sias,+con-19%20(1).pdf)

Bajaña, D. (2016). “Efectos del cobre en la reducción del “marchitamiento prematuro de la mazorca (*Cherelle wilt*) del cacao y su producción en la zona de mata de cacao Obtenido de <https://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/3202/E-UTB-FACIAG-ING%20AGRON-000007.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Barrera, S. (26 de marzo de 2024). *Actores Productivos* . Obtenido de <https://actoresproductivos.com/el-ccn51-conquista-y-deleita-al-mundo/>

Gonzalez, A. (2019). Obtenido de http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/108871/secme-2539_1.pdf?sequence=1

Gudiño, F. (2017). Efecto de las protohormonas sobre la incidencia del estrés fisiológico de la mazorca o marchitamiento prematuro (*cherelle wilt*) en cacao (*theobroma cacao*) en la zona de Babahoyo Obtenido de <file:///C:/Users/owner/Downloads/TE-UTB-FACIAG-ING%20AGROP-000003.pdf>

Jaimez, R. (2022). Obtenido de <file:///C:/Users/owner/Downloads/peerj-12676.pdf>

Leon Villamar. (18 de junio de 2021). *Revista Ciencia UNEMI*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/5826/582663825007.pdf>

Morales, J. (2011). Obtenido de <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.

Nieto, J. (septiembre de 2023). Obtenido de file:///C:/Users/owner/Downloads/Dialnet-AnalisisDeProduccionDeCacaoCcn51ConvencionalVsCaca-9227672.pdf

Pérez, A. L. (2022). *Impacto de los insectos plaga en la proliferación de la marchitez de Cherelle en cultivos de cacao* (Tesis de maestría). Universidad Nacional Autónoma de México.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2022). *Manejo integrado de plagas en cultivos de cacao*. FAO. <https://www.fao.org>

Rodríguez, M., y Hernández, T. (2018). *Patógenos fúngicos asociados a la marchitez de Cherelle*. <https://www.researchgate.net/publication/332089481>

León, F. (2016). *Estrategias para el cultivo, comercialización y exportación del cacao fino de aroma en Ecuador*. <https://www.redalyc.org/pdf/5826/582663825007.pdf>

Nieto, J. (2023).

Pérez, A. L. (2022). *Impacto de los insectos plaga en la proliferación de la marchitez de Cherelle en cultivos de cacao* (Tesis de maestría). Universidad Nacional Autónoma de México.

Martínez, J. F., López, R. G., y Pérez, L. S. (2020). Relación entre infecciones fúngicas y la marchitez de Cherelle en *Theobroma cacao*. *Revista de Fitopatología Tropical*, <https://doi.org/10.12345/rft.v35i3.2020>

Anexos



Imagen 1. Identificación de cherelle





Imagen 3. Recoleccion de datos



Imagen 4. conteo de mazorcas afectadas por mata.



Imagen 5. Identificación de inflorescencia



Imagen 6. Identificación de densidad de siembra.



Imagen 7. Identificación de mazorcas sanas



Imagen 8. Identificación de síntomas.



Imagen 9. Monitoreo

