



UNL

Universidad
Nacional
de Loja

Universidad Nacional de Loja

Facultad de Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables

Carrera de Ingeniería Agronómica

“Evaluación de enfermedades fungosas en tres clones de cacao bajo diferentes niveles de sombra en la Estación Experimental El Pادمي”

Trabajo de Titulación previo a
la obtención del título de
Ingeniera Agrónoma

AUTORA:

Damary Viviana Carpio Balcázar

DIRECTOR:

PhD. Angel Rolando Robles Carrión

Loja – Ecuador

2023

Certificación

Loja, 10 de marzo del 2023

PhD. Angel Rolando Robles Carrión

DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

CERTIFICO:

Que he revisado y orientado todo el proceso de la elaboración del Trabajo de Titulación de denominado: **“Evaluación de enfermedades fungosas en tres clones de cacao bajo diferentes niveles de sombra en la Estación Experimental El Padmi”** previo a la obtención del título de **Ingeniera Agrónoma**, de autoría de la estudiante **Damary Viviana Carpio Balcázar** con cédula de identidad Nro. **1105984247**, una vez que el trabajo cumple con todos los requisitos exigidos por la Universidad Nacional de Loja, para el efecto, autorizo la presentación del mismo para su respectiva sustentación y defensa.

PhD. Angel Rolando Robles Carrión

DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Auditoría

Yo, Damary Viviana Carpio Balcázar, declaro ser autora del presente Trabajo de Titulación y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos, de posibles reclamos y acciones legales, por el contenido del mismo. Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja la publicación de mi Trabajo de Titulación, en el Repositorio Digital Institucional – Biblioteca Virtual.

Firma



Cédula de identidad: 1105984247

Fecha: 06 de julio del 2023

Correo electrónico: damary.carpio@unl.edu.ec

Teléfono: 0939610435

Carta de autorización por parte de la autora, para consulta, reproducción parcial o total y/o publicación electrónica del texto completo, del Trabajo de Titulación.

Yo, **Damary Viviana Carpio Balcázar** declaro ser autora del Trabajo de Titulación denominado: **“Evaluación de enfermedades fungosas en tres clones de cacao bajo diferentes niveles de sombra en la Estación Experimental El Padmi”**, como requisito para optar el título de **Ingeniera Agrónoma**, autorizo al sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que, con fines académicos, muestre la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido en el Repositorio Institucional.

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el Repositorio Institucional, en las redes de información del país y del exterior con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia del Trabajo de Titulación que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, a los seis días del mes de julio de dos mil veintitrés.

Firma:



Autor/a: Damary Viviana Carpio Balcázar

Cédula: 1105984247

Dirección: Loja

Correo electrónico: damary.carpio@unl.edu.ec

Teléfono: 0939610435

DATOS COMPLEMENTARIOS:

Director de trabajo de Titulación: PhD. Angel Rolando Robles Carrión

Dedicatoria

A mis queridos abuelitos Aurelio Balcázar y Teresita Muñoz y a mis padres Johanna Balcázar y Carlos Pardo. Este trabajo se lo dedico a ellos, porque han sido mi luz en la oscuridad, por su amor incondicional, trabajo y sacrificio, sin los cuales no hubiera alcanzado mi meta. Gracias por creer en mi capacidad y apoyarme en todo momento, su confianza ha sido mi motor para llegar hasta aquí. Espero que esta dedicación les haga sentir orgullosos, como yo me siento de tenerlos en mi vida.

Les dedico mi trabajo de titulación con todo mi cariño y gratitud.

Damary Carpio

Agradecimiento

Agradezco a Dios por estar a mi lado en cada paso que di para lograr convertirme en Ingeniera Agrónoma. A mi familia, quienes brindaron todo su apoyo y creyeron en mí. En especial, a mis abuelitos Aurelio Balcázar y Teresita Muñoz, y a mis padres Johanna Balcázar y Carlos Pardo, quienes, con su amor, dedicación y consejos, me apoyaron durante toda mi formación universitaria.

También agradezco a Luis, quien me acompañó en cada momento brindándome su apoyo, cariño y motivación para culminar este trabajo, así como a los buenos amigos que hice en el camino y que me brindaron su apoyo.

Además, quiero expresar mi agradecimiento a la Universidad Nacional de Loja por haberme brindado todos los recursos y escenarios necesarios durante mi carrera y en el trabajo de investigación. Agradezco a cada docente que impartió sus conocimientos para mi formación académica, en especial al Ing. Ángel Robles por su guía y apoyo en el desarrollo de este proyecto de investigación.

Damary Carpio

Índice de Contenidos

Portada	i
Certificación	ii
Auditoría	iii
Carta de autorización	iv
Dedicatoria	v
Agradecimiento	vi
Índice de Contenidos	vii
Índice de tablas	ix
Índice de figuras	x
Índice de anexos	xi
1. Título	1
2. Resumen	2
2.1. Abstract.....	3
3. Introducción	4
4. Marco teórico	6
4.1. Generalidades del cultivo de cacao.....	6
4.2. Morfología	6
4.3. Ciclo productivo	7
4.4. Clones INIAP - EETP 800 e INIAP - EETP 801	7
4.5. Como influyen las variedades en el apareamiento de enfermedades	8
4.6. Sombreamiento	8
4.6.1. Factores para considerar en la proporción de sombra en cacao	9
4.6.2. Como influye la sombra en el apareamiento de enfermedades.....	10
4.7. Enfermedades en cacao.....	11
4.7.1. <i>Monilia</i>	11
4.7.2. <i>Escoba de la bruja</i>	13
4.7.3. <i>Mazorca negra</i>	14
4.7.4. <i>Mal del machete</i>	15
4.7.5. <i>Antracnosis</i>	16
4.8. Evaluación de enfermedades de las plantas	17
4.8.1. <i>La Fitopatometría</i>	17
4.8.2. <i>Parámetros para la medición de enfermedades</i>	18
4.8.3. <i>Curva de Progreso de la Enfermedad (CPE)</i>	19
5. Metodología	20
5.1. Metodología general	20

5.1.1. Área de estudio.....	20
5.1.2. Establecimiento.....	20
5.2. Metodología para el primer objetivo:	22
5.3. Metodología para el segundo objetivo:.....	22
5.3.1. Escala de severidad.....	22
5.3.2. Cálculos de evaluación de las enfermedades.....	23
6. Resultados.....	25
6.1. Resultados del primer objetivo	25
6.2. Resultados de segundo objetivo.....	26
7. Discusión	31
8. Conclusiones	33
9. Recomendaciones	33
10. Bibliografía	34
11. Anexos	38

Índice de tablas

Tabla 1. Tratamientos del ensayo experimental	21
Tabla 2. Escala de severidad externa para <i>Colletotrichum</i>	22
Tabla 3. Evaluación de Incidencia de <i>Colletotrichum</i> cada 15 días durante 105 días.	39
Tabla 4. Evaluación de Severidad de <i>Colletotrichum</i> cada 15 días durante 105 días.	40
Tabla 5. Cálculos del Área Bajo la Curva del Progreso de la Enfermedad (ABCPE)	41
Tabla 6. Tasa de Progreso de la Enfermedad (TPE)	42
Tabla 7. Incidencia de <i>Colletotrichum</i> en los tres clones de cacao bajos los diferentes niveles de sombra.....	44
Tabla 8. Severidad de <i>Colletotrichum</i> de los tres clones de cacao bajos los diferentes niveles de sombra.....	44
Tabla 9. Media y Desviación estándar del Área Bajo la Curva del Progreso de la Enfermedad (ABCPE) y Tasa del Progreso de la Enfermedad (TPE)	45
Tabla 10. Datos de incidencia interpolados de días 60 al 105.....	45
Tabla 11. Datos de severidad interpolados del día 60 a 105.	45

Índice de figuras

Figura 1. Diseño experimental del proyecto.	21
Figura 2. (A) Fruto de cacao con lesión necrótica. (B) Fruto en estado maduro con lesión necrótica. (C) Fruto deformado. (D) Fruto con madurez prematura.	25
Figura 3. Estructuras de <i>Colletotrichum</i> sp observado bajo microscopio a 40 x.	26
Figura 4. Incidencia de <i>Colletotrichum</i> en el cultivo de cacao durante 105 días. A) Datos reales de campo. B) Datos interpolados a partir del día 60 a 105.	27
Figura 5. Severidad de <i>Colletotrichum</i> en el cultivo del cacao durante 105 días. A) Datos reales de campo. B) Datos interpolados a partir del día 60 a 105.	28
Figura 6. Área Bajo la Curva del Progreso de la Enfermedad (ABCPE).....	29
Figura 7. Tasa de progreso de la enfermedad (TPE).....	30
Figura 8. Ensayo de cacao con todos los tratamientos establecidos en Estación Experimental El Padmi.	38
Figura 9. Observación de síntomas de antracnosis en frutos de cacao.	38
Figura 10. Elaboración de montajes en el laboratorio de biotecnología.	38
Figura 11. Observación bajo microscopio de los montajes realizados.	38

Índice de anexos

Anexo 1. Evidencia fotográficas	38
Anexo 2. Evaluación de Intensidad de la enfermedad.	39
Anexo 3. Media y Desviación estándar.....	44
Anexo 4. Datos de interpolación.....	45
Anexo 5. Certificado de traducción del Abstract.....	46

1. Título

“Evaluación de enfermedades fungosas en tres clones de cacao bajo diferentes niveles de sombra en la Estación Experimental El Padmini”

2. Resumen

Theobroma cacao L es un cultivo que requiere de sombra para su óptimo desarrollo fisiológico y para la protección de la radiación, esta misma sombra puede tener un impacto en la incidencia de enfermedades en el cacao, mientras que una sombra densa puede favorecer la propagación de algunos patógenos, la sombra ligera o la falta de sombra puede limitar el desarrollo de otros. Por ello el presente proyecto de investigación se llevó a cabo en la Estación Experimental El Padmi, con el propósito de diagnosticar las enfermedades fúngicas presentes en los clones de cacao CCN-51, EETP-800 y EETP-801, bajo diferentes niveles de sombra con el uso serán a intensidades del 0 %, 35 % y 80 %. Se aplicó un Diseño Completamente al Azar (DCA) con arreglo bifactorial, donde el Factor A correspondió a las variedades y el Factor B a los niveles de sombra. Se evaluaron parámetros como incidencia, severidad, Área Bajo la Curva del Progreso de la Enfermedad (ABCPE) y Tasa de Progreso de la Enfermedad (TPE). Las evaluaciones se realizaron cada 15 días durante 105 días. Además, se realizó una interpolación de datos, con el uso de ecuaciones derivadas de una regresión logarítmica para la Incidencia y Severidad, se obtuvieron nuevos puntos basados en los datos desde el día 1 hasta el día 45, y se definió una ecuación que describe su curva hasta el día 105. Se diagnosticó la presencia de *Colletotrichum* en frutos del cacao. El CCN-51 tuvo una Incidencia que partió de 6,67 % a 26 % el valor interpolado señala que pudo llegar a 29 %, Severidad de 2,6 % a 20 % el valor interpolado señala hasta 23 %, ABCPE de 900 a 1 400, TPE de 0,04. Mientras que para los clones EETP-800 y EETP-801 tuvieron una incidencia que partió de 56,18 % a 68 %, el valor interpolado señala que pudo llegar a 80 %, Severidad de 38 % al 57 %, el valor interpolado señala hasta 63 %, ABCPE de 4 000 a 5 000, TPE de 0,08. Los resultados indicaron diferencias significativas en clon CCN-51 ya presentó una menor intensidad *Colletotrichum* en comparación con los clones EETP-800 y EETP-801, los resultados obtenidos son independientes del nivel de sombra aplicada, ya que no se encontraron diferencias significativas del factor sombra.

Palabras claves: Cacao, enfermedades fungosas, sombra, *Colletotrichum*.

2.1. Abstract

Theobroma cacao L is a crop that requires shade for its optimal physiological development and for protection from radiation, this same shade can have an impact on the incidence of diseases in cocoa, while dense shade can favor the spread of some pathogens, light shade or lack of shade can limit the development of others. Therefore, the present research project was carried out at El Padmi Experimental Station, with the purpose of diagnosing fungal diseases present in cocoa clones CCN-51, EETP-800 and EETP-801, under different levels of shade with the use of saran at intensities of 0 %, 35 % and 80 %. A Completely Randomized Design (CRD) with a bifactorial arrangement was applied, where Factor A corresponded to the varieties and Factor B to the shade levels. Parameters such as Incidence, Severity, Area Under the Disease Progress Curve (AUPC) and Disease Progress Rate (DPR) were evaluated. Assessments were performed every 15 days for 105 days. In addition, an interpolation of data was performed, using equations derived from a logarithmic regression for Incidence and Severity, new points were obtained based on data from day 1 to day 45, and an equation describing its curve up to day 105 was defined. The CCN-51 had an incidence ranging from 6.67 % to 26 %, the interpolated value indicates that it could reach 29 %, severity from 2.6 % to 20 %, the interpolated value indicates up to 23 %, ABCPE from 900 to 1 400, TPE of 0.04. While for clones EETP-800 and EETP-801 they had an incidence from 56.18 % to 68 %, the interpolated value indicates that it could reach 80 %, severity from 38 % to 57 %, the interpolated value indicates up to 63 %, AUPC from 4 000 to 5 000, TPE of 0.08. The results indicated significant differences in clone CCN-51 since it presented a lower *Colletotrichum* intensity compared to clones EETP-800 and EETP-801, the results obtained are independent of the level of shade applied, so that no significant differences were found in the shade factor.

Key words: cocoa, fungal diseases, shade, *Colletotrichum*.

3. Introducción

El cacao (*Theobroma cacao* L) es uno de los cultivos de mayor superficie cultivada y valor comercial en las regiones tropicales del mundo, debido a que su fruto sirve de base de procesamiento industrial de diversos productos como: confitería, grasas, cosméticos y de medicina (Martínez & Pérez, 2015). El rendimiento mundial de cacao está alrededor de 0,5 t ha⁻¹, mientras que las plantaciones tradicionales de cacao tipo Nacional es de alrededor de 0,4 t. Por otros lado, que el clon CCN-51 ha demostrado una producción entre 1 y 2 t ha⁻¹ el cual ha sido muy rentable en los últimos 8 años (Loor et al., 2019).

En los últimos veinte años, se han llevado a cabo estudios de investigación y mejoramiento genético con el objetivo de aumentar los niveles de producción por hectárea en el cacao tipo Nacional fino y de aroma. Estos estudios han dado como resultado los clones INIAP-EETP-800 e INIAP-EETP-801, los cuales demuestran que es posible alcanzar niveles de producción iguales o superiores al clon CCN-51 (Loor et al., 2018). Tales clones se manejan con las prácticas agronómicas tradicionales tal como es el uso de sombra, y prevención de enfermedades.

INIAP (2014b) sugiere que la mejor forma de cultivar cacao es asociándolo con diversas especies de árboles y arbustos para proporcionar sombra. Esta asociación brinda una serie de beneficios, ya que protege al cacao de la radiación solar directa o intensa, lo que puede mejorar su productividad. Sin embargo, muchos productores desconocen la cantidad de sombra óptima para mantener los cacaotales, y generalmente optan por niveles bajos de sombra. Lecaro (2015) menciona que el cultivo de cacao bajo sombra crea una entofauna diversa, donde algunas especies de insectos son benéficas, pero otras constituyen plagas que pueden llevar a la presencia de enfermedades.

Las principales enfermedades de mayor importancia para el cultivo de cacao son: Monilia (*Moniliophthora roreri*), escoba de bruja (*Moniliophthora perniciosa*), mazorca negra (*Phytophthora* spp), mal del machete (*Ceratocystis cacaofunesta*), y antracnosis (*Colletotrichum* spp). En 2001, las pérdidas por enfermedades en el cacao representaron un 20 % del rendimiento potencial, lo que se tradujo en pérdidas de 810 000 t y una cosecha total de 3 218 281 t. Con esto proyectaron pérdidas para el año 2012, se estimaron pérdidas en 700 000 t para de mazorca negra, y 380 000 t por escoba de bruja (Ploetz, 2016).

La cuantificación de las enfermedades es de gran importancia para la desarrollar estrategias de manejo adecuado. Los estudios para determinar la intensidad de una enfermedad constituyen el primer paso para comprender la relación entre la enfermedad y el cultivo (Kugler & Ivancovich, 2016).

Por ello es fundamental llevar a cabo investigaciones en los clones CCN-51, EETP-800 y EETP-801 para monitorear el avance de las enfermedades y así lograr un control fitosanitario efectivo mediante un manejo tecnificado. Además, es necesario entender como mayor porcentaje de sombra puede aumente o disminuir la incidencia según la enfermedad fúngica. Esto permitirá reducir la dependencia de fungicidas y otros productos químicos, y así así la contaminación ambiental. A su vez, se podrán reducir los costos de producción y mitigar las pérdidas ocasionadas por las enfermedades. Estas acciones combinadas resultarán en un cultivo rentable y sostenible para los productores.

Objetivos

Objetivo general

Diagnosticar enfermedades fungosas presentes en los clones de cacao EETP 800, EETP 801 y CCN 51 bajo tres niveles de sombra en la Estación Experimental El Padmi.

Objetivos específicos:

- Identificar las enfermedades fungosas presentes en los tres clones EETP 800, EETP 801 y CCN 51 en la Estación Experimental El Padmi.
- Evaluar la incidencia, severidad, curva de la del progreso de la enfermedad y la tasa del progreso de la enfermedad en los tres clones EETP 800, EETP 801 y CCN 51 bajo tres niveles de sombra en la Estación Experimental El Padmi.

4. Marco teórico

4.1. Generalidades del cultivo de cacao

El cacao (*Theobroma cacao* L.) es una especie tropical leñosa perteneciente a la familia Malvaceae. En condiciones naturales el árbol puede alcanzar alturas de 20 m a 25 m, mientras que en cultivo varía de 3 m a 5 m. Originario de la zona tropical América del Sur (Almeida & Valle, 2007). El cultivo se extiende desde Venezuela, pasa por Colombia, Centro América y México, al dispersarse por el río Amazonas, llega también a las Guayanas (Souza et al., 2018). Con la llegada de los europeos a América, el cultivo del cacao se expandió al Caribe, Asia y África, por lo que se convirtió en una especie pantropical en la actualidad (Dostert et al., 2012). Alrededor del 70 % de la producción mundial proviene de África occidental, principalmente de Costa de Marfil, Ghana, Nigeria y Camerún. Mientras que en América Latina destacan Ecuador, Perú y Brasil (Fountain & Huetz, 2020).

En Ecuador, el cultivo de cacao se concentra principalmente en las provincias de Guayas, Los Ríos, Manabí, Esmeraldas, El Oro y Santa Elena, que representan el 80 % de la producción. El resto se distribuye en las provincias de Chimborazo, Bolívar, Cotopaxi, Pichincha, Azuay, Sucumbíos, Orellana, Napo y Zamora Chinchipe (MAG, 2017). El cultivo de cacao se establece a una altitud de 15 a 800 m s.n.m., con una temperatura de 24 a 25 °C, con precipitaciones entre 1 500 a 3 000 mm. Los suelos deben ser fértiles, profundos y francos con un pH: 6,0 a 7,0 (INIAP, 2014a).

4.2. Morfología

El cacao es un árbol o arbusto semicaducifolio, perenne que una vez sembrado puede producir durante unos 30 años aproximadamente (World, 2013). Tiene una raíz principal que alcanza hasta unos 2 m de profundidad junto con numerosas raíces secundarias. El tallo es glabro o parcialmente pubescente en las ramas jóvenes. Las hojas son simples, coriáceas, enteras, de forma angostamente ovadas y ligeramente asimétricas. Las inflorescencias son caulinares y cimosas. Las flores del cacao presentan una peculiaridad cauliflora, lo que significa que brotan directamente del tronco. Son flores pentámeras, hermafroditas, actinomorfas, pequeñas de 20 mm de diámetro y tiene una forma de estrella de 5 puntas. Su color va de acuerdo con la variedad, pueden ser rosado, púrpura y blancas (Souza et al., 2018).

El fruto es una baya grande y polimorfa conocida como vaina, tiene forma esférica a fusiforme con surcos longitudinales. El tamaño y forma varían según la variedad, miden entre

15 a 30 cm de largo y de 7 a 10 cm de ancho. En la madurez, a vaina presenta colores púrpura o amarillo (Dostert et al., 2012). Cada mazorca contiene entre 20 a 40 semillas, son café rojizo, ovadas y ligeramente comprimidas de 2 a 3 cm de largo. Están recubiertas por mucílago de color blanco, de sabor dulce o algo ácida según la variedad. En el interior de la vaina se encuentran los granos de cacao, que son ricos en almidón, proteínas y grasas, otorgándoles un valor nutricional significativo (Wolrld, 2013).

4.3. Ciclo productivo

La etapa adulta del cacao se alcanza cuando el árbol entra en periodo de crecimiento reproductivo. Durante los primeros años la producción de frutos es limitada, pero aumenta cada año a medida que el árbol madura. Los árboles de cacao son potencialmente de alto rendimiento a partir del octavo año después de la siembra. Aunque, la fructificación comienza alrededor del cuarto año. Sólo al octavo año de la plantación los árboles expresan su potencial de productividad (Almeida & Valle, 2007).

El rendimiento promedio es de 450 kg/ha, pero con la implementación de buenas prácticas agrícolas que incluyen un manejo adecuado, control de plagas, uso de material vegetal mejorado y una aplicación adecuada de fertilizantes, es posible alcanzar rendimientos de hasta 3 000 kg /h (Zhang & Motilal, 2016).

4.4. Clones INIAP - EETP 800 e INIAP - EETP 801

Un equipo técnico del programa de Nacional de Cacao, en 1995 emprendió en la Estación Experimentan Tropical Pichilingue (EETP) una investigación durante 25 años sobre el comportamiento productivo, agronómico y sanitario del cacao, tuvo como objetivo identificar y seleccionar individuos que sirvan como parentales para cruzamientos dirigidos que permitan combinar y aumentar características de interés tales como la productividad, tolerancia a enfermedades y sabor. Se identificaron varios árboles élite, los cuales fueron seleccionados como clones parentales en cruza dirigidas, lo que permitió obtener un nuevo material como es el caso de INIAP-EETP 800 e INIAP-EETP 801. Dichos clones son resultado de cruzamientos diseñados de mejoramiento genético de cacao nacional con incrementos de la producción del cultivo en Ecuador (Quiroz & Pesantez).

4.5. Como influyen las variedades en el apareamiento de enfermedades

La alta variabilidad encontrada en los clones en cuanto a incidencia de mazorcas con moniliasis permitió encontrar genotipos que presentaron poca o casi nula infección de la enfermedad como es el caso del INIAPT 535, INIAPT 469, INIAPT 640, INIAPT 258 y el INIAPT 647, con valores cercanos a cero. En cuanto a las mazorcas enfermas con escoba, los clones que mostraron una baja incidencia fueron INIAPT 469, INIAPT 647, INIAPT 640 e INIAPT 258, con valores promedio de 0,22, 0,45, 0,45 y 0,67 respectivamente. Estos demostraron la posibilidad de encontrar fuentes de resistencia y revelan el grado de severidad de estas enfermedades (Sotomayor et al., 2017).

En relación al número de escobas vegetativas los clones grupo 1, como el INIAPT 527, INIAPT 560 e INIAPT 526 juntos con los controles TIP 1 y TAP 6, que presentaron los valores más bajos, con promedios de 0,58, 3,73, 4,58, 3,67 y 4,08 respectivamente. Esto indica que los clones tienen una menor susceptibilidad a esta enfermedad, en comparación con los clones comerciales, y nuevamente destaca el grado de tolerancia que poseen (Sotomayor et al., 2017). La baja incidencia de escoba de bruja observada en los clones de origen amazónico puede atribuirse a su alto grado de tolerancia a la enfermedad, lo o cual coincide con estudios anteriores realizados por Evans et al. (1977).

Algunos clones, como INIAPT 281 e INIAPT 527, presentan la característica de tolerancia tanto a la moniliasis como a la escoba de bruja, de manera similar a los controles resistentes TIP 1, TAP 6 y EET 233, con valores de 0,00, 0,50, 0,75, 0,75 y 0,80 respectivamente (Sotomayor et al., 2017).

4.6. Sombreamiento

Los principales beneficios fisiológicos en el cacao que reciben de los árboles de sombra se clasifican en dos categorías principales, ambas asociadas con la reducción del estrés de las plantas:

- Mejora de las condiciones climáticas y del sitio a través de (i) reducción de las temperaturas extremas del aire y del suelo, (ii) reducción de la velocidad del viento, (iii) amortiguación de la humedad y la disponibilidad de humedad del suelo, y (iv) mejora o mantenimiento de la fertilidad del suelo, incluida la reducción de la erosión (Beer et al., 1997).

- Reducción de la cantidad y calidad de la luz transmitida y, por lo tanto, evita de la producción excesiva (p. ej., en café) y/o crecimiento vegetativo excesivo (p. ej., lavado en cacao). La sombra reduce los desequilibrios nutricionales y la muerte (Beer et al., 1997).

La selección y el manejo de árboles de sombra son herramientas potencialmente importantes para el manejo integrado de plagas porque una mayor sombra puede aumentar la incidencia de algunas plagas y enfermedades comercialmente importantes como *Phytophthora palmivora* y *Mycena citricolor* o disminuir la incidencia de otras como *Colletotrichum gloeosporioides* (Beer et al., 1997).

En los países cacaoteros con alta radiación solar (4,5 a 7,3 horas/día de brillo solar (Broudeau, 1981), es importante proporcionar sombra al cacao, ya que bajo estas condiciones la sombra ayuda a mantener un ambiente más constante. Sin embargo, en la faja ribereña costanera de nuestro país, la cantidad de energía solar recibida es menor (2,0 a 2,9 horas/día de brillo solar (Broudeau, 1981) en comparación con la mayoría de los países cacaoteros. Por lo tanto, el cacao no necesitaría una sombra densa como la que se encuentra en muchas de las plantaciones de la Zona Central. Además, en áreas donde la cantidad de luz es baja y la precipitación es alta, como Sto. Domingo, La Maná y Puerto Ila, podría prescindirse por completo de la sombra (Suárez et al., 1994).

Para determinar el nivel óptimo de sombra, se utiliza una escala de cuatro niveles: a) sin sombra, b) poca sombra, c) sombra media y d) mucha sombra. Esta escala es útil para definir el tipo de sombra que debe establecerse en función de las condiciones y características de las plantas de cacao tal como son: edad, espaciamiento, manejo de podas y fenología; y de las condiciones del sitio ya sea pendiente, la exposición, latitud y fertilidad del suelo (Arvelo et al., 2017).

4.6.1. Factores para considerar en la proporción de sombra en cacao

Arvelo et al. (2017) mencionan varias ventajas de regular la sombra en las plantaciones de cacao, cuentan como: equilibrar la temperatura en la plantación, protegerla de los vientos, reducir la evapotranspiración, facilitar el hábitat y la reproducción de los insectos polinizadores, y aportar materia orgánica al suelo a través de los residuos incorporados.

Por otro lado, el exceso de sombra en las plantaciones de cacao puede tener consecuencias negativas, como la reducción de la floración y fructificación, disminución de la polinización, aumento de plagas y enfermedades, así como el incremento de malas hierbas.

4.6.2. Como influye la sombra en el apareamiento de enfermedades

Cuando la sombra es excesiva, favorece el desarrollo de patógenos que atacan al cacao debido a la alta humedad y la falta de circulación del aire. Mientras que cuando la sombra es escasa o inexistente, aumenta el riesgo de ataque de insectos y algunas enfermedades debido a la sobreexposición de las plantas a la radiación solar, lo cual las vuelve más susceptibles (Phillips, 1993).

En caso de “muestra de brotes” (*Colletotrichum gloesporioides*) la sobreexposición de las plantas al sol las predispone y las hace más susceptibles a la enfermedad, ya que altera sus mecanismos de defensa y aumenta la actividad de los insectos que causan puntos de penetración (Phillips, 1993).

En el caso del “mal rosado” (*Corticium salmonicolor*) los árboles expuestos a una radiación solar excesiva se debilitan y se vuelven más susceptibles. Además, la dispersión de las esporas de *Corticium* ocurre de manera más efectiva en áreas con poca sombra, y en estas áreas sin sombra se acumulan más basidiosporas (Phillips, 1993).

En el caso de mazorca negra (*P. palmivora*) se ha observado una reducción de la enfermedad de hasta un 40% después de disminuir la sombra, y estudios han demostrado que la enfermedad se desarrolla rápidamente en ausencia de sombra (Dakwa, 1976).

En el caso de moniliasis (*M. royeri*), el uso de prácticas agrícolas como la regulación de sombra y las podas es fundamental para combatir efectivamente la enfermedad (Phillips, 1993).

4.7. Enfermedades en cacao

4.7.1. *Monilia*

Nombre común: Monilia o moniliasis

Nombre científico: *Moniliophthora roreri* (Cif.) HC Evans et al, (1978)

Biología

Moniliophthora roreri es un patógeno sofisticado con un ciclo de vida dual: una fase biotrófica parasitaria, en la que el huésped no reconoce el micelio invasor, y una fase necrotrófica, con muerte tisular rápida y posterior momificación a medida que se desarrolla el micelio saprofito (Evans & Prior, 1987). Al igual que su especie hermana *M. pernicioso*, *M. roreri* presenta dos fases morfológica, fisiológica y genéticamente distintas en el ciclo de vida, este pleomorfismo se manifiesta en la fase parasitaria dentro de los tejidos del huésped en crecimiento activo seguida de la fase necrotrófica en los tejidos del huésped moribundos y muertos y, por lo tanto, ambas especies pueden clasificarse como hemibiótrofos: organismos que comienzan su asociación con el huésped como biótrofos. pero luego vuelven a una fase saprofita bien definida (Evans, 2016a).

Síntomas

Se puede encontrar síntomas externos e internos en los frutos en todas las fases de su desarrollo. Por lo general, el primer síntoma externo es la aparición repentina de lesiones irregulares de color chocolate a marrón oscuro que se unen rápidamente para cubrir toda la superficie de la vaina. Unos 3 a 8 días después, una capa de micelio blanco envuelve la vaina, y se vuelve gradualmente de color crema a rosado o marrón bronceado a medida que las esporas se desarrollan y maduran (Krauss et al., 2003). Los síntomas internos también varían con la edad y variedad de la vaina, suele ocurrir una pudrición húmeda o incluso seca. En ocasiones. ausencia de esporulación externa, que puede estar relacionada con las condiciones ambientales o la resistencia de la vaina. Las esporas, parecidas a polvos de talco, son desalojadas por cualquier movimiento del aire o de los árboles, el agua, como las gotas de lluvia o la escorrentía (Evans, 2016a).

Ciclo infeccioso

Es el largo período de incubación desde la penetración hasta la aparición de los síntomas externos, según Evans (2016a):

Vainas inoculadas a los 20–60 días de edad: todo el proceso desde la penetración hasta la colonización intercelular y la invasión intracelular (necrosis) ocurre dentro de los 40 días; las vainas jóvenes pueden estar muy hinchadas.

Vainas inoculadas a los 60–80 días de edad: el proceso generalmente se completa dentro de los 2 meses, con un rango de 55 a 75 días, y puede estar acompañado por una maduración prematura o deformación de la vaina, antes de la necrosis visible.

Vainas inoculadas a los 120–160 días de edad: el proceso de infección es más lento y puede estar restringido a pequeñas lesiones localizadas, a menudo sin penetración del endocarpio, lo que da como resultado granos sanos dentro de la cámara de la vaina.

Epidemiología.

M. royeri ha sido informado en altitudes que van desde 0 hasta 1 520 m s.n.m., donde existe precipitación anual de 780 a 500 mm y una temperatura que oscila entre 18 a 28 °C (Gutiérrez et al., 2006). La liberación de esporas ocurre cuando la humedad relativa alcanza entre el 71 y 74 %. Condiciones secas, baja humedad relativa y temperaturas superiores a 26 °C favorecen la liberación y dispersión de conidios (Phillips, 2006), mientras que lluvias intensas y frecuentes promueven la presencia de agua en los frutos, facilita la germinación y penetración de conidios (Sánchez & Garcés, 2012). Los conidios germinan en ambientes húmedos a temperaturas superiores a 24 °C, en un lapso de 6 a 8 horas, y luego penetran en la epidermis mediante hifas infectivas (Correa et al., 2014).

4.7.2. Escoba de la bruja

Nombre científico: *Moniliophthora perniciosa* (Stahel)

Moniliophthora perniciosa es un patógeno tropical responsable de la enfermedad conocida como escoba de bruja en el cacao. Como hongo hemibiotrófico, tiene una fase inicial en la que coloniza los tejidos vivos del huésped (fase biotrófica) y luego crece sobre la planta muerta (fase necrotrófica) (Thomazella et al., 2012).

Síntomas

M. perniciosa se caracteriza por inducir la pérdida de yemas apicales y axilares en las ramas del cacao. El hongo afecta a todos los órganos de crecimiento activo, especialmente a los brotes tiernos, las yemas florales y los frutos jóvenes, donde provoca hipertrofia y crecimientos anormales debido a un desequilibrio hormonal inducido (Parra et al., 2008). Las basidiosporas del hongo infectan los tejidos meristemáticos y provocan diferentes tipos de síntomas según el órgano infectado (Porrás & Sánchez, 1991). En los meristemos apicales, el síntoma característico es el crecimiento hipertrófico (proliferación vegetativa); en los botones florales, se observa la formación de filodia y frutos partenocárpicos, mientras que la infección en los frutos conduce a la pudrición de las semillas (SENASICA, 2019).

Ciclo infeccioso

Durante el periodo húmedo, las basidiosporas producidas en los basidiocarpos presentes en las escobas secas infectan los brotes nuevos, lo que resulta en el desarrollo de un micelio monocariótico grueso (fase biotrófica), lo que lleva a la formación de escobas verdes y deformados después de 5 a 6 semanas. Entre las 12 y 16 semanas siguientes, durante el periodo seco, las escobas y frutos deshidratados producen micelio dicariótico delgado (fase hemibiotrófica), que a su vez puede dar lugar a la formación de carpóforos y basidiosporas durante los siguientes periodos húmedos, repitiendo así el ciclo (Pérez, 2018).

Epidemiología

El hongo se dispersa por medio del viento y se propaga de manera natural. La infección ocurre exclusivamente a través de las basidiosporas transportadas por el aire. La mayoría de las infecciones se producen en un radio de 100 m alrededor de la fuente de infección, aunque rara vez puede ocurrir dispersión a distancias más largas (Evans, 2016b).

4.7.3. *Mazorca negra*

Nombre común: mazorca o podredumbre negra

Nombre científico: *Phytophthora palmivora* (E.J.Butler)

Biología

Phytophthora palmivora tienen dos tipos de reproducción asexual y sexual, que producen cuatro tipos de esporas diferentes que pueden causar infección directa o indirectamente: esporangios, zoosporas, clamidosporas (producidos durante la reproducción asexual) y oosporas (producidas durante la reproducción sexual) (Polanco & Rodríguez, 2015). Todos los microorganismos oomicetos tienen un tiempo de generación corto y una gran capacidad reproductiva. Por esta razón *Phytophthora* generalmente se considera policíclica (Surujdeo et al., 2016).

Síntomas

Los frutos son los órganos más frecuentemente afectados por la enfermedad, aunque también se pueden ver afectados los tallos y troncos. Se producen canchales en la corteza y desaparecen de los cojines florales. También se han observado infecciones en hojas y raíces, aunque con menor frecuencia y menor incidencia. *P. palmivora* puede atacar las vainas en todas las etapas de desarrollo (Adegbola, 1981). Los síntomas típicos de la pudrición de la vaina incluyen un olor "parecido a algas", una lesión acuosa de color marrón que se expande rápidamente y concéntricamente hasta cubrir toda la superficie de la vaina a medida que avanza la infección. Esto provoca un cambio de color de la mazorca a marrón oscuro o negro, lo que puede hacer que las mazorcas sean inútiles comercialmente en un período de 10 a 20 días (Thorold, 1975).

Sin embargo, las semillas en una vaina madura no pueden verse afectadas parcial o totalmente, ya que el patógeno no puede atravesar el espacio entre la pared interna y la masa de semillas. También puede provocar la "muerte súbita" de los árboles, ya que la interferencia con las funciones de la corteza puede causar la defoliación o la muerte de las ramas (Surujdeo et al., 2016).

Ciclo infeccioso

La infección puede ser iniciada por esporangios, clamidosporas o zoosporas, las cuales germinan y penetran en la superficie de la vagina. Los síntomas de la enfermedad pueden aparecer dentro de los 3 o 4 días posteriores a la infección, y la producción de esporangios puede comenzar la noche siguiente al segundo día de aparición de los síntomas visibles (Surujdeo et al., 2016).

Epidemiología

La gravedad de la enfermedad varía según la localidad, la estación y el año, la situación puede variar en función de la susceptibilidad de los diferentes tipos de cacao, las prácticas culturales y las condiciones ambientales, como la temperatura, la lluvia, el espacio entre plantas y la sombra. La enfermedad se ve favorecida por la presencia de agua libre en el suelo y en el follaje (Surujdeo et al., 2016).

4.7.4. Mal del machete

Nombre científico: *Ceratocystis cacaofunesta* (Engelbrecht y Harrington 2005)

Ceratocysti cacaofunesta es un hongo necrotrófico, los cuales son especies que extraen nutrientes de las células muertas antes o durante la colonización. Por lo general, se utilizan diversos compuestos fitotóxicos para inducir la necrosis celular y provocar la fuga de nutrientes (Cabrera et al., 2016).

Síntomas

Comúnmente causa marchitamiento dentro de las 2 a 4 semanas posteriores a la infección y clorosis de las hojas. Las hojas permanecen adheridas a la planta durante semanas incluso después de la muerte de la planta. Internamente, se produce un pardeamiento vascular debido al atrapamiento de los conidios en las células del parénquima que rodean los vasos del xilema. Las raíces de los árboles infectados a menudo muestran necrosis, lo que sugiere que también es un patógeno transmitido por el suelo (Cabrera et al., 2016).

Infección

Ceratocysti cacaofunesta ingresa pasivamente al tejido del cacao a través de heridas en el tallo, causadas por insectos (causas naturales), a menudo escarabajos descortezadores, o herramientas de corte infectadas. El hongo infecta las células del parénquima del xilema que alcanza los vasos del xilema en el tallo. *C. cacaofunesta* se mueve a través del huésped hacia el xilema secundario (Cabrera et al., 2016).

4.7.5. Antracnosis

Nombre común: Antracnosis

Nombre científico: *Colletotrichum*

Biología

Colletotrichum es un patógenos endófito se encuentra dentro del complejo *C. gloeosporioides*, conformado por 22 especies patógenas y no patógenas y una subespecie (Weir et al., 2012). La antracnosis del cacao es una enfermedad de distribución mundial (Wood & Lass, 2008). Varias de estas especies se han aislado de tejido de cacao infectado, incluidas *C. siamense* (James et al., 2014) y *C. theobromicola* (Rojas et al., 2010).

Síntomas

Ataca a brotes jóvenes, hojas y tallos, los tejidos con mayor exposición al sol, como los de la copa del árbol tienen una manifestación más fuerte de síntomas de antracnosis (Akrofi et al., 2016). En hojas jóvenes son lesiones necróticas marrones rodeadas por un halo amarillo clorótico. Estas lesiones individualizadas se expanden y se unen para causar grandes áreas marchitas en las hojas. Si bien las manchas en las hojas ocurren en las hojas más viejas, no tienen un impacto severo en la salud de los árboles. Sirven como fuente de inóculo para infecciones secundarias (Philips & Cerda, 2009).

En las mazorcas de cacao, las lesiones comienzan como manchas oscuras hundidas y las lesiones pueden eventualmente fusionarse. *Colletotrichum* spp. puede formar micelios con esporas en las vainas infectadas, lo que provoca más infecciones (Rojas et al., 2010).

Epidemiología.

Antracnosis se ve favorecida por las condiciones húmedas que se encuentran en la mayoría de las regiones productoras de cacao. Se puede propagar a través de salpicaduras de lluvia del suelo o tejidos infectados, viento, insectos o herramientas. Las heridas de insectos en las hojas aumentan la propagación de la enfermedad en la temporada de lluvias (Philips & Cerda, 2009).

4.8. Evaluación de enfermedades de las plantas

Al evaluar las enfermedades, es de interés medir varios aspectos:

- **La incidencia de la enfermedad:** el número o proporción de plantas enfermas (el número o proporción de plantas, hojas, tallos y frutos que muestren cualquier tipo de síntomas).
- **La severidad de la enfermedad:** la proporción del área o cantidad de tejidos de la planta que está enferma.
- **Las pérdidas de producción** debido a la enfermedad: la proporción de la producción que el agricultor no podrá cosechar debido a que la enfermedad la destruyó directamente o evitó que las plantas la produjeran (Agrios, 2005).

La evaluación de las enfermedades se realiza para la detección y cuantificación de enfermedades/patógenos, un campo conocido como fitopatometría, siendo fundamental para estimar la intensidad y las pérdidas de cultivos.

4.8.1. La Fitopatometría

Se puede definir como la rama de la patología vegetal (fitopatología) que se ocupa de la estimación o medición de la cantidad de enfermedad de la planta expresada por síntomas de enfermedad o signos de un patógeno en un solo o grupo de especímenes. La fitopatometría es crucial por diversas razones, como el análisis de pérdidas de rendimiento debido a enfermedades, el mejoramiento genético para la resistencia a enfermedades, la evaluación y comparación de métodos de control de enfermedades, la comprensión de la coevolución y el estudio de la epidemiología y ecología de los patógenos (Bock et al., 2022).

4.8.2. Parámetros para la medición de enfermedades

Según Kugler and Ivancovich (2016) dentro de los parámetros para la medición de enfermedades se encuentran los siguientes métodos. Estos métodos se dividen en tres categorías principales:

Métodos directos: Estos métodos implican la evaluación visual de las enfermedades, ya sea mediante el cálculo de la incidencia o la severidad. Se utilizan diferentes escalas para medir la severidad de las enfermedades. Algunos de estos métodos incluyen:

- Las escalas descriptivas: Utilizan claves con un cierto número de grados para cuantificar las enfermedades. Cada grado de la escala debe ser adecuadamente descrito y definida.
- Escalas diagramáticas: Son representaciones gráficas y esquemáticas de plantas o partes de plantas con diferentes niveles de severidad de la enfermedad.
- Análisis de imágenes por computador: Se utilizan programas especializados, como Image J, para analizar y generar imágenes con diferentes colores y formas. Estos programas pueden determinar el área y el perímetro de las lesiones causadas por la enfermedad (Rincón et al., 2012).

Métodos indirectos: Estos métodos permiten obtener información sobre la enfermedad sin un contacto físico directo mediante el uso de sensores remotos. Algunos ejemplos de métodos indirectos son: fotografía aérea en infrarrojo, análisis de imágenes, termometría diferencial infrarroja y recuento de esporas, como los menciona (Handcock et al., 2009).

Métodos serológicos: Estos métodos se basan en la reacción de emergencia-anticuerpo y se utilizan para detectar la causa de una enfermedad y para identificar y caracterizar los fitopatógenos, algunos ejemplos de métodos son la prueba de ELISA y Análisis químico. (Kugler & Ivancovich, 2016).

Estos métodos son fundamentales en la fitopatología, ya que permiten medir y cuantificar las enfermedades de precisión, lo que a su vez es crucial para el estudio de las enfermedades de las plantas y el desarrollo de estrategias de control.

4.8.3. Curva de Progreso de la Enfermedad (CPE)

La curva de progreso de la enfermedad (CPE) representa el avance de una epidemia a lo largo del tiempo, mostrando el número de lesiones, la cantidad de tejido dañado o el número de plantas enfermas. Esta curva es una representación gráfica del comportamiento de la enfermedad en una población de plantas. Es importante destacar que la CPE no tiene en cuenta la infección ocurrida en períodos anteriores (Achicanoy, 2000).

Área Bajo la Curva del Progreso de la Enfermedad (ABCPE): es una técnica muy utilizada para analizar la relación entre el progreso de la enfermedad y la duración del área foliar o área infectada por el inóculo de la enfermedad en el fruto. Esta técnica se basa en la integración de la curva de progreso de la enfermedad a lo largo del tiempo (Pedroza & Samaniego, 2009).

El ABCPE permite estudiar las tasas de progreso de la enfermedad y su relación con la duración del área foliar, lo que proporciona información importante sobre el impacto de la enfermedad en el rendimiento de los cultivos brindando información valiosa para la toma de decisiones en el manejo fitosanitario. Esta técnica es útil para identificar patrones de desarrollo de la enfermedad, evaluar estrategias de control y comprender la dinámica de la epidemia en relación con la producción agrícola (Jeger & Viljanen, 2001).

5. Metodología

5.1. Metodología general

5.1.1. Área de estudio

El estudio se realizó en la Estación Experimental El Padmi de la Universidad Nacional de Loja (UNL), la cual se encuentra en la provincia de Zamora Chinchipe, cantón Yantzaza, parroquia Los Encuentros, a una altura de 820 m s.n.m., con coordenadas geográficas de 3° 51' S y 78° 45' O (UNL, 2021). Cuenta con un clima cálido y lluvioso todo el año, sin estaciones. La temperatura media anual en Yantzaza se encuentra a 22,7 °C, precipitaciones promedio de 1 959 mm, las cuales se reparten de forma homogénea durante todo el año, siendo el mes más seco agosto, con 132 mm, y el mes más húmedo en abril, promediando 212 mm (Data, 2021), cuenta con condiciones adecuadas para el cultivo.

5.1.2. Establecimiento.

El estudio se realizó en un proyecto de investigación previo de cacao que lleva 3 años establecido, a una densidad de 3,5 m entre plantas y 4 m entre hileras, el cual permitió analizar la interacción de tres variedades de cacao que son: CCN-51, EETP-800 y EETP-801; bajo tres niveles de sombra con el uso de sarán, se consiguió tres intensidades a 0 %, 35 %, y 80 % de sombra de la Radiación Fotosintética Activa (PAR) incidente en la zona.

Se usó un Diseño Completamente al Azar (DCA) con arreglo bifactorial. Factor A: variedades; Factor B: niveles de sombra. Se utilizó 9 tratamientos con 5 repeticiones para el clon EETP-800 y EETP-801, y para el clon CCN-51 3 repeticiones, lo cual dio un total de 39 Unidades Experimentales (UE).

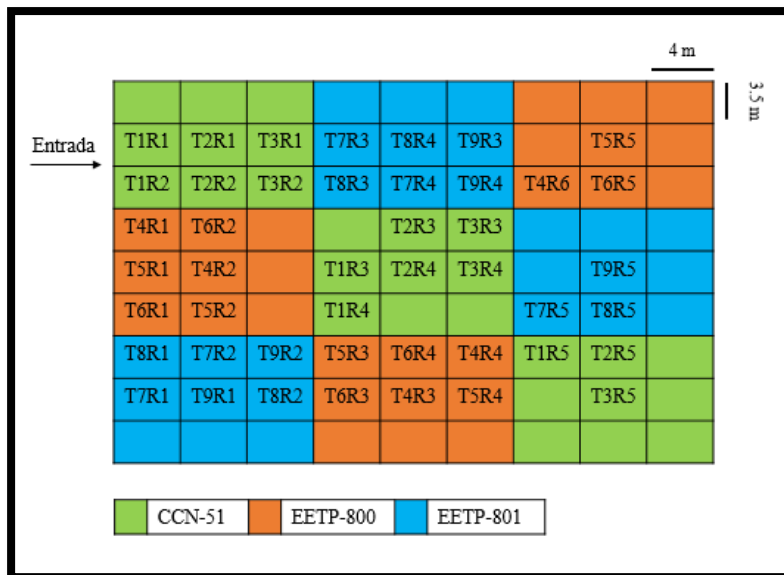


Figura 1. Diseño experimental del proyecto.

Tabla 1. Tratamientos del ensayo experimental

Tratamientos	Clon	Sombra %
T1	CCN-51	0
T2	CCN-51	35
T3	CCN-51	80
T4	EETP-800	0
T5	EETP-800	35
T6	EETP-800	80
T7	EETP-801	0
T8	EETP-801	35
T9	EETP-801	80

5.2. Metodología para el primer objetivo:

“Identificar las enfermedades fungosas presentes en los tres clones EETP-800, EETP-801 y CCN-51 en la Estación Experimental El Padmi”

El reconocimiento de las enfermedades en campo se realizó de acuerdo los síntomas y escalas de severidad reportadas en la literatura (Philips & Cerda, 2009; Rojas et al., 2010). Se muestrearon frutos y hojas enfermas con manifestaciones de enfermedad fúngica.

En laboratorio, las muestras se desinfectaron (NaOCl, 3 %), se lavaron con agua destilada estéril, se montaron en cámaras húmedas e incubaron en oscuridad a una temperatura entre 25 - 28 °C hasta 5 días.

Se realizaron montajes para observación en el microscopio. Para ello, con una pipeta se colocó una gota de azul de lactofenol en el centro de un portaobjetos, con la punta de la aguja humedecida se tomó ligeramente las esporas y/o micelio. El material se transfirió a la gota del medio de montaje, se colocó un cubreobjetos y se observó con los objetivos 10 x y 40 x del microscopio. Luego identificó las estructuras observadas a través del uso de claves taxonómicas (Rojas et al., 2010; Santo et al., 2020).

5.3. Metodología para el segundo objetivo:

“Evaluar la incidencia, severidad, curva de la del progreso de la enfermedad y la tasa del progreso de la enfermedad en los tres clones EETP-800, EETP-801 y CCN-51 bajo tres niveles de sombra en la Estación Experimental El Padmi”.

Cada 15 días durante 105 días se evaluó el progreso de las enfermedades de acuerdo con las escalas de severidad.

5.3.1. Escala de severidad

Tabla 2. Escala de severidad externa para *Colletotrichum*.

Grado	Descripción
0	Fruto sano
1	Lesiones necróticas que cubren un área entre 1 a 5 %
2	Lesiones necróticas que cubren un área entre 6 a 9 %
3	Lesiones necróticas que cubren un área entre 10 a 29 %
4	Lesiones necróticas que cubren un área entre 30 a 49 %
5	Lesiones necróticas que cubren un área entre 50 al 100 %

Fuente: (Zapata et al., 2021)

5.3.2. Cálculos de evaluación de las enfermedades

Cálculo de la incidencia

Se evaluó el porcentaje de frutos enfermos respecto al total de frutos evaluadas en el experimento.

$$\text{Incidencia (I \%)} = \frac{A}{\sum(A \times B)} \times 100$$

Dónde: **I** = Incidencia, **A** = Total de plantas u órganos enfermos, **B** = Total de plantas u órganos sanas y $\sum (a \times b)$ = Sumatoria total de plantas enfermas y sanas

Cálculo de severidad

Se evaluó el porcentaje de superficie o volumen de tejido infectado por la enfermedad en frutos, de acuerdo con las escalas de severidad de cada enfermedad.

$$\text{Severidad (S\%)} = \frac{\sum(a \times 1) + (a \times 2) + (a \times 3) + \dots + (a \times k)}{(n \times k)} \times 100$$

Donde: **S** = Severidad de la enfermedad, $\sum (a \times b)$ = Sumatoria del número de plantas u órganos enfermos o infectados según el grado de afectación (**1, 2, 3, 4, 5, ..., k**), **n** = Número de plantas evaluadas y **k** = Valor o grado mayor de la escala.

Área Bajo la Curva del Progreso de la Enfermedad (ABCPE)

Se evaluó con los datos obtenidos de la severidad y del tiempo de evaluación de la enfermedad.

$$\text{ABCPE} = \sum_{i=1}^n \left[\frac{(Y_{i+1} + Y_i)}{2} \right] (t_{i+1} - t_i)$$

Donde **Y_i** = índice de la enfermedad, **T_i** = tiempo en días, y **n**= número total de evaluaciones (Jeger & Viljanen, 2001).

Tasa del progreso de la enfermedad (TPE)

Se utilizó los datos del tiempo de evaluación de la severidad.

$$\text{TPE} = \frac{1}{t_2 - t_1} \left[\ln \left(\frac{y_2}{1 - y_2} \right) - \ln \left(\frac{y_1}{1 - y_1} \right) \right]$$

Dónde: \ln = logaritmo natural, y_1 = Proporción de tejido afectado al inicio de la evaluación, y_2 = Proporción de tejido afectado al final del período evaluado, t_1 = Tiempo de inicio de la evaluación y t_2 = Tiempo de la última evaluación (Shaner y Finney, 1977).

Debido a que cuando se calculó la TPE de 1 a 105 como un solo momento, se obtuvieron valores negativos. Esto se debió a que a los 50 días se realizó una cosecha y se eliminaron los frutos severamente dañados enfermos para evitar la contaminación de los demás, lo que resultó en una disminución en el número de frutos evaluados. La TPE se calculó en dos momentos, del primer día hasta los 45 días; y del día 60 al 105.

Análisis estadístico

Se utilizó el software Insfotat empleando análisis de varianza (ANOVA), tras comprobar los supuestos de normalidad de residuos y homogeneidad de varianza, luego se realizaron las pruebas de comparación múltiple mediante la prueba de Tukey.

Interpolación

A los 50 días, el grupo de investigación llevó a cabo una cosecha de temporada y se eliminaron frutos severamente dañados. Esto resultó en un descenso en el análisis de datos. Con el objetivo de comprender cómo habría progresado la curva de crecimiento de las variables de Incidencia y Severidad, se realizó una interpolación de datos, con el uso ecuaciones derivadas de una regresión logarítmica entre las variables de tiempo e incidencia, así como tiempo y severidad de la enfermedad (Huerta et al., 2009). Para ambas variables, se obtuvieron nuevos puntos basados en el conjunto preliminar de datos desde el día 1 hasta el día 45, y se definió una ecuación que describe su curva hasta el día 105.

$$y = a * \ln(x) + b$$

Donde: y = variable dependiente (incidencia o severidad), \ln = logaritmo natural, x = variable independiente (tiempo), a , b = coeficientes de regresión que describen la relación entre X y Y

6. Resultados

6.1. Resultados del primer objetivo

Reconocimiento de enfermedades fúngicas en campo.

En cada uno de los clones EETP-800, EETP-801 y CCN-51 bajo los diferentes niveles de sombra, se observaron varios síntomas de enfermedades fúngicas en frutos, tales como lesiones que comenzaron como manchas oscuras hundidas las cuales se fusionaron eventualmente, manchas necróticas que cambiaron de color de marrón oscuro a casi negro tanto en frutos verdes y maduros, síntomas de frutos deformados y con madurez prematura. Esto se puede apreciar en la **figura 2** adjunta. En otros órganos de la planta no se apreciaron síntomas de enfermedades fúngicas.

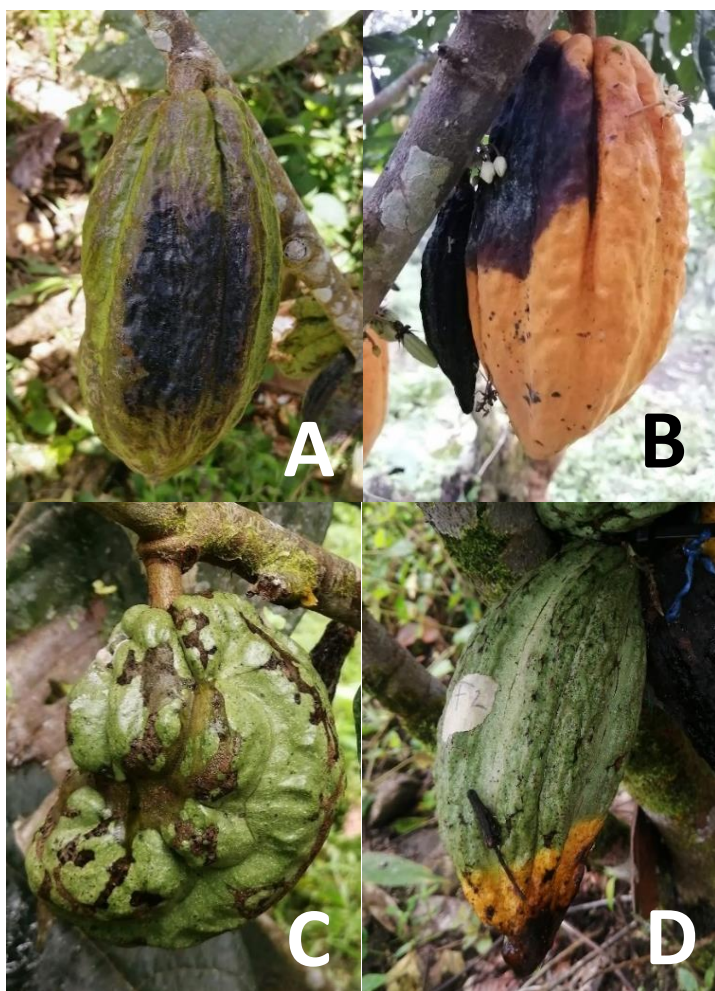


Figura 2. (A) Fruto de cacao con lesión necrótica. (B) Fruto en estado maduro con lesión necrótica. (C) Fruto deformado. (D) Fruto con madurez prematura.

Reconocimiento de la enfermedad en laboratorio.

Tras aislar el tejido infectado en laboratorio, se observaron estructuras de conidios hialinos de forma alargados y angostos, característicos de *Colletotrichum*, como se puede ver en la **figura 3**.



Figura 3. Estructuras de *Colletotrichum* sp observado bajo microscopio a 40 x.

6.2. Resultados de segundo objetivo

Evaluación de incidencia

El incremento de Incidencia de *Colletotrichum* en el clon CCN-51 bajo el 0 %, 35 %, y 80 % intensidad de sombra, tienen un porcentaje menor en comparación a los demás tratamientos. En la primera evaluación, la incidencia comienza en 6,67 % y 13,33 %, hasta los 45 días asciende de 20 % a 26 % y se mantiene así hasta los 105 días. Por otro lado, en los clones EETP-800 y EETP-801 presentaron una incidencia que va desde el 56,18 % al 76,82 % entre el primer día y los 45 días y se mantuvo de manera lineal hasta los 105 días en cada tratamiento entre 56 % a 68 %, tal como se observa en la **figura 4 A**. Cabe mencionar que la disminución de la incidencia se debe a que a los 50 días el grupo de investigación llevó a cabo una cosecha y se eliminaron los muy frutos severamente dañados, sin embargo, se dejaron algunos frutos contaminados para continuar con la investigación.

Con el fin de examinar cómo habría sido el aumento en la incidencia si no se hubiera realizado la cosecha, se llevó a cabo una interpolación, se usó una curva de tendencia logarítmica con los datos desde el día 1 hasta el día 45. Luego, se calculó el resultado de esta

ecuación para el período comprendido entre el día 60 y el día 105. Como se puede apreciar en la **figura 4 B**, en el caso del clon CCN-51, la incidencia estimada para el día 60 se sitúa alrededor del 26 %, mientras que para el día 105 se encuentra aproximadamente en un 29 %. Comparando estos valores con los datos reales, se observa una diferencia del 3 %. En cuanto a los otros clones, la incidencia estimada para el día 60 es cercana al 78 %, y para el día 105 aumenta alrededor del 80 %. En comparación con los datos reales obtenidos, existe una diferencia del 20 % en estos casos.

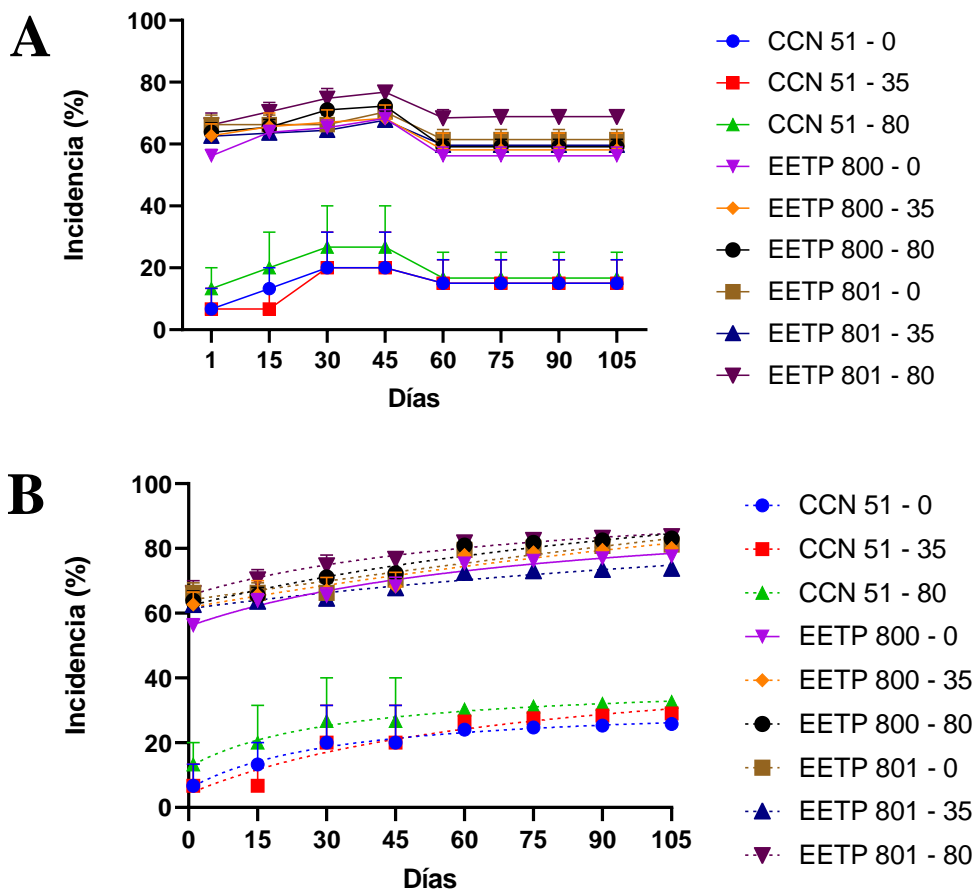


Figura 4. Incidencia de *Colletotrichum* en el cultivo de cacao durante 105 días. **A)** Datos reales de campo. **B)** Datos interpolados a partir del día 60 a 105. Clones de cacao CCN-51, EETP-800 y EETP-801, con intensidades de sombra de 0 %, 35 % y 80 %. Las barras de error representan los límites superior e inferior de los datos en relación con el valor de un indicador

Evaluación de severidad

El incremento de severidad de *Colletotrichum* en el clon CCN-51 bajo el 0 %, 35 %, y 80 % intensidad de sombra, presentaron un porcentaje menor en comparación a los tratamientos. En la primera evaluación, la severidad partió de un 2,6 %, a los 45 días se elevó

entre un 12 % y un 20 %. Por otro lado, en los clones EETP-800 y EETP-801 mostraron un aumento de la severidad del 38 % al 57 % en el mismo período de tiempo, para luego disminuir alrededor del 35 % en el día 60. Sin embargo, aumentó entre 35 % y 45 % hasta el día 105 como se puede observar en la **figura 5 A**.

Mientras que en la figura 5 B, se puede apreciar la interpolación realizada a partir de día 60, clon CCN-51 indica una Severidad alrededor de 17 % y al día 105 llega alrededor de 19 % a 23 %, en comparación a los valores reales, se observa una diferencia entre el 5 %. Mientras que, para los demás clones, en el día 60 se encuentra alrededor de 57 %, y para el día 105 asciende alrededor de 53 % a 63 %, existe una diferencia del 18 % con los datos reales.

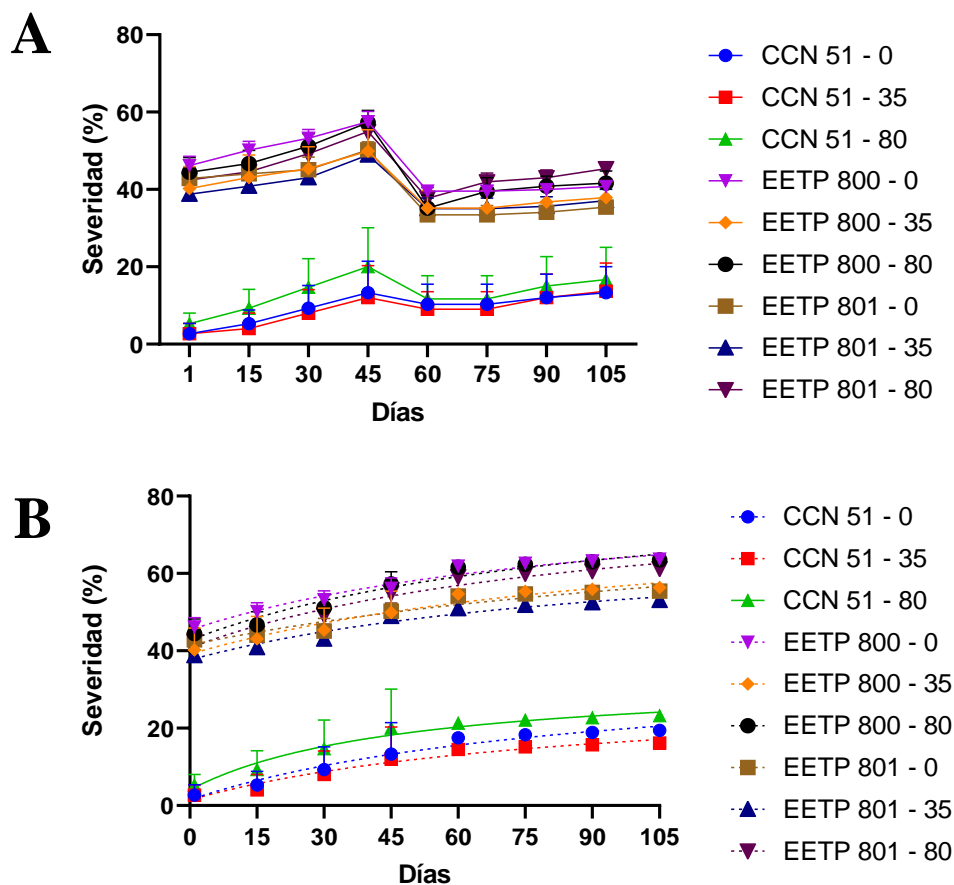


Figura 5. Severidad de *Colletotrichum* en el cultivo del cacao durante 105 días. **A)** Datos reales de campo. **B)** Datos interpolados a partir del día 60 a 105. Clones de cacao CCN-51, EETP-800 y EETP-801, con intensidades de sombra de 0 %, 35 % y 80 %. Las barras de error representan los límites superior e inferior de los datos en relación con el valor de un indicador

Evaluación de área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE)

El ABCPE, el clon CCN-51 bajo el 0 %, 35 % y 80 % de intensidad de sombra, fueron los que demostraron mejores resultados ya que hubo una menor Área de Progreso de la enfermedad (APE) causada por *Colletotrichum*, el cual se encontró entre los 900 a 1 400 de APE durante los 105 días, mientras que, los EETP-800 y EETP-801 entre los 4 000 a 5 000 AP de la enfermedad. Como se observa en la **figura 6**.

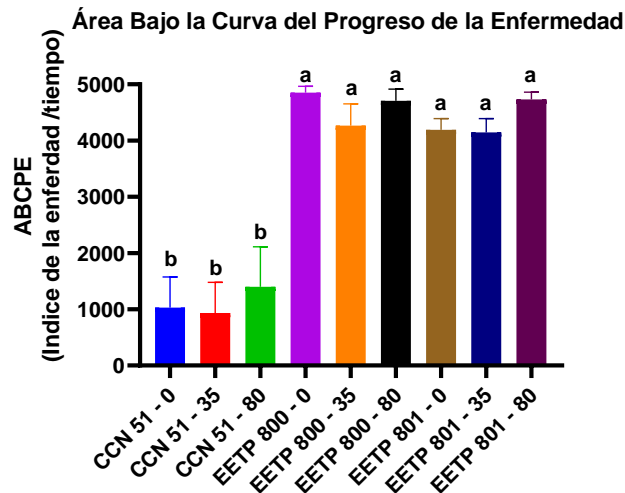


Figura 6. Área Bajo la Curva del Progreso de la Enfermedad (ABCPE)

Barras con letras desiguales difieren significativamente por la prueba de Tuckey ($\alpha < 0,05$)

Clones de cacao CCN-51, EETP-800 y EETP-801, con intensidades de sombra de 0 %, 35 % y 80 %. Las barras de error representan los límites superior e inferior de los datos en relación con el valor de un indicador

Evaluación de la tasa del progreso de la enfermedad (TPE)

En el clon CCN-51 con las intensidades de sombra del 0 % y 35 %, del primer día hasta el día 45, tuvieron Tasa del Progreso de la Enfermedad (TPE) del 0,04, mientras que con la sombra de 80 % tuvo un 0,09. En cambio, del día 60 al 105, la TPE fue inferior a 4. Para los clones EETP-800 y EETP-801, a los 45 días osciló entre 0,08 y 0,10, mientras que del día 60 al 105, la TPE fue de 0,08. Figura 7.

Tasa de Progreso de la Enfermedad

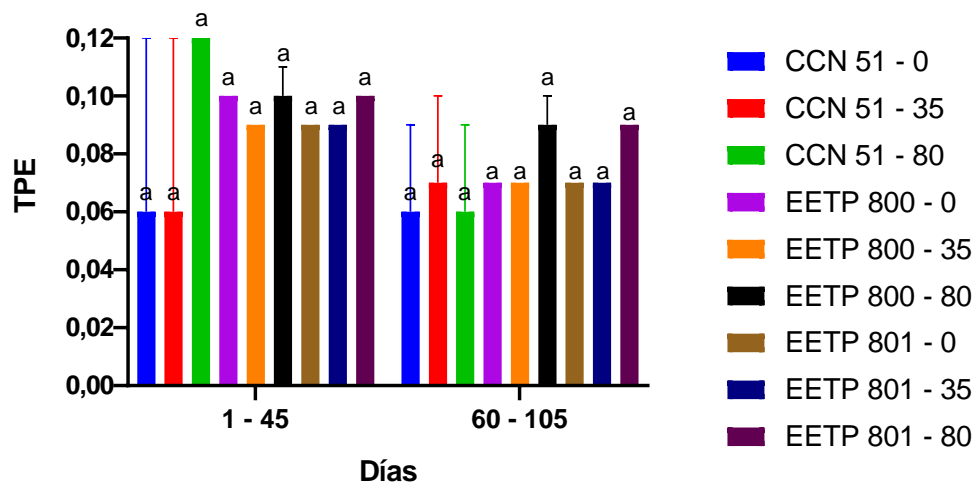


Figura 7. Tasa de progreso de la enfermedad (TPE)
 Clones de cacao CCN 51, EETP 800 y EETP 801, con intensidades de sombra de 0 %, 35 % y 80 %.
 Las barras de error representan los límites superior e inferior de los datos en relación con el valor de un indicador

7. Discusión

En el en proyecto de cacao ubicado en la Estación Experimental el Padmi, mediante la interacción de los clones CCN-51, EETP-800 y EETP-801; bajo diferentes los niveles de sombra a (0 %, 35 % y 80 %), se evaluaron parámetros como incidencia, severidad, Abajo Bajo la Curva del Progreso de la Enfermedad (ABCPE), y Tasa de Progreso de la Enfermedad (TPE). El clon CCN-51 tuvo una menor incidencia de la *Colletotrichum*, por lo que se indica este clon es más resistente en comparación a los clones EETP-800 y EETP-801. El cacao CCN-51 proviene del mejoramiento genético del cacao Nacional ecuatoriano, se destaca así por su precocidad y productividad y resistencia a las enfermedades (Chang et al., 2014). Característica confirmada en investigaciones del banco de germoplasma de la UNAS Tingo María, Perú, donde el CCN-51 destaca por sus factores de tolerancia (Puentes et al., 2014). El clon CCN-51 posee buena resistencia a plagas y enfermedades y se adapta mejor a climas semihúmedos (Espinosa & Mosquera, 2012), como lo es la parroquia de Los Encuentro. Según el INIAP los clones EETP-800 y EETP-801 son resistente a enfermedades como escoba de bruja y monilia. Sin embargo, estos clones fueron los de mayor índice de *Colletotrichum* que se encontró.

En cuanto a aplicación de sombra, este factor que no influyó en el progreso de la enfermedad, ya que no se encontraron diferencias significativas en los diferentes tratamientos. Lo cual se debe a diversos componentes, como el tipo de enfermedad, el porcentaje de sombra y la edad de planta. Mientras que la sombra densa favorece la propagación de algunos patógenos, la sombra ligera o sin sombra puede limitar el desarrollo de otros patógenos (Akoutou et al., 2019; Durand et al., 2020). Una mayor sombra puede aumentar la incidencia de algunas plagas y enfermedades como *Phytophthora palmivora* y *Mycena citricolor* favorecida por el aumento de la humedad (Dakwa, 1976; Smith, 1981) y disminuir la incidencia de otras como *Colletotrichum gloeosporioides* y *Cercospora coffeicola* (Beer et al., 1997; Smith, 1981). La sombra puede disminuir el período de latencia de *Colletotrichum kahawae* al estabilizar las temperaturas, como se documentó previamente para la roya del café (López et al., 2012).

Motisi et al. (2022) mostraron que la sombra tiene efectos opuestos en diferentes mecanismos epidemiológicos. Específicamente, la sombra puede limitar la dinámica de la enfermedad al reducir la transmisión de la enfermedad y al mismo tiempo promover la dinámica

de la enfermedad al reducir el período latente del patógeno. Sin embargo, a pleno sol, la transmisión eficiente de enfermedades compensa los largos períodos de latencia. Bedimo et al. (2008) sugirieron que el dosel de los árboles de sombra puede reducir la dispersión de conidios a través de las salpicaduras de lluvia al interceptar las gotas de lluvia.

Como resultado, los equilibrios entre las variables microclimáticas pueden contrarrestar las tasas epidemiológicas, que pueden alterar drásticamente el destino de las epidemias en condiciones de sombra versus pleno sol (Allinne et al., 2016; Boudrot et al., 2016).

Otro motivo se debe a que el cultivo se encuentra rodeado de un sistema forestal el cual influyó en el porcentaje de sombra recibido en cada planta. En otro estudio realizado por la Estación Experimental Central de la Amazonía, el cual no contaba con el sistema forestal, evaluó el efecto de la sombra en la cantidad de inóculo de *Moniliophthora roreri*. Los ensayos se realizaron con plantas de *Erythrina* spp., y se afectaron tres niveles de sombra: sombra densa; 50-60% de sombra; sombra media: 20-30 % y pleno sol. Los resultados mostraron diferencias estadísticas significativas, donde S1 y S2 presentaron los valores más bajos de esporas por cm² (Pico et al., 2019).

Otro motivo es la edad de las plantas. En otros estudios realizados en cultivo de café, Piato et al. (2020) destacaron por primera vez que el efecto de la sombra en el café depende de la edad del árbol, la sombra tuvo impactos positivos en los árboles más viejos, media de 16 años, mientras que el impacto de la sombra en los árboles más jóvenes fue insignificante.

Por lo tanto, al usar plantas cacao del clon CCN-51 bajo un alto porcentaje de sombra se puede lograr disminuir la incidencia de *Colletotrichum*, por lo cual se podrá reducir los costos de producción y mitigar las pérdidas ocasionadas por las enfermedades. Es importante encontrar un equilibrio óptimo en el manejo de la sombra para reducir la incidencia de enfermedades. Considerar la utilización de árboles de sombra específicos que sean compatibles con el cultivo de cacao y que ayuden a crear un ambiente favorable para la producción.

Por lo que antes de plantar el cultivo se debe analizar el historial de zona para conocer que enfermedades han estado presentes, incluso analizar los cultivos vecinos para tener en cuenta un posible contagio. Estas acciones combinadas resultarán en un cultivo rentable y sostenible para los productores.

8. Conclusiones

- Por los síntomas muestreados, análisis en laboratorio, el cultivo de cacao en la Estación Experimental El Padmi, se encuentra infectado por *Colletotrichum* en los tres clones CCN-51, EETP-800, EETP-801.
- De acuerdo al análisis de varianza de incidencia, severidad, curva de la del progreso de la enfermedad y la tasa del progreso de la enfermedad, el clon CCN-51 denotó en la investigación un menor índice de la enfermedad.
- La influencia de la sombra en el aparecimiento o progreso de las enfermedades fúngicas depende de varios factores, uno de ellos se debe a que a un mayor nivel de sombra puede aumentar o disminuir la incidencia dependiendo de la especie de la enfermedad y otro factor es la edad de las plantas.

9. Recomendaciones

- El cultivar CCN-51 es más conveniente para los agricultores debido a que es el más resistentes a las enfermedades, por lo que disminuye el uso de fungicidas, disminuyen los costos y existe menos pérdidas de frutos, por lo cual resulta más rentable que otras variedades.
- Implementar prácticas de manejo integrado de plagas y enfermedades es crucial para reducir la incidencia de enfermedades en el cacao. Esto incluye la combinación de métodos preventivos, como la selección de clones resistentes, el uso adecuado de sombra, el monitoreo regular de plagas y enfermedades, u otros métodos de control cuando sea necesario.
- Repetir el experimento bajo nos mismos niveles de sombra, pero teniendo en cuenta que el cultivo no cuente con un sistema de sombra adicional de como un sistema forestal, poner a prueba a plantas adultas de 10 años en adelante y tomar en cuenta le enfermedad que se encuentre ya que dependiendo de eso la incidencia puede disminuir o aumentar.

10. Bibliografía

- Achicanoy, H. (2000). Descripción cuantitativa de las epidemias de las plantas. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 53(1), 941-968.
- Adegbola, M. (1981). Cocoa diseases of West Africa. In: Proceedings of the 7th International Cocoa Research Conference, Douala, Cameroon. 243–250.
- Agrios, G. N. (2005). *Plant pathology*. Elsevier.
- Akoutou, E., Ndo, E., Ngo, M., Ambang, Z., Manga, B., Cilas, C., . . . Bidzanga, L. (2019). Assessment of the interaction between the spatial organization of citrus trees populations in cocoa agroforests and *Phytophthora* foot rot disease of citrus severity. *Agroforestry Systems*, 93, 493-502.
- Akrofi, A., Amoako, I., Acheampong, K., Assuah, M., & Melnick, R. (2016). Fruit and Canopy Pathogens of Unknown Potential Risk. In B. A. Bailey & L. W. Meinhardt (Eds.), *Cacao Diseases: A History of Old Enemies and New Encounters* (pp. 361-382). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-24789-2_11
- Allinne, C., Savary, S., & Avelino, J. (2016). Delicate balance between pest and disease injuries, yield performance, and other ecosystem services in the complex coffee-based systems of Costa Rica. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 222, 1-12.
- Almeida, A., & Valle, R. (2007). Ecophysiology of the cacao tree. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 19(4), 425-448.
- Arvelo, M., González, D., Maroto, S., Delgado, T., & Montoya, P. (2017). *Manual Técnico del Cultivo de Cacao Prácticas Latinoamericanas*.
- Bedimo, M., Njiayouom, L., Bieysse, D., Nkeng, N., Cilas, C., & Notteghem, J. (2008). Effect of shade on Arabica coffee berry disease development: Toward an agroforestry system to reduce disease impact. *Phytopathology*, 98(12), 1320-1325.
- Beer, J., Muschler, R., Kass, D., & Somarriba, E. (1997). Shade management in coffee and cacao plantations. *Agroforestry Systems*, 38(1), 139-164. <https://doi.org/10.1023/A:1005956528316>
- Bock, C., Barbedo, J., Mahlein, A., & Ponte, E. (2022). A special issue on phytopathometry — visual assessment, remote sensing, and artificial intelligence in the twenty-first century. *Tropical Plant Pathology*, 47(1), 1-4. <https://doi.org/10.1007/s40858-022-00498-w>
- Boudrot, A., Pico, J., Merle, I., Granados, E., Vilchez, S., Tixier, P., . . . Allinne, C. (2016). Shade effects on the dispersal of airborne *Hemileia vastatrix* uredospores. *Phytopathology*, 106(6), 572-580.
- Broudeau, J. (1981). El Cacao. Técnicas Agrícolas y Producciones Tropicales. In: Casas Grandes.
- Cabrera, O., Molano, E., José, J., Álvarez, J., & Pereira, G. (2016). *Ceratocystis* Wilt Pathogens: History and Biology—Highlighting *C. cacaofunesta*, the Causal Agent of Wilt Disease of Cacao. In B. A. Bailey & L. W. Meinhardt (Eds.), *Cacao Diseases: A History of Old Enemies and New Encounters* (pp. 383-428). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-24789-2_12
- Chang, J., Torres, C., Morán, D., Véliz, J., Remache, R., & Rodríguez, W. (2014). Atributos físicos-químicos y sensoriales de las almendras de quince clones de cacao nacional (*Theobroma cacao* L.) en el Ecuador. *Ciencia y Tecnología*, 7(2), 21-34.

- Correa, J., Castro, S., & Coy, J. (2014). Estado de la moniliasis del cacao causada por *Moniliophthora roreri* en Colombia. *Acta Agronómica*, 63(4), 388 - 399. <https://doi.org/10.15446/acag.v63n4.42747>
- Dakwa, J. (1976). The effects of shade and NPK fertilizers on the incidence of cocoa black pod disease in Ghana.
- Data, C. (2021). *Clima Yantzaza* <https://es.climate-data.org/search/?q=Yantzaza>
- Dostert, N., Roque, J., Cano, A., Torre, M. L., & Weigend, M. (2012). *Hoja botánica: Cacao Theobroma cacao L* (Primera Edición ed.).
- Durand, C., Tixier, P., Quinteros, A., Andreotti, F., Rapidel, B., Tauvel, C., & Allinne, C. (2020). Analysis of interactions amongst shade trees, coffee foliar diseases and coffee yield in multistrata agroforestry systems. *Crop Protection*, 133, 105137.
- Espinosa, C., & Mosquera, D. (2012). Estudio de factibilidad para la producción de cacao en el cantón San Lorenzo provincia de Esmeraldas.
- Evans, H. (2016a). Frosty Pod Rot (*Moniliophthora roreri*). In B. A. Bailey & L. W. Meinhardt (Eds.), *Cacao Diseases: A History of Old Enemies and New Encounters* (pp. 63-96). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-24789-2_3
- Evans, H. (2016b). Witches' Broom Disease (*Moniliophthora perniciosa*): History and Biology. In B. A. Bailey & L. W. Meinhardt (Eds.), *Cacao Diseases: A History of Old Enemies and New Encounters* (pp. 137-177). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-24789-2_5
- Evans, H., Edwards, D., & Rodriguez, M. (1977). Research on cocoa diseases in Ecuador: past and present. *Pans*, 23(1), 68-80.
- Evans, H., & Prior, C. (1987). Cocoa pod diseases: causal agents and control. *Outlook on Agriculture*, 16(1), 35-41.
- Fountain, A., & Huetz, F. (2020). *Barómetro del Cacao*
- Gutiérrez, P., Juaman, F., & Aguilar, J. (2006). Protocolo estandarizado de oferta tecnológica para el cultivo del cacao en el Perú.
- Handcock, R., Swain, D., Bishop, G., Patison, K., Wark, T., Valencia, P., . . . O'Neill, C. (2009). Monitoring animal behaviour and environmental interactions using wireless sensor networks, GPS collars and satellite remote sensing. *Sensors*, 9(05), 3586-3603.
- Huerta, G., Holguín, F., Benítez, F., & Toledo, J. (2009). Epidemiología de la antracnosis [*Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz. and Sacc.] en mango (*Mangifera indica* L.) cv. Ataulfo en el Soconusco, Chiapas, México. *Revista mexicana de fitopatología*, 27(2), 93-105.
- INIAP. (2014a). *Cacao - Condiciones Agroecológicas* <http://tecnologia.iniap.gob.ec/index.php/explore-2/mcafec/rcacao>
- INIAP. (2014b). *Manejo de sombra* <http://tecnologia.iniap.gob.ec/images/rubros/contenido/cacao/sombra.pdf>
- James, R., Ray, J., Tan, Y., & Shivas, R. (2014). *Colletotrichum siamense*, *C. theobromicola* and *C. queenslandicum* from several plant species and the identification of *C. asianum* in the Northern Territory, Australia. *Australasian Plant Disease Notes*, 9, 1-6.
- Jeger, & Viljanen. (2001). The use of the area under the disease-progress curve (AUDPC) to assess quantitative disease resistance in crop cultivars. *Theoretical and Applied Genetics*, 102, 32-40.
- Krauss, U., ten Hoopen, M., Hidalgo, E., Martínez, A., Arroyo, C., García, J., . . . Sánchez, V. (2003). Manejo integrado de moniliasis (*Moniliophthora roreri*) del cacao (*Theobroma cacao*) en Talamanca, Costa Rica. *Agroforestería en las Américas v. 10 n. 37-38 p. 52-58*.

- Kugler, W., & Ivancovich, A. (2016). *Propuestas de escalas para la evaluación, a campo y en laboratorio, del “tizón foliar” y la “mancha púrpura de la semilla”, causadas por Cercopora kikuchii, en soja.* .
- Lecaro, J. (2015). Entomología asociada al dosel de *Theobroma cacao*. *Monografía Lic. Ciencias biológicas. Quito, Ecuador. Pontificia Universidad Católica del Ecuador.*
- Loor, R., Amores, F., Vasco, S., Quiroz, J., Casanova, T., Garzón, A., . . . Rodríguez, G. (2019). INIAP-EETP-800 ‘Aroma Pichilingue’, nueva variedad ecuatoriana de cacao fino de alto rendimiento. *Revista fitotecnia mexicana*, 42(2), 187-189.
- Loor, R., Sotomayor, I., Jiménez, J., Tarqui, O., Rodríguez, G., Casanova, T., & Quijano, G. (2018). INIAP-EETP-800 e INIAP-EETP-801 nuevos clones de cacao fino y de aroma con alto rendimiento. 2.
- López, D., Virginio, E., & Avelino, J. (2012). Shade is conducive to coffee rust as compared to full sun exposure under standardized fruit load conditions. *Crop Protection*, 38, 21-29.
- MAG. (2017). *Producción de cacao apunta a romper récord este año*. Retrieved 18 de mayo from
- Martínez, E., & Pérez, L. (2015). Incidencia de enfermedades fúngicas en plantaciones de cacao de las provincias orientales de Cuba. *Revista de protección vegetal*, 30(2), 87-96.
- Motisi, N., Papaix, J., & Poggi, S. (2022). The dark side of shade: How microclimates drive the epidemiological mechanisms of coffee berry disease. *Phytopathology*®, 112(6), 1235-1243.
- Parra, D., Contreras, I., & Pineda, J. (2008). Escoba de bruja del cacao en Venezuela. Centro de Investigaciones del Estado Miranda (INIA).
- Pedroza, A., & Samaniego, J. (2009). Análisis del área bajo la curva del progreso de las enfermedades (ABCPE) en patosistemas agrícolas In *Tópicos selectos de estadística aplicados a la fitosanidad* (Vol. 1, pp. 179 - 189). <https://doi.org/https://doi.org/10.13140/2.1.4475.7767>
- Pérez, L. (2018). *Moniliophthora roreri* H.C. Evans et al. and *Moniliophthora perniciosa* (Stahel) Aime: impact, symptoms, diagnosis, epidemiology and management. *Revista de protección vegetal*, 33(1), 00-00.
- Philips, W., & Cerda, R. (2009). Catalog: Cacao diseases in Central America. *Catalog: Cacao diseases in Central America*.(93).
- Phillips, W. (1993). Aspectos fitopatológicos relacionados con la sombra y con los cultivos asociados al cacao. *Seminario Regional Sombras y cultivos asociados con cacao. Turrialba. CR. CATIE*, 31-46.
- Phillips, W. (2006). La moniliasis del cacao: un enemigo que podemos y debemos vencer. En: Taller regional andino de aplicación tecnológica en el cultivo de cacao. 21-25.
- Piatio, K., Lefort, F., Subía, C., Caicedo, C., Calderón, D., Pico, J., & Norgrove, L. (2020). Effects of shade trees on robusta coffee growth, yield and quality. A meta-analysis. *Agronomy for Sustainable Development*, 40(6), 38. <https://doi.org/10.1007/s13593-020-00642-3>
- Pico, J., Díaz, A., Tinoco, L., Subía, C., & Caicedo, C. (2019). *Memorias: P7 Efecto de la Sombra Sobre la Cantidad de Inóculo de Moniliophthora roreri (Cif & Par), en el Cultivo de Cacao (Theobroma cacao L.)*
- Ploetz, R. (2016). The Impact of Diseases on Cacao Production: A Global Overview. In B. A. Bailey & L. W. Meinhardt (Eds.), *Cacao Diseases: A History of Old Enemies and New Encounters* (pp. 33-59). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-24789-2_2
- Polanco, E., & Rodríguez, A. (2015). *Identificación y manejo de la pudrición parda de la mazorca (Phytophthora sp.) en cacao*. Corpoica Editorial.
- Porras, V., & Sánchez, L. (1991). *Enfermedades del cacao*. IICA Biblioteca Venezuela.

- Puentes, Y., Menjivar, J., & Aranzazu, F. (2014). Eficiencias en el uso de nitrógeno, fósforo y potasio en clones de cacao (*Theobroma cacao* L.). *Bioagro*, 26(2), 99-106.
- Quiroz, J., & Pesantez, A. *Caracterización morfológica de clones de cacao fino y de alto rendimientos INIAP-EETP-800 e INIAP-EETP-801*.
- Rincón, N., Olarte, M., & Pérez, J. (2012). Determinación del área foliar en fotografías tomadas con una cámara web, un teléfono celular o una cámara semiprofesional. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 65(1), 6399-6405.
- Rojas, E., Rehner, S., Samuels, G., Van Bael, S., Herre, E., Cannon, P., . . . Zhang, Y. (2010). *Colletotrichum gloeosporioides* s.l. associated with *Theobroma cacao* and other plants in Panama: multilocus phylogenies distinguish host-associated pathogens from asymptomatic endophytes. *Mycologia*, 102(6), 1318-1338.
- Sánchez, F., & Garcés, F. (2012). *Moniliophthora roreri* (Cif y Par) Evans et al. en el cultivo de cacao. *Scientia Agropecuaria*, 3(3), 249-258. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2012.03.06>
- Santo, R., Toledo, A., Goncalves, M., Lourenco, S., & Amiorim, L. (2020). *Guia de Diagnose para aulas praticas de Fitopatologia*.
- SENASICA. (2019). Escoba de bruja del cacao (*Moniliophthora perniciosa*) (Vol. Ficha técnica No. 04.).
- Smith, E. (1981). The interrelationships between shade types and cocoa pest and disease problems in Papua New Guinea. 7. International Cocoa Research Conference. Proceedings, Douala, Cameroon, 4 12 Nov 1979.,
- Sotomayor, C., Tarqui, F., Peña, M., Puyutaxi, F., Solorzano, R., Mendoza, T., & Motamayor, J. (2017). Selección de genotipos de cacao (*Theobroma cacao* L.) de alto rendimiento y con tolerancia a las principales enfermedades que afectan al cultivo en Ecuador.
- Souza, P., Moreira, L., Sarmiento, D., & Costa, F. (2018). Cacao—*Theobroma cacao*. In S. Rodrigues, E. de Oliveira Silva, & E. S. de Brito (Eds.), *Exotic Fruits* (pp. 69-76). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803138-4.00010-1>
- Suárez, C., Moreira, M., & Vera, J. (1994). *Manual del cultivo de cacao*. Retrieved 25 de mayo from <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/1621>
- Surujdeo, S., Sreenivasan, T., Motilal, L., & Umaharan, P. (2016). Black Pod and Other *Phytophthora* Induced Diseases of Cacao: History, Biology, and Control. In B. A. Bailey & L. W. Meinhardt (Eds.), *Cacao Diseases: A History of Old Enemies and New Encounters* (pp. 213-266). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-24789-2_7
- Thomazella, D., Teixeira, P., Oliveira, H., Saviani, E., Rincones, J., Toni, I., . . . Salgado, I. (2012). The hemibiotrophic cacao pathogen *Moniliophthora perniciosa* depends on a mitochondrial alternative oxidase for biotrophic development. *New Phytologist*, 194(4), 1025-1034.
- Thorold, A. (1975). *Diseases of Cocoa*. Oxford: Clarendon.
- UNL. (2021). *Estación Experimental El Padmi* <https://unl.edu.ec/investigacion/estacion-experimental-el-padmi>
- Weir, B., Johnston, P., & Damm, U. (2012). The *Colletotrichum gloeosporioides* species complex. *Studies in mycology*, 73, 115-180.
- World, L. (2013). *Aprendiendo e innovando sobre el cacao en sistemas agroforestales* (Vol. Guía 1).
- Wood, G., & Lass, R. (2008). *Cocoa*. John Wiley & Sons.
- Zapata, Y., Izquierdo, L., Botina, B., & Beltrán, C. (2021). Efficacy of microbial antagonists and chitin in the control of *Colletotrichum gloeosporioides* in postharvest of mango cv. Azúcar. *Revista mexicana de fitopatología*, 39(2), 248-265.

Zhang, D., & Motilal, L. (2016). Origin, Dispersal, and Current Global Distribution of Cacao Genetic Diversity. In B. A. Bailey & L. W. Meinhardt (Eds.), *Cacao Diseases: A History of Old Enemies and New Encounters* (pp. 3-31). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-24789-2_1

11. Anexos

Anexo 1. Evidencia Fotográficas



Figura 8. Ensayo de cacao con todos los tratamientos establecidos en Estación Experimental El Padmi.



Figura 9. Observación de síntomas de antracnosis en frutos de cacao.



Figura 10. Elaboración de montajes en el laboratorio de biotecnología.



Figura 11. Observación bajo microscopio de los montajes realizados.

Anexo 2. Evaluación de Intensidad de la enfermedad.

Tabla 3. Evaluación de Incidencia de *Colletotrichum* cada 15 días durante 105 días.

Incidencia										
Trata- miento	Clon	Sombra %	1	15	30	45	60	75	90	105
T1	CCN-51	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
T1	CCN-51	0	0,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00
T1	CCN-51	0	20,00	20,00	40,00	40,00	25,00	25,00	25,00	25,00
T2	CCN-51	35	0,00	0,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00
T2	CCN-51	35	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
T2	CCN-51	35	20,00	20,00	40,00	40,00	25,00	25,00	25,00	25,00
T3	CCN-51	80	20,00	20,00	40,00	40,00	25,00	25,00	25,00	25,00
T3	CCN-51	80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
T3	CCN-51	80	20,00	40,00	40,00	40,00	25,00	25,00	25,00	25,00
T4	EETP-800	0	53,85	69,23	69,23	69,23	55,56	55,56	55,56	55,56
T4	EETP-800	0	53,85	61,54	61,54	61,54	63,64	63,64	63,64	63,64
T4	EETP-800	0	61,54	61,54	69,23	69,23	50,00	50,00	50,00	50,00
T4	EETP-800	0	53,33	60,00	60,00	66,67	54,55	54,55	54,55	54,55
T4	EETP-800	0	58,33	66,67	66,67	75,00	57,14	57,14	57,14	57,14
T5	EETP-800	35	53,85	61,54	61,54	61,54	44,44	44,44	44,44	44,44
T5	EETP-800	35	71,43	78,57	78,57	78,57	66,67	66,67	66,67	66,67
T5	EETP-800	35	60,00	60,00	66,67	73,33	66,67	66,67	66,67	66,67
T5	EETP-800	35	66,67	66,67	66,67	66,67	58,33	58,33	58,33	58,33
T5	EETP-800	35	61,54	61,54	61,54	61,54	54,55	54,55	54,55	54,55
T6	EETP-800	80	58,33	66,67	75,00	75,00	57,14	57,14	57,14	57,14
T6	EETP-800	80	66,67	66,67	73,33	73,33	63,64	63,64	63,64	63,64
T6	EETP-800	80	62,50	62,50	68,75	75,00	63,64	63,64	63,64	63,64
T6	EETP-800	80	71,43	71,43	71,43	71,43	55,56	55,56	55,56	55,56
T6	EETP-800	80	60,00	60,00	66,67	66,67	55,56	55,56	55,56	55,56
T7	EETP-801	0	61,11	61,11	61,11	66,67	53,85	53,85	53,85	53,85
T7	EETP-801	0	65,00	65,00	65,00	70,00	64,29	64,29	64,29	64,29
T7	EETP-801	0	72,22	72,22	72,22	72,22	61,54	61,54	61,54	61,54
T7	EETP-801	0	61,90	61,90	61,90	66,67	58,82	58,82	58,82	58,82
T7	EETP-801	0	71,43	71,43	71,43	76,19	68,75	68,75	68,75	68,75
T8	EETP-801	35	63,64	63,64	68,18	72,73	64,71	64,71	64,71	64,71
T8	EETP-801	35	72,22	72,22	72,22	72,22	64,29	64,29	64,29	64,29
T8	EETP-801	35	57,89	63,16	63,16	68,42	57,14	57,14	57,14	57,14
T8	EETP-801	35	62,50	62,50	62,50	62,50	58,33	58,33	58,33	58,33
T8	EETP-801	35	56,25	56,25	56,25	62,50	53,85	53,85	53,85	53,85

T9	EETP-801	80	68,42	73,68	78,95	78,95	66,67	63,64	63,64	63,64
T9	EETP-801	80	73,68	73,68	78,95	78,95	71,43	71,43	71,43	71,43
T9	EETP-801	80	55,56	61,11	66,67	72,22	61,54	66,67	66,67	66,67
T9	EETP-801	80	66,67	71,43	71,43	76,19	73,33	73,33	73,33	73,33
T9	EETP-801	80	66,67	72,22	77,78	77,78	69,23	69,23	69,23	69,23

Tabla 4. Evaluación de Severidad de *Colletotrichum* cada 15 días durante 105 días.

Severidad										
Tratamiento	Clon	Sombra %	1	15	30	45	60	75	90	105
T1	CCN-51	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
T1	CCN-51	0	0,00	4,00	8,00	12,00	16,00	16,00	16,00	20,00
T1	CCN-51	0	8,00	12,00	20,00	28,00	15,00	15,00	20,00	20,00
T2	CCN-51	35	0,00	0,00	4,00	8,00	12,00	12,00	16,00	16,00
T2	CCN-51	35	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
T2	CCN-51	35	8,00	12,00	20,00	28,00	15,00	15,00	20,00	25,00
T3	CCN-51	80	8,00	12,00	20,00	28,00	15,00	15,00	20,00	25,00
T3	CCN-51	80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
T3	CCN-51	80	8,00	16,00	24,00	32,00	20,00	20,00	25,00	25,00
T4	EETP-800	0	43,08	53,85	55,38	58,46	42,22	42,22	42,22	44,44
T4	EETP-800	0	44,62	46,15	49,23	53,85	41,82	41,82	41,82	41,82
T4	EETP-800	0	44,62	47,69	53,85	60,00	37,50	37,50	37,50	37,50
T4	EETP-800	0	45,33	48,00	49,33	52,00	36,36	36,36	38,18	40,00
T4	EETP-800	0	53,33	55,00	58,33	63,33	40,00	40,00	40,00	40,00
T5	EETP-800	35	36,92	41,54	44,62	49,23	26,67	26,67	31,11	31,11
T5	EETP-800	35	57,14	60,00	61,43	65,71	46,67	46,67	46,67	48,89
T5	EETP-800	35	34,67	37,33	40,00	46,67	36,67	36,67	36,67	38,33
T5	EETP-800	35	40,00	42,67	45,33	48,00	36,67	36,67	38,33	38,33
T5	EETP-800	35	32,31	33,85	35,38	40,00	29,09	29,09	30,91	32,73
T6	EETP-800	80	53,33	55,00	60,00	60,00	34,29	37,14	40,00	40,00
T6	EETP-800	80	40,00	42,67	48,00	48,00	29,09	30,91	34,55	34,55
T6	EETP-800	80	48,75	50,00	52,50	61,25	43,64	47,27	47,27	49,09
T6	EETP-800	80	42,86	45,71	50,00	60,00	37,78	40,00	40,00	40,00
T6	EETP-800	80	37,33	40,00	45,33	57,33	31,11	42,22	42,22	44,44
T7	EETP-801	0	36,67	38,89	40,00	48,89	30,77	30,77	32,31	33,85
T7	EETP-801	0	42,00	43,00	45,00	51,00	31,43	31,43	31,43	34,29
T7	EETP-801	0	47,78	48,89	50,00	53,33	36,92	36,92	38,46	38,46
T7	EETP-801	0	40,00	40,00	39,05	44,76	29,41	29,41	29,41	31,76
T7	EETP-801	0	47,62	49,52	51,43	53,33	38,75	38,75	38,75	38,75
T8	EETP-801	35	40,00	40,91	43,64	47,27	34,12	34,12	34,12	34,12
T8	EETP-801	35	47,78	50,00	52,22	55,56	42,86	42,86	42,86	44,29
T8	EETP-801	35	41,05	43,16	43,16	51,58	35,71	35,71	35,71	40,00
T8	EETP-801	35	37,50	40,00	42,50	47,50	31,67	31,67	31,67	31,67
T8	EETP-801	35	27,50	30,00	33,75	42,50	30,77	30,77	33,85	35,38
T9	EETP-801	80	42,11	43,16	50,53	61,05	38,33	43,64	43,64	45,45

T9	EETP-801	80	41,05	43,16	48,42	48,42	30,00	37,14	38,57	44,29
T9	EETP-801	80	40,00	43,33	46,67	54,44	36,92	40,00	41,33	41,33
T9	EETP-801	80	45,71	47,62	49,52	54,29	40,00	41,33	44,00	46,67
T9	EETP-801	80	43,33	45,56	51,11	56,67	43,08	47,69	47,69	49,23

Tabla 5. Cálculos del Área Bajo la Curva del Progreso de la Enfermedad (ABCPE)

Área Bajo la Curva del Progreso de la Enfermedad (ABCPE)										
Trata- miento	Clon	Som- bra %	15	30	45	60	75	90	105	ABCPE
T1	CCN-51	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
T1	CCN-51	0	30,00	90,00	150,00	210,00	240,00	240,00	270,00	1 230,00
T1	CCN-51	0	150,00	240,00	360,00	322,50	225,00	262,50	300,00	1 860,00
T2	CCN-51	35	0,00	30,00	90,00	150,00	180,00	210,00	240,00	900,00
T2	CCN-51	35	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
T2	CCN-51	35	150,00	240,00	360,00	322,50	225,00	262,50	337,50	1 897,50
T3	CCN-51	80	150,00	240,00	360,00	322,50	225,00	262,50	337,50	1 897,50
T3	CCN-51	80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
T3	CCN-51	80	180,00	300,00	420,00	390,00	300,00	337,50	375,00	2 302,50
T4	EETP-800	0	726,92	819,23	853,85	755,13	633,33	633,33	650,00	5 071,79
T4	EETP-800	0	680,77	715,38	773,08	717,48	627,27	627,27	627,27	4 768,53
T4	EETP-800	0	692,31	761,54	853,85	731,25	562,50	562,50	562,50	4 726,44
T4	EETP-800	0	700,00	730,00	760,00	662,73	545,45	559,09	586,36	4 543,64
T4	EETP-800	0	812,50	850,00	912,50	775,00	600,00	600,00	600,00	5 150,00
T5	EETP-800	35	588,46	646,15	703,85	569,23	400,00	433,33	466,67	3 807,69
T5	EETP-800	35	878,57	910,71	953,57	842,86	700,00	700,00	716,67	5 702,38
T5	EETP-800	35	540,00	580,00	650,00	625,00	550,00	550,00	562,50	4 057,50
T5	EETP-800	35	620,00	660,00	700,00	635,00	550,00	562,50	575,00	4 302,50
T5	EETP-800	35	496,15	519,23	565,38	518,18	436,36	450,00	477,27	3 462,59
T6	EETP-800	80	812,50	862,50	900,00	707,14	535,71	578,57	600,00	4 996,43
T6	EETP-800	80	620,00	680,00	720,00	578,18	450,00	490,91	518,18	4 057,27
T6	EETP-800	80	740,63	768,75	853,13	786,65	681,82	709,09	722,73	5 262,78
T6	EETP-800	80	664,29	717,86	825,00	733,33	583,33	600,00	600,00	4 723,81
T6	EETP-800	80	580,00	640,00	770,00	663,33	550,00	633,33	650,00	4 486,67
T7	EETP-801	0	566,67	591,67	666,67	597,44	461,54	473,08	496,15	3 853,21
T7	EETP-801	0	637,50	660,00	720,00	618,21	471,43	471,43	492,86	4 071,43
T7	EETP-801	0	725,00	741,67	775,00	676,92	553,85	565,38	576,92	4 614,74
T7	EETP-801	0	600,00	592,86	628,57	556,30	441,18	441,18	458,82	3 718,91
T7	EETP-801	0	728,57	757,14	785,71	690,63	581,25	581,25	581,25	4 705,80
T8	EETP-801	35	606,82	634,09	681,82	610,43	511,76	511,76	511,76	4 068,45
T8	EETP-801	35	733,33	766,67	808,33	738,10	642,86	642,86	653,57	4 985,71
T8	EETP-801	35	631,58	647,37	710,53	654,70	535,71	535,71	567,86	4 283,46
T8	EETP-801	35	581,25	618,75	675,00	593,75	475,00	475,00	475,00	3 893,75
T8	EETP-801	35	431,25	478,13	571,88	549,52	461,54	484,62	519,23	3 496,15

T9	EETP-801	80	639,47	702,63	836,84	745,39	614,77	654,55	668,18	4 861,84
T9	EETP-801	80	631,58	686,84	726,32	588,16	503,57	567,86	621,43	4 325,75
T9	EETP-801	80	625,00	675,00	758,33	685,26	576,92	610,00	620,00	4 550,51
T9	EETP-801	80	700,00	728,57	778,57	707,14	610,00	640,00	680,00	4 844,29
T9	EETP-801	80	666,67	725,00	808,33	748,08	680,77	715,38	726,92	5 071,15

Tabla 6. Tasa de Progreso de la Enfermedad (TPE)

Tasa de Progreso de la Enfermedad (TPE)				
Tratamiento	Clon	Sombra %	TPE 1 - 45	TPE 60 - 105
T1	CCN-51	0	0,00	0,00
T1	CCN-51	0	0,00	0,08
T1	CCN-51	0	0,17	0,09
T2	CCN-51	35	0,00	0,09
T2	CCN-51	35	0,00	0,00
T2	CCN-51	35	0,17	0,11
T3	CCN-51	80	0,17	0,11
T3	CCN-51	80	0,00	0,00
T3	CCN-51	80	0,18	0,09
T4	EETP-800	0	0,11	0,07
T4	EETP-800	0	0,09	0,07
T4	EETP-800	0	0,11	0,07
T4	EETP-800	0	0,08	0,08
T4	EETP-800	0	0,09	0,07
T5	EETP-800	35	0,10	0,08
T5	EETP-800	35	0,09	0,07
T5	EETP-800	35	0,10	0,07
T5	EETP-800	35	0,09	0,07
T5	EETP-800	35	0,09	0,08
T6	EETP-800	80	0,08	0,08
T6	EETP-800	80	0,09	0,08
T6	EETP-800	80	0,10	0,08
T6	EETP-800	80	0,11	0,07
T6	EETP-800	80	0,12	0,10
T7	EETP-801	0	0,10	0,08
T7	EETP-801	0	0,09	0,08
T7	EETP-801	0	0,08	0,07
T7	EETP-801	0	0,08	0,07
T7	EETP-801	0	0,08	0,07
T8	EETP-801	35	0,09	0,07
T8	EETP-801	35	0,09	0,07
T8	EETP-801	35	0,09	0,08
T8	EETP-801	35	0,09	0,07
T8	EETP-801	35	0,11	0,08

T9	EETP-801	80	0,12	0,09
T9	EETP-801	80	0,09	0,11
T9	EETP-801	80	0,11	0,08
T9	EETP-801	80	0,09	0,08
T9	EETP-801	80	0,10	0,08

Anexo 3. Media y Desviación estándar

Tabla 7. Incidencia de *Colletotrichum* en los tres clones de cacao bajos los diferentes niveles de sombra.

Tratamiento	1	15	30	45	60	75	90	105
CCN-51 - 0	6,67 ± 6,67 b	13,33 ± 6,67 b	20,00 ± 11,55 b	20,00 ± 11,55 b	15,00 ± 7,64 b	15,00 ± 7,64 b	15,00 ± 7,64 b	15,00 ± 7,64 b
CCN-51 - 35	6,67 ± 6,67 b	6,67 ± 6,67 b	20,00 ± 11,55 b	20,00 ± 11,55 b	15,00 ± 7,64 b	15,00 ± 7,64 b	15,00 ± 7,64 b	15,00 ± 7,64 b
CCN-51 - 80	13,33 ± 6,67 b	20,00 ± 11,55 b	26,67 ± 13,33 b	26,67 ± 13,33 b	16,67 ± 8,33 b	16,67 ± 8,33 b	16,67 ± 8,33 b	16,67 ± 8,33 b
EETP-800 - 0	56,18 ± 2,09 a	63,80 ± 2,28 a	65,33 ± 2,50 a	68,33 ± 2,81 a	56,18 ± 2,85 a	56,18 ± 2,85 a	56,18 ± 2,85 a	56,18 ± 2,85 a
EETP-800 - 35	62,70 ± 3,86 a	65,66 ± 4,41 a	67,00 ± 4,02 a	68,33 ± 4,33 a	58,13 ± 5,37 a	58,13 ± 5,37 a	58,13 ± 5,37 a	58,13 ± 5,37 a
EETP-800 - 80	63,79 ± 3,06 a	65,45 ± 2,53 a	71,04 ± 1,95 a	72,29 ± 2,00 a	59,11 ± 2,42 a	59,11 ± 2,42 a	59,11 ± 2,42 a	59,11 ± 2,42 a
EETP-801 - 0	66,33 ± 3,02 a	66,33 ± 3,02 a	66,33 ± 3,02 a	70,35 ± 2,33 a	61,45 ± 3,24 a	61,45 ± 3,24 a	61,45 ± 3,24 a	61,45 ± 3,24 a
EETP-801 - 35	62,50 ± 3,61 a	63,55 ± 3,29 a	64,46 ± 3,50 a	67,67 ± 2,89 a	59,66 ± 2,72 a	59,66 ± 2,72 a	59,66 ± 2,72 a	59,66 ± 2,72 a
EETP-801 - 80	66,20 ± 3,82 a	70,42 ± 3,06 a	74,76 ± 3,17 a	76,82 ± 1,62 a	68,44 ± 2,65 a	68,44 ± 2,21 a	68,44 ± 2,21 a	68,44 ± 2,21 a

Datos expresados como medias ± error estándar con letras distintas dentro difieren significativamente de acuerdo al test de Tukey (< 0,05).

Evaluaciones realizas cada 15 días.

Tabla 8. Severidad de *Colletotrichum* de los tres clones de cacao bajos los diferentes niveles de sombra.

Tratamiento	1	15	30	45	60	75	90	105
CCN-51 - 0	2,67 ± 2,67 b	5,33 ± 3,53 b	9,33 ± 5,81 b	13,33 ± 8,11 b	10,33 ± 5,17 b	10,33 ± 5,17 b	12,00 ± 6,11 b	13,33 ± 6,67 b
CCN-51 - 35	2,67 ± 2,67 b	4,00 ± 4,00 b	8,00 ± 6,11 b	12,00 ± 8,33 b	9,00 ± 4,58 b	9,00 ± 4,58 b	12,00 ± 6,11 b	13,67 ± 7,31 b
CCN-51 - 80	5,33 ± 2,67 b	9,33 ± 4,81 b	14,67 ± 7,42 b	20,00 ± 10,07 b	11,67 ± 6,01 b	11,67 ± 6,01 b	15,00 ± 7,64 b	16,67 ± 8,33 b
EETP-800 - 0	46,20 ± 2,35 a	50,14 ± 2,31 a	53,22 ± 2,28 a	57,53 ± 2,66 a	39,58 ± 1,50 a	39,58 ± 1,50 a	39,94 ± 1,22 a	40,75 ± 1,49 a
EETP-800 - 35	40,21 ± 5,71 a	43,08 ± 5,82 a	45,35 ± 5,68 a	49,92 ± 5,50 a	35,15 ± 4,53 a	35,15 ± 4,53 a	36,74 ± 3,73 a	37,88 ± 4,02 a
EETP-800 - 80	44,45 ± 3,77 a	46,68 ± 3,44 a	51,17 ± 3,23 a	57,32 ± 3,12 a	35,18 ± 3,33 a	39,51 ± 3,51 a	40,81 ± 2,65 a	41,62 ± 3,15 a
EETP-801 - 0	42,81 ± 2,80 a	44,06 ± 2,85 a	45,10 ± 3,25 a	50,26 ± 2,07 a	33,46 ± 2,38 a	33,46 ± 2,38 a	34,07 ± 2,47 a	35,42 ± 1,77 a
EETP-801 - 35	38,77 ± 4,25 a	40,81 ± 4,16 a	43,05 ± 3,78 a	48,88 ± 2,84 a	35,03 ± 2,77 a	35,03 ± 2,77 a	35,64 ± 2,47 a	37,09 ± 2,91 a
EETP 801 - 80	42,44 ± 1,28 a	44,57 ± 1,15 a	49,25 ± 1,02 a	54,97 ± 2,64 a	37,67 ± 2,81 a	41,96 ± 2,29 a	43,05 ± 1,95 a	45,39 ± 1,68 a

Datos expresados como medias ± error estándar con letras distintas dentro difieren significativamente de acuerdo al test de Tukey (< 0,05).

Evaluaciones realizas cada 15 días.

Tabla 9. Media y Desviación estándar del Área Bajo la Curva del Progreso de la Enfermedad (ABCPE) y Tasa del Progreso de la Enfermedad (TPE)

Tratamientos	ABCPE	TPE 11 - 45	TPE 60 - 105
CCN-51 - 0	1 030,00 ± 546,17 b	0,04 ± 0,04 a	0,05 ± 0,02 a
CCN-51 - 35	932,50 ± 548,00 b	0,04 ± 0,04 a	0,05 ± 0,02 a
CCN-51 - 80	1 400,00 ± 709,70 b	0,09 ± 0,04 a	0,05 ± 0,02 a
EETP-800 - 0	4 852,08 ± 112,90 a	0,10 ± 0,01 a	0,07 ± 0,00 a
EETP-800 - 35	4 266,53 ± 383,94 a	0,09 ± 0,01 a	0,07 ± 0,00 a
EETP-800 - 80	4 705,39 ± 207,80 a	0,10 ± 0,01 a	0,07 ± 0,00 a
EETP-801 - 0	4 192,82 ± 199,48 a	0,08 ± 0,00 a	0,07 ± 0,00 a
EETP-801 - 35	4 145,50 ± 246,57 a	0,08 ± 0,01 a	0,07 ± 0,00 a
EETP-801 - 80	4 730,71 ± 130,85 a	0,10 ± 0,00 a	0,07 ± 0,00 a

Datos expresados como medias ± error estándar con letras distintas dentro difieren significativamente de acuerdo al test de Tukey ($< 0,05$).

Clones de cacao CCN-51, EETP-800 y EETP-801, con intensidades de sombra de 0 %, 35 % y 80 %. Tasa de progreso de la enfermedad (TPE), calculado de 11 a 45 días y de 60 a 105 días.

Anexo 4. Datos de interpolación

Tabla 10. Datos de incidencia interpolados de días 60 al 105.

Incidencia					
Tratamiento	Ecuación	60	75	90	105
CCN 51 - 0	$3,25 * \ln(\text{día}) + 10,69$	24,00	24,72	25,31	25,82
CCN 51 - 35	$4,47 * \ln(\text{día}) + 8,24$	26,54	27,54	28,35	29,04
CCN 51 - 80	$4,20 * \ln(\text{día}) + 13,10$	30,30	31,23	32,00	32,65
EETP 800 - 0	$3,78 * \ln(\text{día}) + 59,92$	75,40	76,24	76,93	77,51
EETP 800 - 35	$3,81 * \ln(\text{día}) + 62,36$	77,96	78,81	79,50	80,09
EETP 800 - 80	$3,73 * \ln(\text{día}) + 65,64$	80,91	81,74	82,42	83,00
EETP 801 - 0	$3,05 * \ln(\text{día}) + 67,03$	79,52	80,20	80,75	81,22
EETP 801 - 35	$2,23 * \ln(\text{día}) + 63,35$	72,48	72,98	73,38	73,73
EETP 801 - 80	$3,46 * \ln(\text{día}) + 67,71$	81,88	82,65	83,28	83,81

Tabla 11. Datos de severidad interpolados del día 60 a 105.

Severidad					
Tratamiento	Ecuación	60	75	90	105
CCN 51 - 0	$3,52 * \ln(\text{día}) + 3,07$	17,48	18,27	18,91	19,45
CCN 51 - 35	$3,01 * \ln(\text{día}) + 2,15$	14,47	15,15	15,69	16,16
CCN 51 - 80	$3,49 * \ln(\text{día}) + 7,01$	21,30	22,08	22,71	23,25
EETP 800 - 0	$3,20 * \ln(\text{día}) + 48,83$	61,93	62,65	63,23	63,72
EETP 800 - 35	$3,03 * \ln(\text{día}) + 42,26$	54,67	55,34	55,89	56,36
EETP 800 - 80	$3,37 * \ln(\text{día}) + 47,84$	61,64	62,39	63,00	63,52
EETP 801 - 0	$2,26 * \ln(\text{día}) + 44,91$	54,16	54,67	55,08	55,43
EETP 801 - 35	$3,76 * \ln(\text{día}) + 35,53$	50,92	51,76	52,45	53,03
EETP 801 - 80	$3,62 * \ln(\text{día}) + 44,36$	59,18	59,99	60,65	61,21

Anexo 5. Certificado de traducción del Abstract

CERTIFICADO DEL RESUMEN

Yo, **Maholy Katherine Morocho Merino**, portadora de la cedula de Identidad N°:1104677131. Licenciada en Ciencias de la Educación Especialidad Idioma Inglés. Certifico la traducción al idioma inglés el resumen de la tesis denominada: "**Evaluación de enfermedades fungosas en tres clones de cacao bajo diferentes niveles de sombra en la Estación Experimental El Padmi**", perteneciente a la señorita **Damary Viviana Carpio Balcázar**, esta corresponde al texto original en español.

A la parte interesada muy atentamente,



Maholy Katherine Morocho Merino

Licenciada en Ciencias de la Educación Especialidad Idioma Inglés
Registro N° 1008-2016-1695982 SENECYT.