



Universidad
Nacional
de Loja

Universidad Nacional de Loja

Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables

Carrera de Agronomía

“EFECTO DE DOS NIVELES DE SOMBRA Y DOS NIVELES DE ENCALADO
SOBRE LAS VARIABLES PRODUCTIVAS EN EL CACAO CLON CCN-51 EN LA
PROVINCIA DE ZAMORA CHINCHIPE”

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

AUTOR:

Maryuri Lizeth Gallardo Avendaño

DIRECTOR:

Ing. Marlene Lorena Molina Muller PhD.

Loja – Ecuador

2024

Certificación

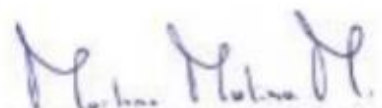
Loja, 24 de febrero del 2023

Ing. Marlene Lorena Molina Müller PhD.

DIRECTORA DEL TRABAJO DE TITULACION

C E R T I F I C O:

Que he revisado y orientado todo el proceso de elaboración del Trabajo de Titulación denominado: **EFECTO DE DOS NIVELES DE SOMBRA Y DOS NIVELES DE ENCALADO SOBRE LAS VARIABLES PRODUCTIVAS EN EL CACAO CLON CCN-51 EN LA PROVINCIA DE ZAMORA CHINCHIPE**, previo a la obtención del título de Ingeniería Agrónoma de la autoría de la estudiante **Maryuri Lizeth Gallardo Avendaño**, con cedula de identidad Nro. **1718440413**. Una vez que el trabajo cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Nacional de Loja, apruebo y autorizo su presentación para los tramites de titulación




Ing. Marlene Lorena Molina Müller PhD.

DIRECTORA DEL TRABAJO DE TITULACION

Autoría

Yo, **Maryuri Lizeth Gallardo Avendaño**, declaro ser la autora del presente Trabajo de Titulación y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes Jurídicos, de posibles reclamos o acciones legales por el contenido de la misma. 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: 1718440413

Fecha: 20 de mayo del 2024

Correo electrónico: maryuri.gallardo@unl.edu.ec

Teléfono: 0991621082

Carta de autorización por parte del autor, para consulta, reproducción parcial o total y publicación electrónica del texto completo, del Trabajo de titulación.

Yo, **Maryuri Lizeth Gallardo Avendaño**, declaro ser la autora del Trabajo de Titulación denominado: **“EFECTO DE DOS NIVELES DE SOMBRA Y DOS NIVELES DE ENCALADO SOBRE LAS VARIABLES PRODUCTIVAS EN EL CACAO CLON CCN-51 EN LA PROVINCIA DE ZAMORA CHINCHIPE”**, 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 Digital 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, suscribo, en la ciudad de Loja, al día veintiuno de mayo del dos mil veinticuatro.

Firma:



Autora: Maryuri Lizeth Gallardo Avendaño

Cédula: 1718440413

Dirección: Loja, El Rosal

Correo electrónico: maryuri.gallardo@unl.edu.ec

Teléfono: 0991621082

DATOS COMPLEMENTARIOS

Directora de Trabajo de Titulación: Ing. Marlene Lorena Molina Müller PhD.

Dedicatoria

Dedico mi presente trabajo de investigación a Dios por haberme acompañado en toda mi trayectoria universitaria y ayudarme en los momentos de debilidad.

A mis padres, Mayda Avendaño y Luis Gallardo que me apoyaron siempre dando ánimos en los momentos más difíciles, que con esfuerzo permitieron que alcance este logro.

Maryuri Lizeth Gallardo Avendaño.

Agradecimiento

A mis padres Mayda y Luis, que son el motor que impulsan mis sueños y esperanzas, que siempre estuvieron a mi lado en los días y noches en las etapas más difíciles de mis estudios, siempre serán mis mejores guías de mi vida.

Hermanos, amigos y compañeros que, no puedo dejar de recordar cuantas tardes y horas de estudio nos juntamos a lo largo de nuestra formación académica.

A la Universidad Nacional de Loja y en especial a la Carrera de Ingeniería Agronómica por formarme académica y profesionalmente; a los docentes por sus palabras sabias y precisas, les debo mis conocimientos, y un profundo agradecimiento a la Dra. Marlene Molina por su paciencia, por compartir sus conocimientos de manera profesional e invaluable, por su dedicación perseverancia y tolerancia también, al personal y directivos de la Estación Experimental “El Padmi”, por haberme abierto las puertas para realizar el ensayo del trabajo de titulación.

Maryuri Lizeth Gallardo Avendaño.

Índice de contenidos

Portada.....	i
Certificación del trabajo de titulación	ii
Autoría	iii
Carta de autorización.....	iv
Dedicatoria.....	v
Agradecimiento	vii
Índice de contenidos.....	viii
Índice de Tablas.....	viii
Índice de figuras	ix
Índice de anexos.....	x
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
4.1.1. Origen y Distribución Geográfica	6
4.1.2. Taxonomía y Morfología.....	6
4.2. Condiciones Climáticas.....	7
4.3. Sombra en el cacao clon CCN-51	8
4.3.1. Niveles de sombra.....	8
4.3.2. Luminosidad	8
4.4. Propiedades físicas del suelo encalado	9
4.4.1. Encalado.....	9
4.4.2. Modificación al aplicar encalado en suelo-planta	9
4.4.3. Niveles de encalado.....	10
4.4.4. Fuente de absorción	10
4.5. Cacao clon CCN -51	10
4.6. Producción del cacao clon CCN-51.....	10
4.7. Manejo agronómico del cacao	11
5. Metodología.....	11
5.1. Ubicación.....	11
5.2. Diseño Experimental	12
5.2.1. Modelo Matemático.....	12

5.3.	Metodología general.....	14
5.4.	Metodología por Objetivos	14
5.4.1.	Metodología para el primer objetivo: “Analizar la reacción de distintos niveles de sombra y encalado en el crecimiento y desarrollo morfológico del cacao CCN51”.....	14
5.4.2.	Metodología para el segundo objetivo: “Evaluar las variables de producción en cacao CCN51”.....	15
5.5.	Análisis estadístico.....	17
6.	Resultados.....	17
6.1.	Resultado para el primer objetivo	17
6.1.1.	Sección Transversal del Tronco (cm).....	17
6.1.2.	Diámetro copa	18
6.1.3.	Índice del área foliar	19
6.1.4.	pH del suelo.....	20
6.1.5.	Conductividad eléctrica	21
6.1.6.	Índice de Clorofila SPAD.....	22
6.1.7.	TCA (tasa de crecimiento absoluta).....	23
6.2.	Resultado para el segundo objetivo	24
6.2.1.	Acidez del mucilago del cacao (pH)	24
6.2.2.	Grados brix del mucilago del cacao	25
6.2.3.	Contenido de Grasa en la Almendra.....	26
6.2.4.	Ceniza.....	27
6.2.5.	Humedad de la Almendra.....	28
6.2.6.	Número de Semillas.....	28
6.2.7.	Rendimiento almendra seca.....	29
7.	Discusión.....	31
8.	Conclusiones.....	36
9.	Recomendaciones.....	37
10.	Bibliografía.....	38
11.	Anexos.....	42

Índice de Tablas

Tabla 1: Tratamientos	13
-----------------------------	----

Índice de figuras

Figura 1. Mapa del sitio donde se llevará a cabo el proyecto	12
Figura 2. Delineamiento del diseño experimental para la evaluación de dos niveles de sombra y dos niveles de encalado sobre las variables productivas en el cacao clon CCN-51	13
Figura 3. Sección transversal del tronco (STT) (cm), al inicio y al final de la evaluación de la investigación. No se encontraron diferencias significativas ($p > 0,05$). T1 (control 0% sombra y 0% encalado), T2 (0% sombra y 100% encalado), T3 (80% sombra y 0% encalado), T4 (80% sombra y 100% encalado).	18
Figura 4. Diámetro de Copa (cm), a los 0 y 111 días de la evaluación de la investigación. No se encontraron diferencias significativas ($p > 0,05$). T1 (control 0% sombra y 0% encalado), T2 (0% sombra y 100% encalado), T3 (80% sombra y 0% encalado), T4 (80% sombra y 100% encalado). ..	19
Figura 5. Índice de Área Foliar a los 111 días después de la aplicación de los tratamientos, no existen diferencias significativas ($p > 0,05$). T1 (control 0% sombra y 0% encalado), T2 (0% sombra y 100% encalado), T3 (80% sombra y 0% encalado), T4 (80% sombra y 100% encalado).	20
Figura 6. Dinámica del pH en el suelo en el cultivo de cacao clon CCN51, durante la fase de aplicación de tratamientos, no se encontraron diferencias significativas ($p > 0,05$). T1 (control 0% sombra y 0% encalado), T2 (0% sombra y 100% encalado), T3 (80% sombra y 0% encalado), T4 (80% sombra y 100% encalado).	21
Figura 7. Dinámica de la conductividad eléctrica del suelo en el cultivo de cacao clon CCN51, durante la fase de aplicación de tratamientos, no se encontraron diferencias significativas ($p > 0,05$). T1 (control 0% sombra y 0% encalado), T2 (0% sombra y 100% encalado), T3 (80% sombra y 0% encalado), T4 (80% sombra y 100% encalado).	22
Figura 8. Concentración de clorofila total, contenida en hojas de cacao clon CCN51, a los 111 días después de la aplicación de los tratamientos, no se encontraron diferencias significativas ($p > 0,05$). T1 (control 0% sombra y 0% encalado), T2 (0% sombra y 100% encalado), T3 (80% sombra y 0% encalado), T4 (80% sombra y 100% encalado).	23
Figura 9. Tasa de Crecimiento Absoluto en los tratamientos y el control. T1 (control 0% sombra y 0% encalado), T2 (0% sombra y 100% encalado), T3 (80% sombra y 0% encalado), T4 (80% sombra y 100% encalado).	24
Figura 10. Análisis de la Acidez de la almendra del cacao clon CCN-51. T1 (control 0% sombra y 0% encalado), T2 (0% sombra y 100% encalado), T3 (80% sombra y 0% encalado), T4 (80% sombra y 100% encalado).	25
Figura 11. Grados Brix en cada tratamiento del Cacao clon CCN-51. T1 (control 0% sombra y 0% encalado), T2 (0% sombra y 100% encalado), T3 (80% sombra y 0% encalado), T4 (80% sombra y 100% encalado).	26
Figura 12. Porcentaje de grasa por tratamiento en cacao clonCCN-51. T1 (control 0% sombra y 0% encalado), T2 (0% sombra y 100% encalado), T3 (80% sombra y 0% encalado), T4 (80% sombra y 100% encalado).	27
Figura 13. Análisis de la ceniza de la almendra del cacao clon CCN-51. T1 (control 0% sombra y 0% encalado), T2 (0% sombra y 100% encalado), T3 (80% sombra y 0% encalado), T4 (80% sombra y 100% encalado).	27
Figura 14. Análisis de la humedad de la almendra del cacao clon CCN-51. T1 (control 0% sombra y 0% encalado), T2 (0% sombra y 100% encalado), T3 (80% sombra y 0% encalado), T4 (80% sombra y 100% encalado).	28
Figura 15. Numero de semillas estimado por tratamiento en cacao clon CCN-51. T1 (control 0% sombra y 0% encalado), T2 (0% sombra y 100% encalado), T3 (80% sombra y 0% encalado), T4 (80% sombra y 100% encalado).	29

Figura 16. Estimación del Rendimiento en cacao clon CCN-51. T1 (control 0% sombra y 0% encalado), T2 (0% sombra y 100% encalado), T3 (80% sombra y 0% encalado), T4 (80% sombra y 100% encalado). 30

Índice de anexos

Anexo 1. Evidencia fotográfica..... 42
Anexo 2. Análisis de suelo realizado en la Estación Experimental Santa Catalina 43
Anexo 3. Certificación de traducción del Abstract 44

**“EFECTO DE DOS NIVELES DE SOMBRA Y DOS NIVELES DE ENCALADO
SOBRE LAS VARIABLES PRODUCTIVAS EN EL CACAO CLON CCN-51 EN
LA PROVINCIA DE ZAMORA CHINCHIPE”**

2. Resumen

El cacao (*Theobroma cacao* L.), fino de aroma representa un reto para la producción cacaotera ecuatoriana, debido a su importancia en el mercado internacional y el potencial productivo que representa para los productores cacaoteros en el Ecuador.

Esta investigación evaluó el efecto del encalado y la sombra, para la zona de Zamora, en productividad y calidad de las plantaciones, el cacao tiene una característica genética que requiere algo de sombra para desarrollarse adecuadamente, en la costa Ecuatorina, principalmente en la provincia de Manabí, donde el 48,42% las plantaciones de cacao se cultivan con otras especies coexistentes, el encalado mejora la disponibilidad y absorción de nutrientes, lo que indica que regula el uso eficiente de nutrientes además de la fitotoxicidad, ya que el suelo ácido limita la eficiencia de los fertilizantes.

La investigación consto de dos etapas: aplicación de tratamientos y registro de variables morfológicas, fisiológicas y de contenidos nutricionales; durante el lapso de 5 meses, con un rango de 22 días aproximadamente. Se utilizó de un Diseño Completamente al Azar (DCA) con arreglo bifactorial, con cuatro tratamientos y 4 repeticiones fueron; sombra 0%, encalado 100%, sombra 80% y sombra 80% más encalado 100%. Se midieron variables morfofisiológicas como diámetro de la copa, sección transversal del tronco, índice de área foliar (IAF), contenido de clorofila. Para variables productivas se tomó en cuenta la tasa de crecimiento absoluto (TCA), número de semillas por fruto, rendimiento estimado, además se evaluó Grados brix, acidez, contenido de grasa, proteína, ceniza y humedad de la almendra.

Palabra clave: *Theobroma cacao* L, sombra, encalado, morfofisiológicas

2.1. Abstract

Cacao (*Theobroma cacao* L.), with a fine aroma, represents a challenge for Ecuadorian cacao production, due to its importance in the international market and the productive potential it represents for cocoa producers in Ecuador.

This research evaluated the effect of liming and shade, for the Zamora area, on productivity and quality of the plantations, cacao has a genetic characteristic that requires some shade to develop properly, on the Ecuadorian coast, mainly in the province of Manabí, where 48.42% of cacao plantations are grown with other coexisting species, liming improves the availability and absorption of nutrients, indicating that it regulates the efficient use of nutrients in addition to phytotoxicity, since acidic soil limits the efficiency of fertilizers.

The research consisted of two stages: application of treatments and registration of morphological, physiological and nutritional content variables; during the period of 5 months, with a range of approximately 22 days. A Completely Randomized Design (DCA) with a bifactor arrangement was used, with four treatments and 4 repetitions; shade 0%, whitewash 100%, shade 80% and shade 80% plus whitewash 100%. Morphophysiological variables such as crown diameter, trunk cross section, leaf area index (LAI), and chlorophyll content were measured. For productive variables, the absolute growth rate (AGR), number of seeds per fruit, estimated yield was taken into account, and Brix degrees, acidity, fat content, protein, ash and humidity of the almond were also evaluated.

Keyword: *Theobroma cacao* L, shade, whitewashing, morphophysiological

3. Introducción

Ecuador es el primer productor de Cacao Fino de Aroma, basteciendo el 65 % de la demanda mundial, la cual es requerido por el mercado internacional por su privilegiada calidad (Elaje Solis, 2022). El cultivo de cacao requiere determinadas condiciones para su cultivo, como una temperatura entre 18 y 21 °C y máximo 30°C la precipitación oscila entre 1 500 y 3 000 mm, requiere de un suelo franco- arenoso y sombra determinadas para su crecimiento y producción (Rodríguez-Velázquez et al., 2022).

El cacao es uno de los productos de exportación más importantes del Ecuador, aportando (240.124 Tn) de cacao fino de aroma al mercado mundial, la producción ecuatoriana principalmente proviene de variedades, Nacionales (para cacao fino de aroma) y el CCN-51 (para cacao convencional), se produce en 21 provincias que se agrupan en 4 zonas de producción, siendo las provincias de Los Ríos, Manabí, Guayas y Esmeraldas, las principales provincias productoras (Aremu-Dele et al.). La exportación del cacao ecuatoriano tiene como principales destinos los países de Indonesia, Estados Unidos de América y Malasia, siendo aproximadamente, el 86% exportando como cacao en grano y el otro 14% en productos semi industrializados. El cacao fino de aroma representa un reto para la producción cacaotera ecuatoriana, debido a su importancia en el mercado internacional y el potencial productivo que representa para los productores cacaoteros en el Ecuador (Aremu-Dele et al.) año (Anecacao, 2019).

En la provincia de Zamora Chinchipe, la superficie cultivada de cacao es de 848,8 ha, su manejo y actividades agrícolas es fundamentalmente orgánico, se encuentra distribuida en tres cultivos asociados: el 62,42 % bajo sistema de siembra asociado principalmente con plátano, el 21,42 % en asocio con maíz “tusilla” y frejol, el 16,32 % se establece bajo un sistema agroforestal principalmente guabos, porotillos y laurel (Ramírez, 2009).

Cabe recalcar que la productividad del clon CCN 51 en la Provincia de Zamora Chinchipe en el 2019 fue de 0,66 t de almendra seca/ha, muy por debajo de su potencial y de la producción de cacao a nivel nacional es de 650 000 ha, que en junio del 2005 mediante acuerdo ministerial fue declarado, una variedad de alta productividad (Anecacao, 2019).

El cacao es una especie que bajo sombra adecuada puede conducir a tasas relativamente altas de fotosíntesis, crecimiento y rendimiento de semillas limitante (Álvarez-Carrillo et al., 2015). Sin embargo, demasiada sombra reduce el rendimiento de semillas y aumenta la

incidencia de enfermedades; de hecho, la productividad de cacao y la intercepción de luz según varios autores están estrechamente relacionados, cuando la disponibilidad de nutrientes no es limitante (Álvarez-Carrillo et al., 2015).

Además el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) presenta bajo rendimiento debido a una alta acidez del suelo que limita el uso eficiente de nutrientes (Rosas-Patiño et al., 2019). Por lo tanto, esta investigación evalúa el efecto del encalado y la sombra, para la zona de Zamora, en razón que evalúen productividad y calidad de las plantaciones de cacao. Mas aun por, el manejo del cultivo se viene desarrollando de manera tradicional, siendo necesario realizar investigaciones acerca de nuevas técnicas para mejorar el manejo del cultivo durante su crecimiento, desarrollo y producción.

3.1.Objetivo General

- ✓ Evaluar el crecimiento y desarrollo del fruto de cacao CCN-51 (*Theobroma cacao* L.) mediante dos niveles de encalado y dos niveles de sombra en la provincia de Zamora Chinchipe.

3.2.Objetivos Específicos

- ✓ Analizar la reacción de distintos niveles de sombra y encalado en el crecimiento y desarrollo morfológico del cacao CCN51.
- ✓ Evaluar las variables de producción en cacao CCN51.

4. Marco teórico

4.1. Generalidades del cultivo de cacao

El cacao es un cultivo tropical que se desarrolla en regiones cálidas y húmedas de Ecuador (*Theobroma cacao* L.), es un cultivo perenne y pertenece a la familia de las Malvaceae, subfamilia Sterculioideae. Se trata de un cultivo que se está extendiendo ampliamente en África, Asia, Oceanía y América en plantaciones destinadas a la producción de almendras que son utilizadas principalmente para la elaboración de chocolates y grasas por industrias alimentarias o cosmetológicas (Rodríguez, 2017).

4.1.1. Origen y Distribución Geográfica

El origen de cacao es más probable en la región amazónica en la cuenca alta del río Amazonas que comprende países como Colombia, Ecuador, Perú, Bolivia y Brasil, en estas regiones se presenta la diversidad de la especie (Rodríguez, 2017). América Latina es ampliamente conocida como la cuna del cacao, una investigación arqueológica recién sugirió que el lugar de origen del cacao es Ecuador, se encontraron cerámicas con restos de cacao en la selva Amazónica que datan de 3300 antes de Cristo, lo que significa que los granos de cacao se han cultivado en Ecuador por más de 5.000 años (Cacao, 2022).

La producción del Cacao en el Ecuador esta principalmente en las provincias de Manabí, Los Ríos, Guayas, Esmeraldas, El Oro y Santo Domingo de los Tsáchilas; en la Región Sierra en las provincias de, Cotopaxi, Bolívar, Cañar, y en la región Amazónica en las provincias de Orellana, Napo y Zamora Chinchipe (Guerrero, 2017).

4.1.2. Taxonomía y Morfología

El cacao pertenece al reino plantae su división es magnoliophyta de la clase magnoliópsida de orden malvaceae de género *Theobromas*, es un árbol pequeño perennifolio, de 4 a 7 m de altura su morfología es hermafrodita, angiosperma y dicotiledóne, su tamaño depende de las condiciones edafoclimáticas en las que se desarrolla (Cardona *et al.*, 2020).

La raíz principal es pivotante y puede alcanzar 1.5 - 2.0 m. de profundidad, sus raíces laterales se encuentran en los primeros 30 cm del suelo alrededor del árbol pudiendo alcanzar 5 – 6 m de longitud horizontal (Tuesta *et al.*, 2017). El tallo en su primera fase de crecimiento es ortotrópico (vertical), que perdura por 12-15 meses al terminar esa etapa de crecimiento se

interrumpe para dar lugar a la aparición de 4 - 5 ramitas secundarias denominada “horqueta”, que crecen de forma plagiotrópica (horizontal) (Cayllahua, 2016).

Las hojas son coriáceas simples, enteras, grandes, alternas, colgantes y elípticas, de 20 a 35 cm de largo por 4 a 15 cm de ancho; de puntas largas, con margen liso, de color verde oscuro en el haz y más pálidas en el envés que cuelgan de un pecíolo. Varían dependiendo del tipo de tallo en el que se originen y el color de sus retoños puede ser rojizo-violeta o verde claro, dependiendo de cada variedad. La flor del cacao es hermafrodita; es decir, cuenta con ambos sexos, son de color rosa, púrpura y blancas pequeñas, en forma de estrella, su polinización es estrictamente entomófila, para lo cual la flor inicia su proceso de apertura con el agrietamiento del botón floral en horas de la tarde.

Los frutos son bayas, con tamaños que oscilan 10 – 42 cm, de forma variable (oblonga, elíptica, ovada, esférica y oblata); de superficie lisa o rugosa, y de color rojo o verde al estado inmaduro, según los genotipos (Avendaño-Arrazate, 2018). Las semillas o almendras son de tamaño variable (1.2 - 3 cm), de longitud cubiertas con un mucílago o pulpa de color blanco cremoso, de distintos sabores y aromas (floral, frutal, nueces), y grados de acidez, dulzura y astringencia. Al interior están los cotiledones que pueden ser de color morado, violeta, rosado o blanco, según el genotipo (Guerrero, 2019).

4.2. Condiciones Climáticas

El cultivo de cacao se adapta a zonas tropicales, comprendidas entre los 20° latitud Norte y 20° latitud Sur, el cultivo de cacao se desarrolla en altitudes que llegan a 900 - 1 400 msnm, en zonas de vida bh – T (bosque húmedo tropical) o bh – ST (bosque húmedo subtropical) (Larrea, 2008). La temperatura media anual para su óptimo desarrollo es de 25°C, y puede variar con una temperatura máxima de 32 °C y mínimo 23 °C (Rojas y Sánchez, 2013). La precipitación en muchas zonas del país, alcanzan los 1 200 mm, llegando en algunos casos hasta los 4 000 mm; pero más importante que el volumen total de lluvias, es una buena distribución del agua durante el año, ya que el cacao es muy sensible a la falta de humedad en el suelo. Sin embargo, la precipitación adecuada para el cultivo, es entre 1 500 y 3 000 mm. El cacao requiere suelos muy ricos en materia orgánica, profundos, francos arcillosos, con buen drenaje y topografía regular, su pH óptimo oscila entre 6,0 y 6,5, aunque tolera rangos de 4,5 hasta 8,5 (Sánchez et al., 2017).

4.3. Sombra en el cacao clon CCN-51

El cacao es un árbol tolerante a la sombra, pero no es específicamente un árbol de sombra, las plantas de cacao se saturan a densidades de flujo fotónico comprendidas entre 400 a 600 $\mu\text{mol m}^2/\text{s}$ (micromoles por metro cuadrado por segundo), que son intensidades que constituyen entre 25 y 30 % de la radiación máxima en un día despejado, y donde las tasas máximas de asimilación de CO_2 (dióxido de carbono), no sobrepasan entre 6 a 7 $\mu\text{mol m}^2/\text{s}$. Esto comprueba la necesidad de mantener las plantas de cacao bajo sombra parcial tanto en etapa de crecimiento como de producción, se resalta que necesariamente las plántulas de cacao deben ser sembradas bajo sombra parcial, en la cual las plantas mantienen mayores concentraciones de clorofila que influye en mayores tasas de asimilación de CO_2 (Jaimez et al., 2008).

4.3.1. Niveles de sombra

El cacao tiene características genéticas que requiere de ciertos niveles de sombra para su desarrollo normal, el grado de sombra adecuado para el cacao es entre 50 y 70 %, es decir que necesitan mucha sombra durante los primeros años de crecimiento, en muchas regiones de América Latina y el Caribe, el cultivo de cacao es bajo sombra, en sistemas agroforestales que incluyen especies de usos múltiples que es encontrada a nivel del Litoral ecuatoriano, principalmente en la provincia de Manabí donde el 48.42% de sus plantaciones se encuentran en asociación con otras especies, que permitirán mantener un balance de las condiciones climáticas, al optimizar el uso de radiación solar (Ortega et al., 2022).

Un aspecto importante, ya descrito para otros cultivos, es la variabilidad de respuestas que se pueden encontrar en los diferentes cultivares ante variaciones de los diferentes parámetros como lo es la temperatura y luz y disponibilidad de agua (Jaimez et al., 2008).

4.3.2. Luminosidad

La luminosidad es un factor importante para el desarrollo del cultivo de cacao, porque ayuda en los procesos fotosintéticos, sin embargo, en etapas de establecimiento se recomienda sombra, debido que las plántulas son susceptibles al exceso de luz (Osmar, 2022).

La luz tiene varios efectos sobre la fisiología del árbol del cacao, las hojas a pleno sol alcanzan valores de temperatura de 18 a 20 °C por encima de la temperatura del aire. Este pronunciado calentamiento por efecto del sol trae como consecuencia un considerable aumento de la presión del vapor de agua dentro de los espacios intercelulares, forzando su escape a

través de los estomas, la cantidad de horas luz e intensidad de la misma tienen efectos de extrema importancia en el crecimiento, desarrollo, producción y calidad del cacao (Batista, 2009).

4.4. Propiedades físicas del suelo encalado

Realizar la práctica de encalado en suelos ácidos mejora las condiciones para la actividad microbiana, con un aumento de pH cercano a 7 y una mejor estructura, mejoran la dinámica de aire y agua en el perfil, generando un aumento en la descomposición y mineralización de materia orgánica por lo tanto, los microorganismos responsables de la degradación de la materia orgánica y recuperación del N, P y S orgánico, incrementan su nivel de actividad (Tropeano, 2018). Los efectos positivos del encalado sobre el aumento de pH del suelo, la saturación de bases y en la incremento de la respuesta en el rendimiento de los cultivos agrícolas (Machetti et al., 2019).

4.4.1. Encalado

El encalado es una práctica agrícola importante en suelos ácidos para neutralizar la acidez, en ese sentido, la adición de cal sube el pH, mejora la absorción y redistribución de N en la planta y libera el fósforo retenido en el suelo el pH mejora la disponibilidad de P en suelos cacaoteros el encalado mejora la disponibilidad y absorción de nutrientes en el cacao, indicando que no solo regula la fitotoxicidad sino también el uso eficiente de nutrientes, ya que los suelos ácidos limitan la eficiencia de los fertilizantes (Gelber Rosas-Patiño et al., 2018).

4.4.2. Modificación al aplicar encalado en suelo-planta

La aplicación de cal la principal modificación es el pH ya que influyen en la relación suelo-planta, en los criterios para fertilizar cultivos y en el uso eficiente de nutrientes, bien sea de eficiencia agronómica (aumento del rendimiento por unidad de nutriente aplicado) o de recuperación del fertilizante (capacidad de la planta para tomar nutrientes aplicados al suelo). Sin embargo, son escasos los trabajos de investigación en el cacao, especialmente bajo la influencia de encalado, aun comprendiendo que el encalado contribuye a una obtención de mayores rendimientos, la disminución de costos de fertilización y la mitigación de la contaminación ambiental (Gelber Rosas-Patiño et al., 2018).

4.4.3. Niveles de encalado

Los niveles de cal neutralizan del 85 al 90% del aluminio intercambiable en suelos del 2 al 7% de materia orgánica, es necesario neutralizar los iones de hidrógenos liberados por la materia orgánica o los hidróxidos de hierro y aluminio conforme aumenta el pH, las enmiendas son productos naturales a base de calcio y magnesio que se utilizan para corregir la acidez del suelo y neutralizarlo, entre más arcilla y materia orgánica haya o exista en un suelo, mayor es la necesidad de caliza para cambiar el pH, porque ambos coloides contienen grandes cantidades de iones intercambiables de hidrogeno, debido a diferentes niveles el de cal sobre el aluminio intercambiable y la absorción de nutrimentos (Villa, 2016).

4.4.4. Fuente de absorción

La cal hace más eficaz al potasio en la nutrición de la planta. Cuando es abundante, todas las raíces de plantas absorben más potasio del que necesita, la cal reduce la aspiración excesiva de potasio. Desde los puntos de vista nutricional y económico, ésta es una práctica aconsejable ya que las plantas consumen más calcio y menos potasio ahora, desde el punto de vista agronómico, porque la planta absorbe más calcio barato y menos potasio caro (Cipriano, 2011).

4.5. Cacao clon CCN -51

El CCN-51 es un cacao clonado de origen ecuatoriano que el 22 de junio del 2005 fue declarado, mediante acuerdo ministerial, una bien de alta productividad. Reconocido por su alto rendimiento y adaptabilidad a diferentes regiones y ambientes, el INIAP (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias de Ecuador), entregó clones tipo Nacional a los productores, también hubo ensayos de mejoramiento realizados por iniciativas personales y empresas privadas este se ha convertido en uno de los clones más populares para programas de mejoramiento y cultivo en todo el mundo el clon CCN 51, presenta un rendimiento alto. Este clon mostró su gran adaptabilidad a una variedad de climas y hoy en día se cultiva en todas las regiones cacaoteras del Ecuador (Jaimez et al., 2022).

4.6. Producción del cacao clon CCN-51

El CCN-51 varía desde su producción hasta su exportación y con diferentes nichos de mercado. Hay ciertos actores del mercado interesados en el cacao ecuatoriano por sus perfiles únicos de aromas y sabores, en cambio otros buscan un cacao de no tan alta calidad para la

elaboración de chocolates según fórmulas propias, el mercado ecuatoriano se divide de la siguiente manera: 75% de Cacao Nacional y 25% de cacao CCN-51 (Anecacao, 2015).

Es un producto de exportación y materia prima para las industrias locales de fabricación de chocolates y sus derivados, siendo un cultivo generador de fuentes de empleo y divisas para nuestro país. La cantidad exportada de cacao en grano para el año 2015 alcanzó un volumen de 23 6000 toneladas métricas, incrementándose en un 14 % respecto al año 2014 en donde obtuvo 205-500 toneladas métricas, las zonas de Quevedo y Balzar se caracterizan por ser productoras de volúmenes considerables de cacao destinados para la exportación, generando niveles de ingresos importantes para el país, lo que genera numerosas plazas de trabajo calificada y no calificada, mejorando con ello las condiciones económicas de la población (Urina et al., 2016).

4.7. Manejo agronómico del cacao

El manejo consiste aplicar de manera combinada varias prácticas como resistencia genética del material de siembra, prácticas culturales, podas de mantenimiento, eliminación de frutos enfermos, control biológico con el uso de agentes antagónicos y control químico, con productos de baja toxicidad (Ganadería, 2022). El deshierbe se realiza a partir de la siembra del cacao y de los sombríos, se debe mantener libre de malezas la zona de la planta y evitar el desarrollo de arvenses que compitan con el cultivo, en caso de malezas gramíneas agresivas se debe usar un herbicida específico por una sola aplicación, los controles de malezas se realizan manualmente o con guadaña (Restrepo, 2012). En la plantación de cacao es fundamental la poda por diversos factores importantes, estas pueden realizarse de dos tipos que son poda de formación, que se va haciendo en la medida que ese arbolito de cacao va creciendo, y se le va dando una arquitectura que permita la entrada de la luz a la planta y a poda de copa que es cuando ya la planta está en la fase de producción, y la moldeamos de un modo que no crezca demasiado alto y sea cosechada más fácilmente, puesto que cuando ya el cacaotero está en la fase de producción, se requiere de un árbol en campo que tenga una altura que permita a él productor alcanzar con facilidad las mazorcas que se dan directamente del tallo (Gonzalez, 2022).

5. Metodología

5.1. Ubicación

La investigación se llevó a cabo en la Estación Experimental “El Padmi” de la Universidad Nacional de Loja, (3° 44’ 47,424” S 78° 37’ 10,537” O), parroquia Los Encuentros, cantón Yanzatza, parroquia de Zamora Chinchipe, la estación posee una

extensión de 102,95 ha., y está a una altitud entre 775 y 1150 msnm, precipitación 2000 mm/año, temperatura 17-22 C° y una humedad relativa del 99%.



Figura 1. Mapa del sitio donde se llevó a cabo el proyecto

5.2. Diseño Experimental

Este consto de dos etapas: aplicación de tratamientos y registro de variables morfológicas, fisiológicas y de contenidos nutricionales; durante el lapso de 5 meses, con un rango de 22 días aproximadamente. Se utilizó de un Diseño Completamente al Azar (DCA) con arreglo bifactorial, estructurado de la siguiente manera:

- **Unidad experimental:** Una planta de cacao clon CCN51
- **Tratamientos:** Cuatro tratamientos (2 niveles de sombra y 2 niveles de encalado)
- **Factor A:** Sombra (2 niveles)
- **Factor B:** Encalado (2 niveles)
- **Número de repeticiones:** Cuatro repeticiones
- **Número total de plantas:** 16 plantas

5.2.1. Modelo Matemático

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + \beta_j + (A\beta) + B_k + E_{ijk}$$

- μ = Media general de las observaciones

- A_i = Efecto que produce el i-ésimo nivel del factor A
- β_j = Efecto que produce el j-ésimo nivel del factor B
- $(AB)_{ij}$ = Es el efecto de la interacción entre el nivel i de A con el nivel j de B
- B_k = Es el efecto del k-ésimo bloque
- E_{ijk} = Es el error asociado a la ijk-ésima observación, que se supone normal independientemente distribuida con esperanza 0 y varianza σ^2

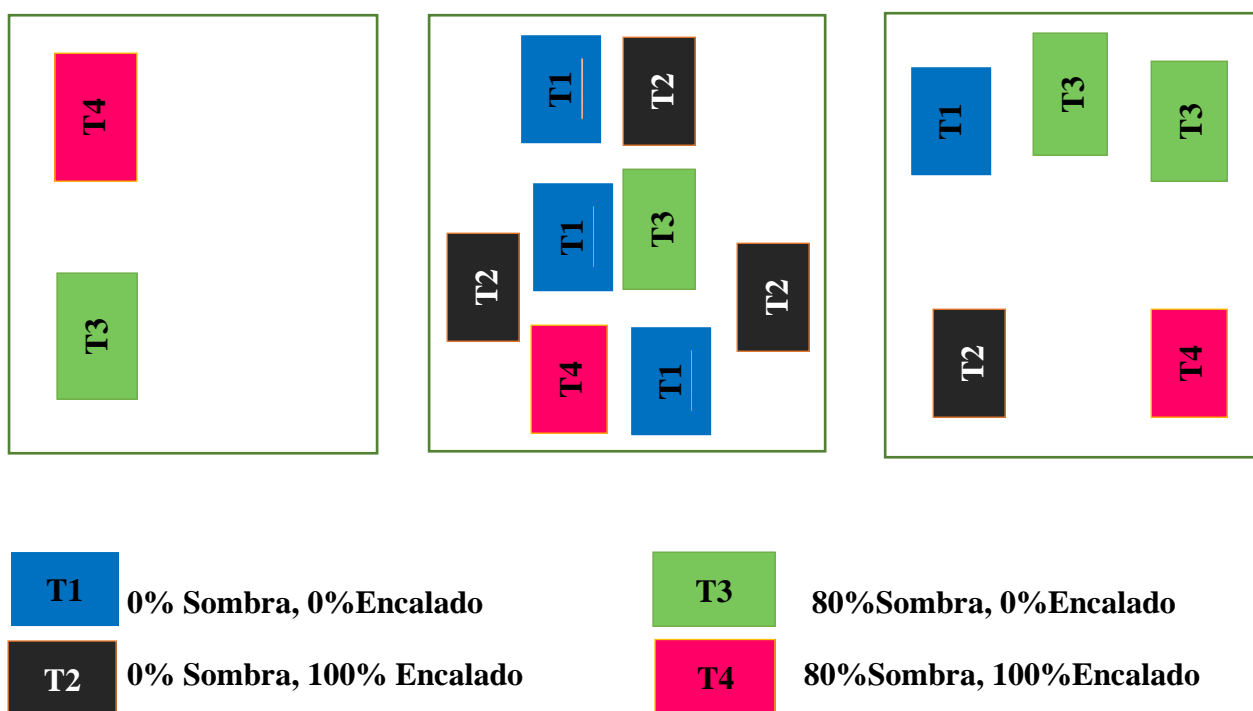


Figura 2. Delineamiento del diseño experimental para la evaluación de dos niveles de sombra y dos niveles de encalado sobre las variables productivas en el cacao clon CCN-51.

Tabla 1: *Tratamientos*

Nro. Tratamientos	Sombra (%)	Encalado (%)	Nombre del tratamiento
T1	0	0	Control
T2	0	100	Encalado
T3	80	0	Sombra
T4	80	100	Sombra + Encalado

5.3. Metodología general

Para la evaluación de las variables de producción del cacao clon CCN-51, se ejecutó en dos etapas: una fase de campo y una de laboratorio. La fase de campo contempló en el registro de datos del desarrollo morfológico del crecimiento del fruto del cacao clon CCN-51 durante el periodo de (abril-septiembre del 2022). Para la evaluación fueron usadas 15 plantas de cacao (*Theobroma cacao*) del clon CCN-51, establecidas en campo con dos años de edad, el marco de plantación que se utilizó fue de 3,5 m x 4 m, con una densidad de 120 m x 31,5 m. Se seleccionó siete plantas al azar que fueron sometidas a un 80% de sombra, más el 100 % de cal (2Kg), que se lo aplicó en base a un previo análisis del pH del suelo, el tratamiento de control consistió en ocho plantas sin sombra ni cal, se trabajó con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones, obteniendo 16 unidades experimentales. Además, cabe indicar que el cultivo se desarrolló bajo condiciones potenciales en manejo de arvenses, plagas y enfermedades. La segunda etapa se llevó a cabo en el Laboratorio de Aguas, Suelo y Bromatología de la Universidad Nacional de Loja.

5.4. Metodología por Objetivos

5.4.1. Metodología para el primer objetivo: “Analizar la reacción de distintos niveles de sombra y encalado en el crecimiento y desarrollo morfológico del cacao CCN51”.

Las mediciones de las variables morfológicas del cacao como, el diámetro del tronco, y de copa se las realizó en dos ocasiones al inicio y al final del periodo (abril- septiembre del 2022), con la cinta métrica se midió en cruz de Norte-Sur y Este a Oeste el diámetro de copa en centímetros, luego se promedió los valores en la formula (Diámetro = perímetro/ π). Además, se midió el índice del área foliar, se seleccionó 20 hojas al azar de cada tratamiento, y se midió su longitud y ancho ecuatorial con una cinta métrica, y se contabilizo las hojas totales de cada planta, para determinar su índice del área foliar, y se seleccionó dos hojas al azar utilizando el clorofilómetro portátil marca Minolta® el cual provee valores SPAD el mismo que evaluó cuantitativamente de forma rápida, la intensidad del color verde de la hoja. Se evaluó el pH y conductividad eléctrica del suelo, con una frecuencia de 22 días. Para determinar el perímetro del tronco se utilizó una cinta métrica en donde se midió a 10 cm del suelo para calcular su área que se expresó en cm^2 . Para la evaluación del fruto se realizó previamente la selección de tres frutos en estadio 72 (20 % del tamaño final del fruto) de la escala BBCH modificada (Bridgemohan et al., 2016), por tratamiento los cuales se midieron diámetro y longitud, estos datos se recolectaron cada 22 días, para observar el desarrollo

morfológico del fruto por unidad de tiempo, para eso se utilizó la fórmula de TCA (tasa de crecimiento absoluta):

$$TCA = \Delta L / \Delta t \text{ (}\Delta L = \text{longitud final - longitud inicial, } \Delta t = \text{tiempo final - tiempo inicial).}$$

5.4.2. Metodología para el segundo objetivo: “Evaluar las variables de producción en cacao CCN51”.

Para la evaluación de la calidad de los frutos, se midió el pH del mucilago, grados brix, contenido de grasa en la almendra, proteína, ceniza, humedad. La producción se estimó cuantificando el número de semillas de tres frutos de cada tratamiento, y el rendimiento estimado.

Antes de realizar el análisis de sólidos solubles (grados brix), se utilizaron técnicas modificadas (Urbia, 2022), se procedió a despulpar el cacao, se tomó un 1g de muestra, con la ayuda de un colador y una cucharilla se hizo caer una gota del zumo en el prisma del refractómetro y se observó en el lente ocular los grados brix. Para obtener la acidez (pH) del cacao se pesó 25g de mucilago y se aforó a 200 ml de agua destilada, se llevaron las muestras al calentador hasta que llegue al punto de ebullición, se dejó enfriar, con un embudo se pasó la muestra a un balón volumétrico de 250 ml y se aforó con agua destilada, con la ayuda de un colador se filtró las muestras y se las colocó en un vaso de precipitación, se midió 40 ml de muestra en la probeta y se colocó en un vaso de precipitación de 50 ml, se agregó tres gotas de fenolftaleína, que es un indicador de pH que en disoluciones ácidas permanece incoloro, pero en disoluciones básicas toma un color rosado (Avalos, 2005), ayudándonos con la bureta de 10 ml se anotó los ml de hidróxido de sodio (NaOH) gastados en el proceso de neutralización de las muestras.

Para poder obtener la cantidad de grasa de las almendra del cacao se utilizó el método de Soxhlet (Gerhardt GmbH 2022), se procedió a triturar las almendras con la ayuda de un mortero, la muestra debe tener una textura fina, se pesó 4g de la muestra triturada y las muestras fueron llevadas a un dedal, se las tapó con algodón para evitar que entre humedad, se colocó en el extractor de Soxhlet, la muestra fue puesta en un balón que previamente fue registrado, para realizar la extracción, se utilizó el solvente hexano (C_6H_{14}), se colocó bajo un condensador después 72h se retiró las muestras, finalmente se realizó la diferencia del resultado con el peso del balón vacío y se obtuvo el resultado de la grasa de la almendra. Para

la determinación de proteína se utilizó el método Kjeldahl (Viana, 2022) este permitió determinar la cantidad de nitrógeno en las muestras orgánica e inorgánicas el cual consta de tres etapas digestión, destilación, valoración.

Para este procedimiento se pesó el papel vacío y se registró los datos para colocar 4g de la muestra de almendra triturada de cacao, se enumeró los matraces y se los llevó al kjeldahl, para que realice el proceso de digestión (limpieza de impurezas) que dura 24h, transcurrido ese tiempo se realizó la digestión y la valoración de la cantidad de nitrógeno.

Para evaluar el rendimiento por hectárea se calculó mediante el producto del peso promedio de la semilla seca, el número de semillas por fruto, el número de frutos por planta y la densidad de siembra durante la duración del proyecto ya mencionado en la metodología general.

Para obtener la ceniza se toma en cuenta dos muestras por cada repetición de cada tratamiento, la cual se tomaron 12 crisoles por las 6 muestras, los crisoles se encontraban previamente desinfectados en una mufla ajustada a $(550 \pm 15^\circ\text{C})$, donde se procedió a enfriar durante 30 min en el desecador y se pesaron los crisoles con 4 g de cacao triturado. Los crisoles con las muestras fueron pesados uno por uno en la balanza digital, después los crisoles con la muestra, la mufla se ajustó a $(550 \pm 15^\circ\text{C})$ hasta obtener cenizas de un color gris claro en un tiempo de 8 horas. Para finalizar se sacaron las muestras de la mufla y se dejó enfriar a temperatura ambiente por una hora y se llevó a pesar y digitalizar los datos se aplicó la siguiente formula: $C = 100(m^3 - m^1) / 100 - H (m^2 - m^1)$.

C = contenido de cenizas en harinas de origen vegetal, en porcentaje de masa.

m¹ = masa del crisol vacío, en g.

m² = masa del crisol con la muestra, en g.

m³ = masa del crisol con las cenizas, en g.

H = porcentaje de humedad en la muestra.

Para obtener la humedad se necesita determinar la materia seca de la almendra del cacao, que se realizó dos mediciones en el peso de la muestra donde se colocó 2 gr por muestra en el crisol, posteriormente se llevó a una estufa MEMMERT a 105°C durante 24h, se retiró los recipientes con la muestra y se colocó en un desecador, se dejó enfriar a temperatura ambiente, finalmente se pesó en la balanza analítica y se digitalizaron los datos con la fórmula aplicada.

$$\%MSP = \frac{\text{Peso de la muestra parcialmente seca}}{\text{peso muestra TCO}} * 100$$

Porcentaje de humedad inicial (%HI) = Porcentaje de humedad parcial (%HP)

Para rendimiento estimado se calculó el peso promedio de la semilla seca, el número de semillas por fruto, el número de mazorcas por planta, a su vez, esta cantidad se dividió por la densidad de plantas.

5.5. Análisis estadístico

El procesamiento estadístico de datos de las variables evaluadas se realizó con el Software InfoStat. Se efectuó un análisis tipo ANOVA para saber cómo influyen los tratamientos con respecto a las variables de evaluación del cacao, con un nivel de confianza del 95%. En todos los casos se comprobaron los supuestos de normalidad de los datos, por la prueba de Shapiro-Wilks y homogeneidad de varianzas por la prueba de Levene.

6. Resultados

6.1. Resultado para el primer objetivo

Analizar la reacción de distintos niveles de sombra y encalado en el crecimiento y desarrollo morfológico del cacao CCN51.

6.1.1. Sección Transversal del Tronco (cm)

Al realizar el análisis estadístico no se encontraron diferencias significativas para la interacción entre los factores sombra y encalado, ni para los factores de manera independiente ($p\text{-valor} > 0.05$). En la figura 3 se expresan los resultados al inicio y al final de la investigación, al día 0 y día 111 en donde el T1 y T4 presentaron una sección transversal del tronco superior en comparación con los demás tratamientos.

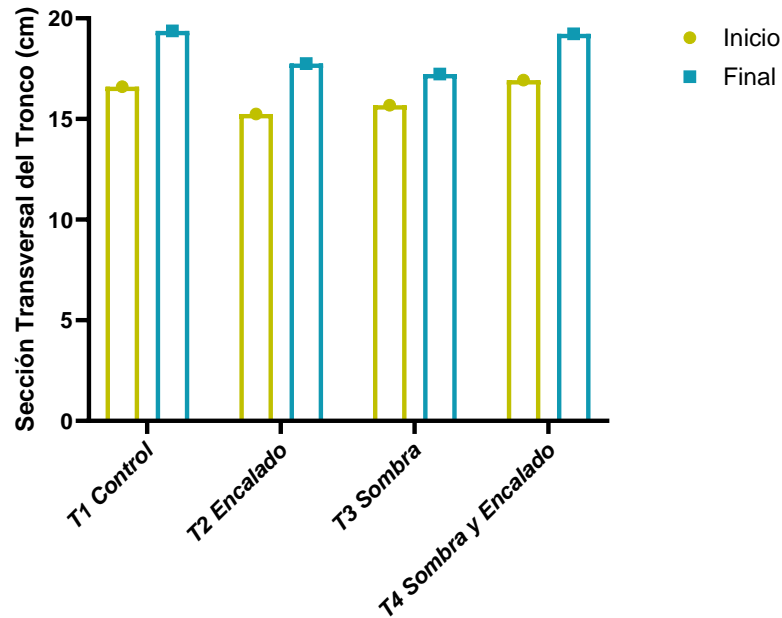


Figura 3. Sección transversal del tronco (STT) (cm), al inicio y al final de la evaluación de la investigación. No se encontraron diferencias significativas ($p > 0,05$). T1 (control 0% sombra y 0% encalado), T2 (0% sombra y 100% encalado), T3 (80% sombra y 0% encalado), T4 (80% sombra y 100% encalado). Las barras sobre las columnas de los tratamientos representan el error estándar de la media.

6.1.2. Diámetro copa

El diámetro de copa no presentó diferencias significativas en la interacción entre los factores sombra y encalado, ni de manera independiente ($p\text{-valor} > 0.05$). En la figura 4 se presenta la evaluación de diámetro de copa en las plantas de cacao CCN51, T1 y T4 presentaron un mayor diámetro de copa en comparación a los demás tratamientos los culés fueron evaluados, a los 0 y 111 días.

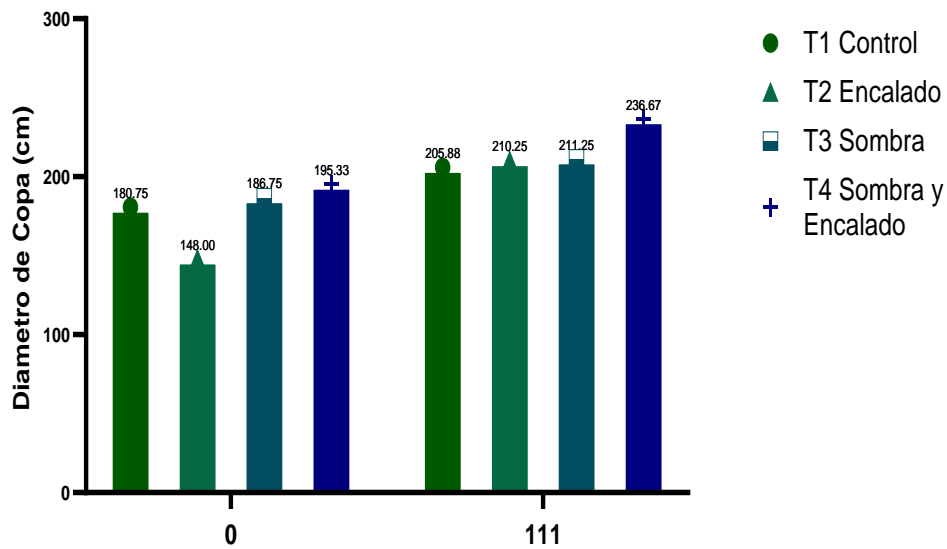


Figura 4. Diámetro de Copa (cm), a los 0 y 111 días de la evaluación de la investigación. No se encontraron diferencias significativas ($p > 0,05$). T1 (control 0% sombra y 0% encalado), T2 (0% sombra y 100% encalado), T3 (80% sombra y 0% encalado), T4 (80% sombra y 100% encalado). Las barras sobre las columnas de los tratamientos representan el error estándar de la media.

6.1.3. Índice del área foliar

En la evaluación del índice de área foliar no se encontraron diferencias significativas ni en la interacción sombra y encalado, ni de manera independiente ($p > 0,05$). No obstante, se puede observar en la figura 5 los valores más altos se encuentran en el T3 (0,13), el cual presenta un índice de área foliar mayor al resto de tratamientos.

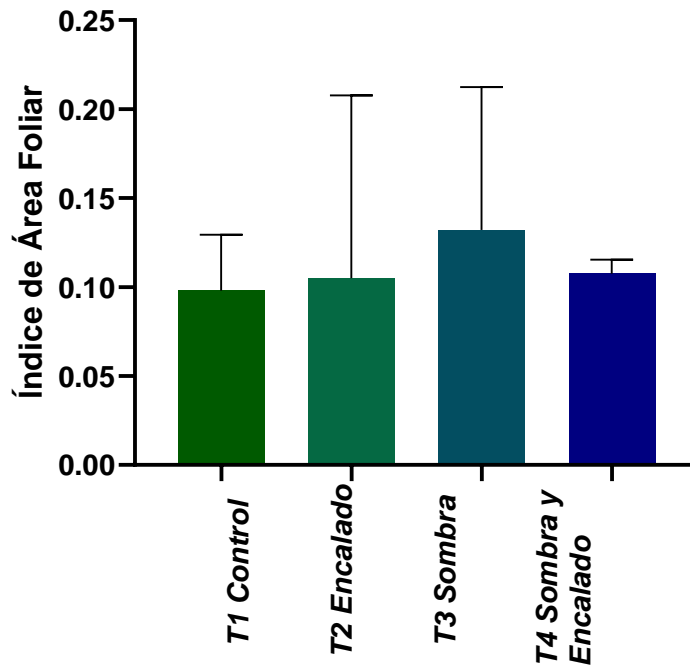


Figura 5. Índice de Área Foliar a los 111 días después de la aplicación de los tratamientos, no existen diferencias significativas ($p > 0,05$). T1 (control 0% sombra y 0% encalado), T2 (0% sombra y 100% encalado), T3 (80% sombra y 0% encalado), T4 (80% sombra y 100% encalado). Las barras sobre las columnas de los tratamientos representan el error estándar de la media.

6.1.4. pH del suelo

El análisis de pH del suelo no presentó diferencias significativas, ni en la interacción sombra y encalado, ni de manera independiente entre los factores (p -valor $> 0,05$). El pH inicial del suelo en el terreno donde se realizó la investigación fue de 5,57 (Anexo 2). No se puede considerar que tuvo influencia el factor encalado, ya que después de los 66 días de la aplicación, no presentó diferencias estadísticamente significativas. En la figura 6 se observa que los tratamientos que presentaron un pH más ácido fueron al T1 y T2 (5,44 y 5,31) a los 88 días de la aplicación de tratamientos.

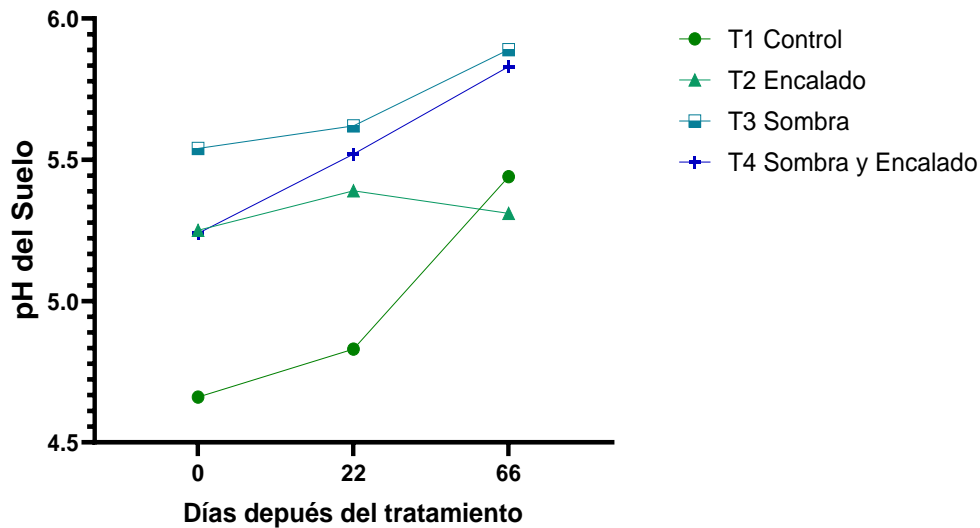


Figura 6. Dinámica del pH en el suelo en el cultivo de cacao clon CCN51, durante la fase de aplicación de tratamientos, no se encontraron diferencias significativas ($p > 0,05$). T1 (control 0% sombra y 0% encalado), T2 (0% sombra y 100% encalado), T3 (80% sombra y 0% encalado), T4 (80% sombra y 100% encalado). Las barras sobre las columnas de los tratamientos representan el error estándar de la media.

6.1.5. Conductividad eléctrica

En la figura 7, se muestra la conductividad eléctrica la cual fue encalada a los 66 días y se evaluó hasta 88 días, en la cual no se encontraron diferencias significativas ni en la interacción sombra y encalado, ni de manera independiente ($p\text{-valor} > 0,05$). No obstante, en la gráfica se puede observar que a los 88 días el T3 (0,12) presentó un valor mayor con respecto a los demás tratamientos.

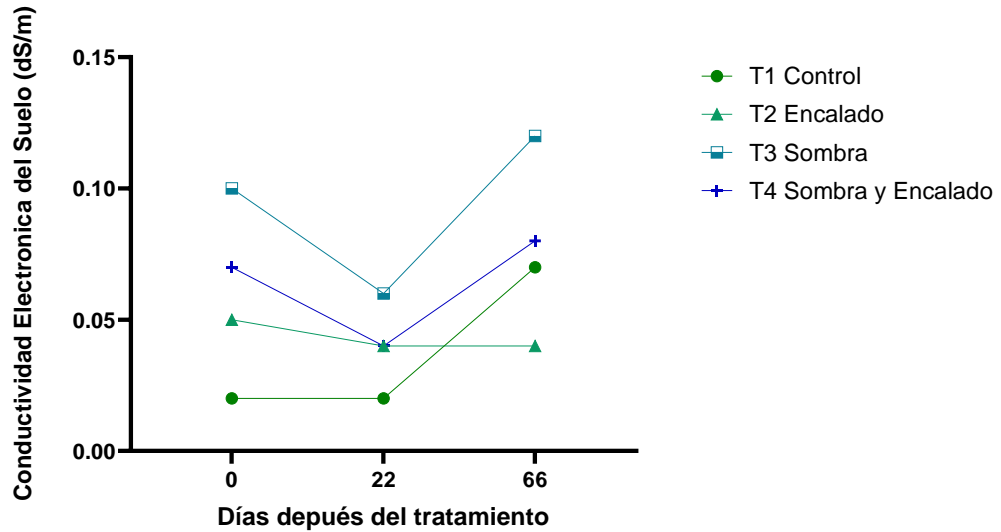


Figura 7. Dinámica de la conductividad eléctrica del suelo en el cultivo de cacao clon CCN51, durante la fase de aplicación de tratamientos, no se encontraron diferencias significativas ($p > 0,05$). T1 (control 0% sombra y 0% encalado), T2 (0% sombra y 100% encalado), T3 (80% sombra y 0% encalado), T4 (80% sombra y 100% encalado). Las barras sobre las columnas de los tratamientos representan el error estándar de la media.

6.1.6. Índice de Clorofila SPAD

La concentración de clorofila de acuerdo a los resultados obtenidos, no presentaron diferencias significativas ni en la interacción sombra y encalado, ni de manera independiente ($p > 0,05$). No obstante, en la figura 8 se visualiza T3 y T4 (48,33 y 48,75 nm) registraron una mayor concentración de clorofila, con relación a T1 y T2 (43,73 y 42,25 nm). Las barras sobre las columnas de los tratamientos representan el error estándar de la media.

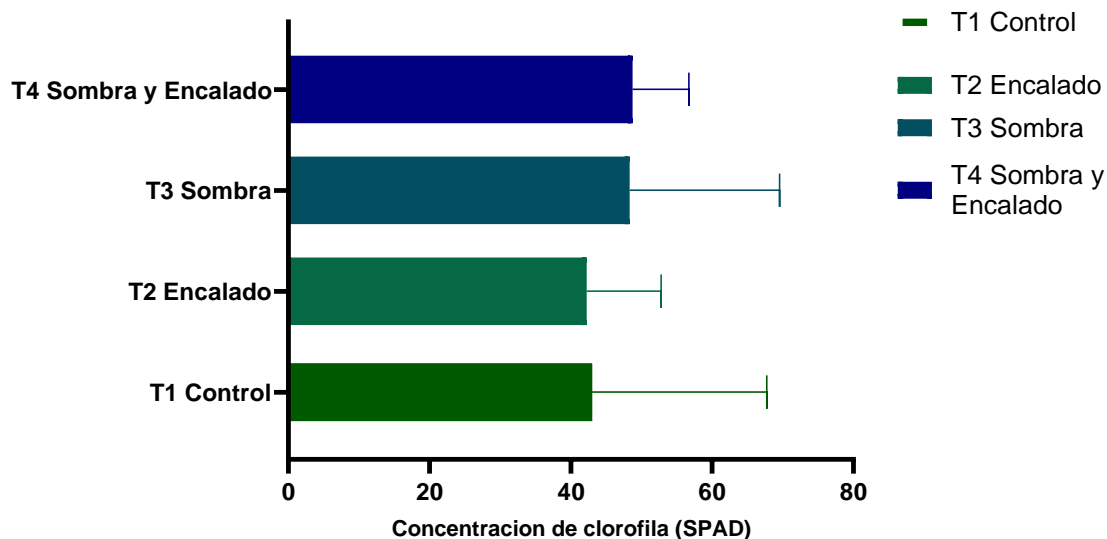


Figura 8. Concentración de clorofila total, contenida en hojas de cacao clon CCN51, a los 111 días después de la aplicación de los tratamientos, no se encontraron diferencias significativas ($p > 0,05$). T1 (control 0% sombra y 0% encalado), T2 (0% sombra y 100% encalado), T3 (80% sombra y 0% encalado), T4 (80% sombra y 100% encalado). Las barras sobre las columnas de los tratamientos representan el error estándar de la media.

6.1.7. TCA (tasa de crecimiento absoluta)

Los valores de la Tasa de Crecimiento Absoluta (TCA) para el clon CCN51 evaluados en las unidades experimentales de cacao en los diferentes tratamientos, a los 111 días después de la aplicación no se encontraron diferencias significativas ni en la interacción sombra y encalado, ni de manera independiente ($p > 0,05$). Como se muestra en la figura 9 la mayor tasa de crecimiento absoluto se dio en el T1 y T4 (0,04 y 0,05 cm d^{-1}).

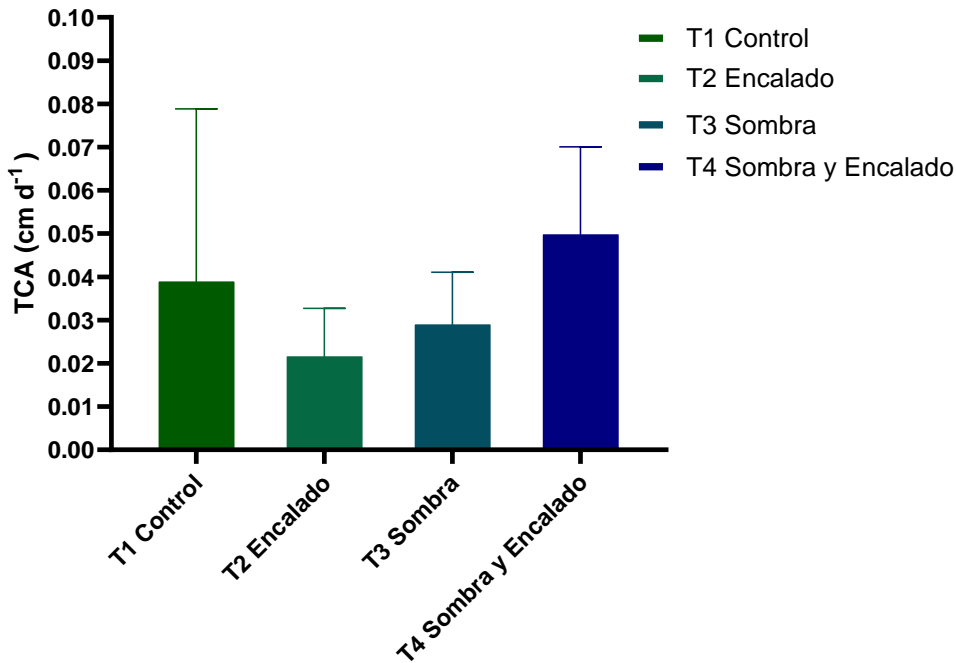


Figura 9. Tasa de Crecimiento Absoluto en los tratamientos y el control. T1 (control 0% sombra y 0% encalado), T2 (0% sombra y 100% encalado), T3 (80% sombra y 0% encalado), T4 (80% sombra y 100% encalado). Las barras sobre las columnas de los tratamientos representan el error estándar de la media.

6.2. Resultado para el segundo objetivo

Evaluar las variables de producción encacao CCN51.

6.2.1. Acidez del mucilago del cacao (pH)

En el porcentaje de la acidez presentó diferencia significativa para la interacción sombra y encalado ($p < 0,0001$). En la figura 10, T1 (0,76) fue estadísticamente significativo respecto al T2 y T3 (0,66 y 0,52), por su parte T4 (0,7) no fue diferente para T1 y T2, pero si superior al T3.

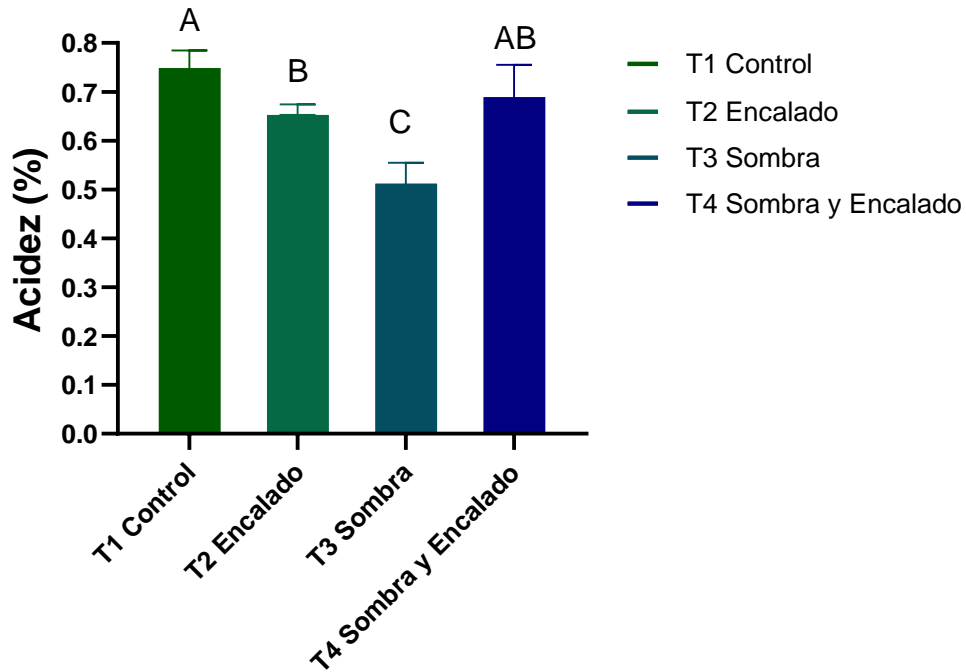


Figura 10. Análisis de la Acidez de la almendra del cacao clon CCN-51. T1 (control 0% sombra y 0% encalado), T2 (0% sombra y 100% encalado), T3 (80% sombra y 0% encalado), T4 (80% sombra y 100% encalado). Las barras sobre las columnas de los tratamientos representan el error estándar de la media.

6.2.2. Sólidos Solubles (Grados brix) del mucilago del cacao

Los grados brix de cacao CCN51, manifestaron medias semejantes (Figura 11), dando como resultado que los factores sombra y encalado, así como su interacción no afectarían significativamente ($p > 0,05$).

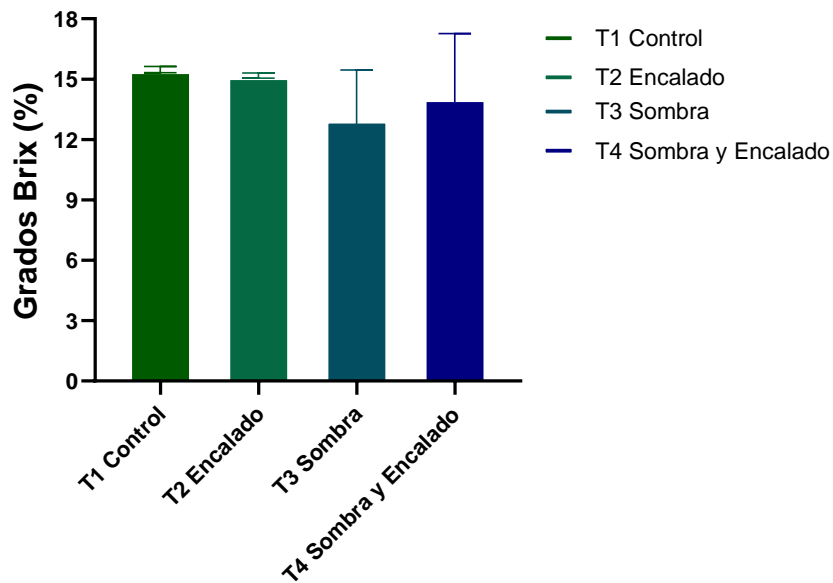


Figura 11. Grados Brix en cada tratamiento del Cacao clon CCN-51. T1 (control 0% sombra y 0% encalado), T2 (0% sombra y 100% encalado), T3 (80% sombra y 0% encalado), T4 (80% sombra y 100% encalado). Las barras sobre las columnas de los tratamientos representan el error estándar de la media.

6.2.3. Contenido de Grasa en la Almendra

Existe diferencia estadística significativa entre la interacción sombra y encalado (P -valor=0,0003) En la figura 12, T1 y T2 (48,98 y 47,48 %) presentaron mayor contenido de grasa en la almendra, siendo estadísticamente significativos respecto al T3 y T4 (38,01 y 43,63 %).

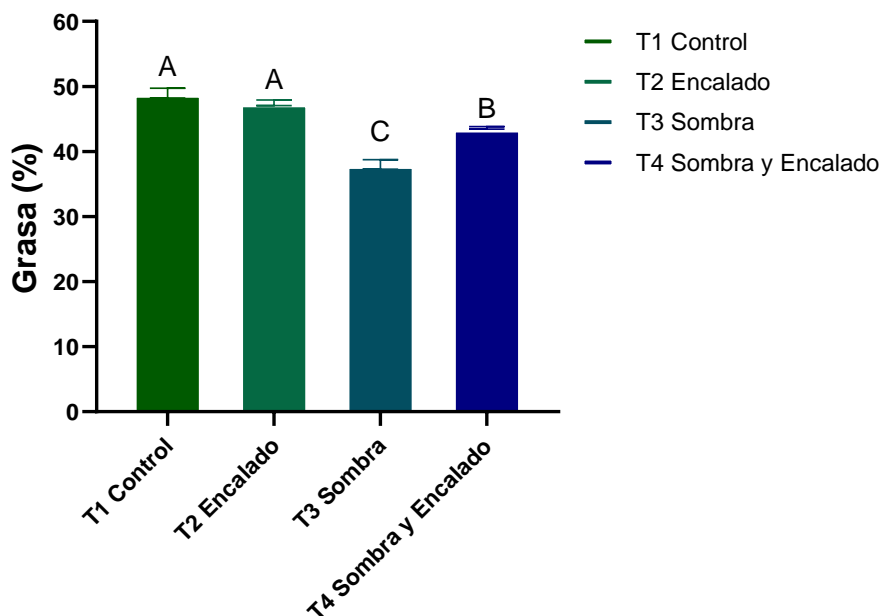


Figura 12. Porcentaje de grasa por tratamiento en cacao clonCCN-51. T1 (control 0% sombra y 0% encalado), T2 (0% sombra y 100% encalado), T3 (80% sombra y 0% encalado), T4 (80% sombra y 100% encalado). Las barras sobre las columnas de los tratamientos representan el error estándar de la media.

6.2.4. Ceniza

En el porcentaje de ceniza al realizar el análisis estadístico se encontraron diferencias significativas para la interacción, entre sombra y encalado ($p < 0,0001$). En la figura 13 se observa que T1 presentó 3,63% de ceniza, siendo estadísticamente significativo con relación a T2, T3 Y T4 los cuales presentaron 2,92%; 2,85%; y 3,09% de ceniza respectivamente.

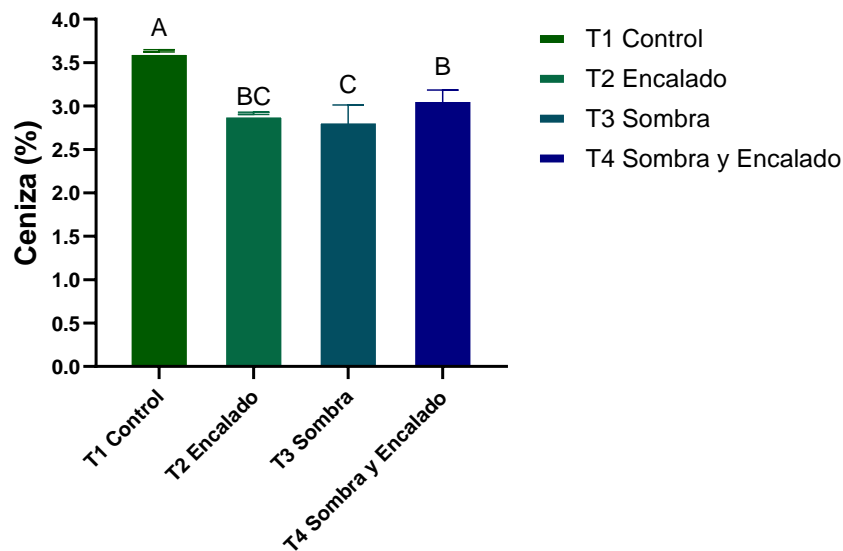


Figura 13. Análisis de la ceniza de la almendra del cacao clon CCN-51. T1 (control 0% sombra y 0% encalado), T2 (0% sombra y 100% encalado), T3 (80% sombra y 0% encalado), T4 (80% sombra y 100% encalado). Las barras sobre las columnas de los tratamientos representan el error estándar de la media.

6.2.5. Humedad de la Almendra

La variable humedad de la Almendra presentó diferencia estadística significativa para la interacción sombra y encalado (p -valor= 0,0005). En la figura 14 se visualiza T4 contiene 5.05% de humedad de almendra, es decir es diferente estadísticamente respecto a T1, T2 y T3 cuyos tratamientos presentaron 4,60 %; 4,59 % y 4,69 % respectivamente de humedad.

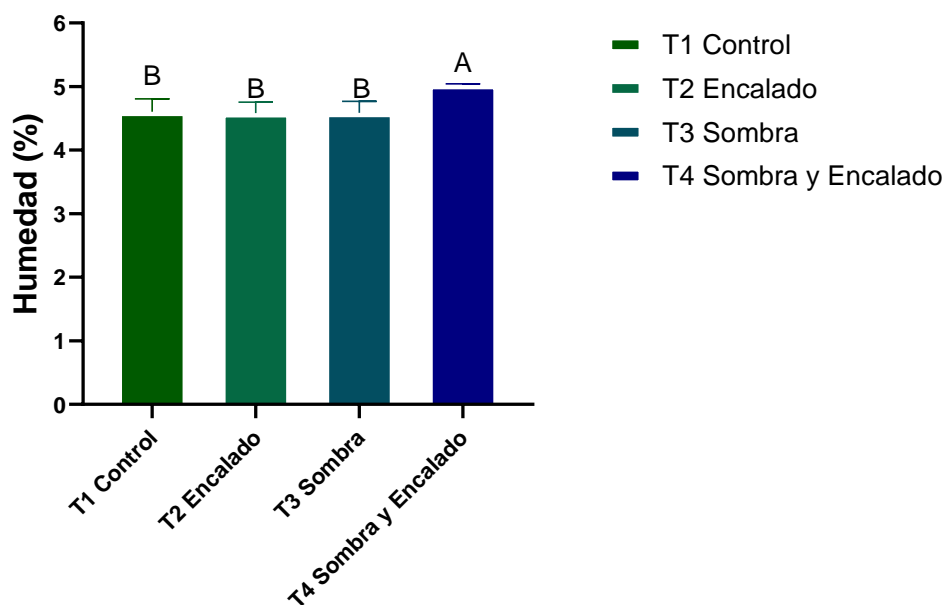


Figura 14. Análisis de la humedad de la almendra del cacao clon CCN-51. T1 (control 0% sombra y 0% encalado), T2 (0% sombra y 100% encalado), T3 (80% sombra y 0% encalado), T4 (80% sombra y 100% encalado). Las barras sobre las columnas de los tratamientos representan el error estándar de la media.

6.2.6. Número de Semillas

No existe diferencia estadística significativa entre la interacción sombra y encalado (p -valor= 0,2493), sin embargo, la variable número de semillas presentó diferencia significativa para encalado (P -valor=0,0289). En la figura 15 el encalado al 100% (55,17) presentó mayor número de semillas en relación al encalado 0% (44,33).

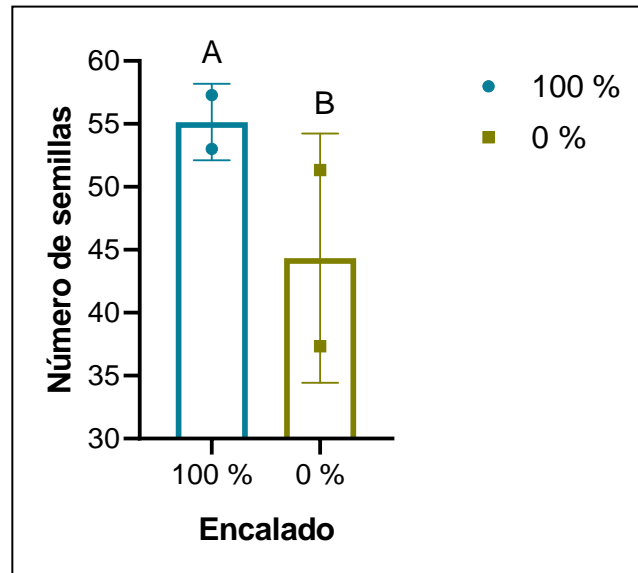


Figura 15. Numero de semillas estimado por tratamiento en cacao clon CCN-51. T1 (control 0% sombra y 0% encalado), T2 (0% sombra y 100% encalado), T3 (80% sombra y 0% encalado), T4 (80% sombra y 100% encalado). Las barras sobre las columnas de los tratamientos representan el error estándar de la media y las figuras significa el Tratamiento encalado (●) y Tratamiento sin encalar (■)

6.2.7. Rendimiento almendra seca

En el rendimiento no se encontró diferencia significativa para la interacción sombra y encalado (p -valor= 0,1863), pero presentó diferencia para el encalado de manera independiente (p -valor= 0,0101). El encalado al 100% presentó un rendimiento de 271,83 kg/ha, mientras que encalado al 0% presentó un menor rendimiento de 190,83 kg/ha (figura 16).

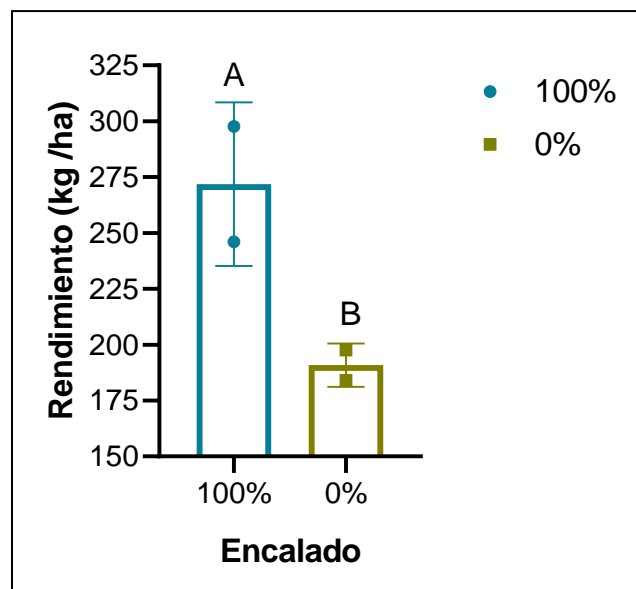


Figura 16. Estimación del Rendimiento en cacao clon CCN-51. T1 (control 0% sombra y 0% encalado), T2 (0% sombra y 100% encalado), T3 (80% sombra y 0% encalado), T4 (80% sombra y 100% encalado). Las barras sobre las columnas de los tratamientos representan el error estándar de la media y las figuras significa el Tratamiento encalado () ♡ Tratamiento sin encolar () ■

7. Discusión

En esta investigación se evaluó desarrollo y rendimiento del cacao CCN-51, Cacao (*Theobroma cacao* L.), en niveles constantes de sombreado y encalado en la Estación Experimental el Padmi de Provincia de Zamora Chinchipe, así como su interacción sobre variables morfo-fisiológicas durante la etapa de crecimiento y rendimiento, las plantas no presentaron diferencias significativas entre los tratamientos. Según Castro y Munévar (2018) como se citó en (Rosas-Patiño et al., 2019), indica que “el encalado es una práctica agrícola importante en suelos ácidos para neutralizar la acidez”.

Según (Erraez & Vásquez, 2023), el encalado de los suelos tropicales debe ser suficiente para neutralizar el Al^{3+} hasta llegar a valores de 5,5 a 6,0. El mayor efecto benéfico del encalado de suelos es la reducción de la solubilidad del Al^{3+} y Mn^{2+} , nutrientes que en bajas o altas concentraciones son tóxicos, el cacao es un cultivo de alto rendimiento puede ocasionar acidez al suelo mediante la absorción de cationes básicos (Ca, Mg y K), la planta al absorber cationes libera hidrogeno para mantener el equilibrio en su interior, el cual genera acidez, para la mayoría de los cultivos; sin embargo, cuando se añade cal, el incremento en pH induce la precipitación del Al^{3+} y Mn^{2+} , como compuestos insolubles removiéndolos de la solución del suelo.

Según Lewis y Farrell (2021) como menciona en (Fernández Jeri et al., 2022), el cacao (*Theobroma cacao* L.) se puede cultivar utilizando un sistema agroforestal en asociación con otros árboles que proporcionan sombra, y en otros casos inclusive en un sistema intensivo con variedades seleccionadas que se manejan bajo sombra mínima homogénea o sin sombra.

Las variables morfológicas estudiadas estuvieron relacionadas con el diámetro de copa sección transversal de tallo, tasa absoluta de crecimiento (TCA), concentración de clorofila, índice del área foliar, pH del suelo y conductividad eléctrica.

A lo largo del periodo de evaluación, tenemos como resultado que el diámetro de copa en las plantas de cacao CCN51 mantuvo un incremento constante, y la interacción con los factores control, sombra y encalado, no tuvo diferencias significativas, lo que coincide con lo que menciona (Murillo & Badilla, 2022), evaluando el crecimiento del diámetro del fuste de los árboles y diámetro de copa, y se determinó también que no ocurrió un incremento en las plantas bajo sombra frente

a aquellas a plena exposición al solar. Con la información podemos coincidir que el tratamiento sombra y encalado, no tuvo mayor diámetro de copa en ninguno de los tratamientos.

En el Índice de Área Foliar no se encontraron diferencias significativas ($p < 0,05$), sin embargo, el valor más alto es el T3 (80% sombra y 0% encalado), la interacción de sombra-encalado, se cree que hubo este efecto debido la influencia del factor sombra en el cual se encontró un índice de área foliar 0.13. Según (Piña & Arboleda, 2010), los cuales aseguran que las plantas que se desarrollan en ambientes con sombra, tiene mayor incremento del IAF ya que la intensidad de luz es un factor que afecta marcadamente los atributos de calidad de las plantas.

Dentro de la evolución del pH no se encontró diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos de sombra, encalado y su interacción ($p > 0,05$). El pH inicial del suelo en el terreno donde se ejecutó la investigación fue de 5,57. Se puede considerar que tuvo influencia en el factor fertilización de estudio anteriormente realizado, para que se den estos resultados ya que después de los 66 días de la aplicación del encalado con una dosis de 1 kg/planta, aunque no presentó diferencias estadísticamente significativas, los puntos más ácidos correspondieron al T1 (control 0% sombra y 0% encalado) y T2 (0% sombra y 100% encalado), presentaron un pH de (5,44 y 5,31), asimismo, a los 88 días de la aplicación, el resultado del pH de forma individual por tratamiento no presentó diferencias estadísticamente significativas, en concordancia con (Erraez & Vásquez, 2023), quienes se mencionan que el encalado en Ultisoles de suelos Tropicales debe ser suficiente para neutralizar la mayoría del aluminio intercambiable, lo cual eleva el pH de 5,5 a 6,0.

Los datos del pH (5,57), concuerdan con los análisis realizados en la presente investigación el suelo, el contenido de materia orgánica del lugar del ensayo fue de 11 % un valor relativamente alto, tomando en cuenta que anteriormente este estudio solo contaba con la aplicación de fertilización y adicional a esto, se encuentran las propias características de los suelos de la provincia de Zamora, que son considerados ácidos (Chóez Mendoza, 2023).

La conductividad eléctrica (CE) mide la capacidad de un suelo para conducir electricidad, utilizando las propiedades de las sales para conducir las; por lo tanto (CE), es la concentración de sales solubles en la solución del suelo. Según Patrick

(1985), nos dice que la variabilidad en la (CE), está sujeta a varias condiciones, presencia de MO, cationes como Ca^{2+} , K^+ , NA^+ , NH_4^+ o H^+ que elevan la (CE). En el estudio realizado los valores de conductividad eléctrica, registrados a los 66 y 88 días, no se encontraron diferencias significativas en los tratamientos y el control, no obstante, a los 88 días el T3 (80% sombra y 0% encalado), presentó un valor de (0,12ds/m) en relación a los demás tratamientos.

La concentración de clorofila, de acuerdo a los resultados obtenidos, no presentó diferencias significativas entre los tratamientos de sombra, encalado y su interacción frente al control T1 (control). Sin embargo, se registró que los tratamientos, T3 (80% sombra y 0% encalado), T4 (80% sombra y 100% encalado), registraron una mayor concentración de clorofila (48,33 y 48,75 nm), con relación a los tratamientos T1 (control 0% sombra y 0% encalado), T2 (0% sombra y 100% encalado), (43,73 y 42,25 nm). Los resultados obtenidos en esta investigación, tienen similitud con lo que expone (Tezara et al., 2022), el cacao se desarrolla bajo la sombra proporcionada por sistemas agroforestales y requiere inicialmente de la sombra temporal para garantizar la supervivencia y desarrollo de las plántulas, ya que ha baja disponibilidad de luz, induce a las células a un incremento en la concentración de clorofila para compensar la disminución de luz y optimizar la fotosíntesis.

Los valores de la Tasa de Crecimiento Absoluta (TCA) de los frutos para el clon CCN51 evaluados en las unidades experimentales de cacao en los diferentes tratamientos, a los 111 días después de la aplicación no se encontraron diferencias significativas ni en la interacción sombra y encalado, ni de manera independiente, no obstante la mayor tasa de crecimiento absoluto se dio en el T1 y T4 (0,04 y 0,05 cm d^{-1}). Sin embargo Baligar y Fageria (2005), como cito en (Rosas-Patiño et al., 2019), indica que el encalado mejora la disponibilidad y absorción de nutrientes en plántulas de cacao, indicando que no solo regula la fitotoxicidad sino también el uso eficiente de nutrientes, ya que los suelos ácidos limitan la eficiencia de los fertilizantes, bien sea de eficiencia agronómica (aumento del rendimiento por unidad de nutriente aplicado) o de recuperación del fertilizante (capacidad de la planta para tomar nutrientes aplicados al suelo).

Dentro de la evolución del análisis de la acidez del mucilago del cacao (pH), presentó diferencia significativa para la interacción sombra y encalado (p

<0,0001), el T1 (control) on un valor de 0,76 que fue estadísticamente significativo respecto al T2 (0% sombra y 100% encalado), T3 (80% sombra y 0% encalado), con valores entre 0,66 y 0,52, sin embargo el T4 tuvo un pH mayor que el T3. Los resultados obtenidos en esta investigación, tienen similitud con lo que expone (Portillo et al., 2007), con respecto a la acidez titulable el análisis mostró diferencias altamente significativas ($P < 0,01$), para la interacción doble.

En la evolución del °brix manifestaron medias semejantes entre los (14,5 y 15°brix), ya que los factores sombran y encalado, así como su interacción no afectaran significativamente ($p > 0,05$). Según (Quimbita et al., 2013) indica que la concentración inicial de sólidos solubles en el mosto es de 11,6 °Brix (natural sin adicionar azúcar), como también nos menciona (Vélez & Moyano, 2023), que el mucílago de cacao presenta un alto contenido de azúcares y valor nutritivo, por lo que puede ser aprovechado al máximo por la agroindustria en la elaboración de licores, jugos, néctares, jaleas.

Dentro de la evolución del contenido de grasa en la almendra si existió diferencia estadística significativa entre la interacción sombra y encalado (P -valor=0,0003) en los tratamientos T1 y T2 con valores de (48,98 y 47,48 %), que presentaron mayor contenido de grasa en la almendra, siendo estadísticamente significativos respecto al T3 y T4 con un valor de (38,01 y 43,63 %), de acuerdo con (López & Leiva, 2023), debe contener al menos un 35% de extracto seco de cacao, del cual al menos 18% debe ser manteca o grasa de cacao.

En la evaluación del porcentaje de ceniza se encontraron diferencias significativas para la interacción, entre sombra y encalado ($p < 0,0001$), el T1 presentó 3,63% de ceniza, siendo estadísticamente significativo con relación a T2, T3 Y T4 los cuales presentaron 2,92%; 2,85%; y 3,09% de ceniza respectivamente, de acuerdo con (Chumaña Zambrano, 2022), nos menciona que el porcentaje de ceniza en el cacao es de (1,13%) ya que la placenta está compuesta principalmente de agua (17,02%); proteína (2,45%); extracto etéreo (1,86%); fibra (5,33%) y aporta un contenido calórico de 491,68 kcal.

Con respecto a la humedad de la almendra si presentó diferencia estadística significativa para la interacción sombra y encalado (p -valor= 0,0005) el T4 contiene 5.05% de humedad, es decir es diferente estadísticamente a los T1, T2 y T3 cuyos

tratamientos presentaron valores entre 4,1 a 4,6 respectivamente de humedad. Los resultados obtenidos en esta investigación, tienen similitud con lo que expone (Quispe Torres, 2022), nos menciona que el contenido de humedad de los granos de cacao en estado verde o previo a la cosecha, es de alrededor del 55%, y esta es eliminada hasta alcanzar un 7% de humedad y conservar el sabor y aroma a chocolate.

Dentro de la evolución del número de semillas y rendimiento no existió diferencia estadística significativa entre la interacción sombra y encalado, sin embargo presentó diferencia para encalado de manera independiente lo cual podemos creer que la aplicación de cal se puede modificar un poco la acidez y la conductividad eléctrica (CE) para más adelante poder observar si se obtuvo un mejor rendimiento, (Aragón Mendoza & Vivas Valencia, 2022), nos menciona que la acidez del suelo y la toxicidad del aluminio genera desbalance de nutrientes en el suelo, daño a los cultivos y disminución de los rendimientos al agricultor generando pérdidas económicas y formando un suelo infértil o muy tóxico para la producción de cultivos y por lo tanto, reduce el rendimiento del cultivo.

8. Conclusiones

- El encalado del suelo y el sombreado provocaron ligeros cambios no significativos en las variables de crecimiento como son: área de sección transversal del tronco, diámetro de copa, área foliar y clorofila estimada mediante SPAD
- Los rasgos de calidad del cacao fueron afectados por los tratamientos, donde la acidez y sólidos solubles del mucilago, así como, el contenido de grasa y ceniza de la almendra tendieron a disminuir en los tratamientos que se aplicó la sombra
- El número de semillas, así como el rendimiento estimado de frutos se incrementaron significativamente por la adición de 2 kg/planta de cal al suelo.

9. Recomendaciones

- Seguir con la investigación a largo plazo, para poder describir la influencia de los factores sombra y encalado y su interacción en el rendimiento de cacao clon CCN51.
- Mejorar la implementación de la sombra y manejo de arvenses, ya que esto también puede influir en los resultados.
- Realizar un monitoreo del pH del suelo, ya que permitirá conocer los aspectos sobre la disponibilidad de nutrientes, permeabilidad de suelo y la acidez que es un factor muy importante en reacciones químicas y solubilidad de los nutrientes en las plantas.

10. Bibliografía

- Álvarez-Carrillo, F., Rojas-Molina, J., & Suárez-Salazar, J. C. (2015). Contribución de esquemas de fertilización orgánica y convencional al crecimiento y producción de *Theobroma cacao* L. bajo arreglo agroforestal en Rivera (Huila, Colombia). *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 16(2), 307-314.
- Anecacao. (2015). *EL Cacao CCN51*
- Anecacao. (2019). Sector exportador de cacao. 8. file:///C:/Users/HP/Downloads/cacao-ecuador-2019-4%20(1).pdf
- Aragón Mendoza, C. I., & Vivas Valencia, C. A. (2022). Diagnóstico del nivel de acidez y estimación de las necesidades de enmienda agrícola en suelos del municipio Pamplona, Norte de Santander mediante pruebas de incubación en laboratorio.
- Aremu-Dele, O., Sobowale, I., Nduka, B., Adesanya, K., & Solomon, O. Cacao production improvement in some major producing countries of the world.
- Avalos, S. H. (2005). *Experiencias Sorprendentes De Química Con Indicadores De Ph Caseros*. Universidad de Murcia. file:///C:/Users/HP/Downloads/3884-Texto%20del%20art%C3%ADculo-14060-1-10-20171017.pdf
- Avendaño-Arrazate. (2018). Floral Biology Of Creole, Trinitario And Forastero Cacao (*Theobroma Cacao* L.) In Mexico. <https://doi.org/https://doi.org/10.32854/agrop.v11i9.1225>
- Batista, L. (2009). Guía Técnica; El Cultivo de Cacao.
- Cacao, E. T. h. o. (2022). *Ecuador: The home of Cacao*. <https://republicadelcacao.com/blogs/news/ecuador-the-home-of-cacao>
- Cayllahua, A. G. C. (2016). *Diversidad De Artrópodos En Tres Sistemas De Cultivos De Cacao (Theobroma Cacao L.) En La Región Ucayali- Perú*
- Chóez Mendoza, F. A. (2023). 'CARACTERIZACIÓN SOCIO PRODUCTIVA DE LOS CAFICULTORES DE LA PARROQUIA PEDRO PABLO GÓMEZ Jipijapa-Unesum].
- Chumaña Zambrano, O. A. (2022). *Determinación del contenido de antioxidantes y actividad antioxidante de placenta de cacao (Theobroma cacao L.), variedades clon ccn-51 y tipo nacional x Trinitario* Quevedo: UTEQ].
- Cipriano, J. N. (2011). Efecto de la dolomita en el crecimiento del *Theobroma cacao* L.(CLON CCN-51) en un suelo ácido bajo condiciones de vivero en Tingo María.

- Elaje Solis, N. L. (2022). *Análisis de las características de calidad del grano de cacao fino de aroma ecuatoriano demandadas por el comercio nacional e internacional* BABAHOYO: UTB, 2021].
- Erraez, R. M. M., & Vásquez, E. (2023). Enmienda de cal en suelos degradados por la ganadería en la parroquia Panguintza, cantón Zumbi, provincia de Zamora Chinchipe. *Bosques Latitud Cero*, 13(1), 49-67.
- Fernández Jeri, A., Torres Armas, E., Chávez Quintana, S., Julca Otiniano, A., & Fernández Jeri, L. (2022). Caracterización socioeconómica y ambiental de las fincas productoras de cacao nativo en la provincia de Bagua, Perú. *Idesia (Arica)*, 40(2), 67-75.
- Ganadería, M. d. A. y. (2022). *Manejo integrado de enfermedades en cacao genera incrementos significativos en la producción*
- Gelber Rosas-Patiño, Puentes-Páramo, Y. J., & Menjivar-Flores, J. C. (2018). Liming effect on macronutrient intake for cacao (*Theobroma cacao* L.) in the Colombian Amazon. [https://doi.org/DOI: https://doi.org/10.21930/rcta.vol20_num1_art:1247](https://doi.org/DOI:https://doi.org/10.21930/rcta.vol20_num1_art:1247)
- Gerhardt GmbH, C. K. (2022). *PRODUCTOS Y SOLUCIONES PARA LA DETERMINACIÓN DE GRASA*. <https://www.gerhardt.de/es/analisis-metodos/determinacion-de-grasa/>
- Gonzalez, I. A. J. (2022). El Cacao.
- Guerrero, A. L. (2017). Producción y Comercialización de Cacao Fino de Aroma en el Ecuador. <https://www.scpm.gob.ec/sitio/wp-content/uploads/2019/03/ESTUDIO-DEL-CACAO-IZ7-version-publica-ultima.pdf>
- Guerrero, W. A. G. (2019). “*Caracterización Diferencial Dendrológica Del Cacao Criollo – Theobroma Cacao L. De Jaén Y San Ignacio– Región Cajamarca*” UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN]. .
- Jaimez, R. E., Barragan, L., Fernández-Niño, M., Wessjohann, L. A., Cedeño-García, G., Cantos, I. S., & Arteaga, F. (2022). *Theobroma cacao* L. cultivar CCN 51: a comprehensive review on origin, genetics, sensory properties, production dynamics, and physiological aspects. *PeerJ*, 10, e12676.
- Jaimez, R. E., Teraza, W., Coronel, I., & Urich, R. (2008). Ecofisiología del cacao (*Theobroma cacao*): su manejo en el sistema agroforestal. Sugerencias para su mejoramiento en Venezuela.
- Larrea, M. (2008). El cultivo de cacao nacional : Un bosque generoso. 1.
- López, J. T. T., & Leiva, J. C. d. J. A. (2023). Estudio de pre factibilidad de una fábrica de procesamiento de cacao en cacaosafer, 2019.

- Machetti, N., Pellegrini, A. E., Gutiérrez, N. M., Giraudo, R. A., Fernández, F. T. F., Vázquez, M. E., & Cosentino, D. J. (2019). Efecto Del Encalado Sobre Propiedades Químicas Y Físicas Del Suelo Y Sobre El Rendimiento De Soja (Glycine Max). 11.
- Murillo, O., & Badilla, Y. (2022). Árboles maderables como sombra de café. *Investiga. TEC*, 15(45), ág 11-14.
- Ortega, J. G., Venegas, J. J. F., Andrade, R. L., Velázquez, R. V., & Ganchozo, B. I. (2022). Behavior Of Corn (*Zea Mays* L.) Hybrids In Transitory System With Cacao (*Theobroma Cacao* L.) In Lodana Parish, Ecuador. <https://doi.org/https://doi.org/10.47230/unsum-ciencias.v6.n2.2022.633>
- Osmar, G. T. K. (2022). *Efecto De Bacillus Thuringiensis Más Ácido Fosfórico Sobre La Poblacion De Insectos Plaga En El Cultivo De Cacao* UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR].
- Piña, M., & Arboleda, M. E. (2010). Efecto de dos ambientes lumínicos en el crecimiento inicial y calidad de plantas de *Crescentia cujete*. *Bioagro*, 22(1), 61-66.
- Portillo, E., Graziani de Fariñas, L., & Betancourt, E. (2007). Análisis químico del cacao criollo porcelana (*Theobroma cacao* L.) en el sur del lago de Maracaibo. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 24(3), 522-546.
- Quimbita, F., Rodríguez, P., & Vera, E. (2013). Uso del exudado y placenta del cacao para la obtención de subproductos. *Revista Tecnológica-ESPOL*, 26(1).
- Quispe Torres, D. R. (2022). Manejo del cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) en Chipurana-San Martín.
- Ramírez, T. (2009). Situación de la producción de cacao en la provincia de Zamora Chinchipe: línea base 2009. 3. file:///C:/Users/HP/Downloads/administrador,+109-396-1-CE.pdf
- Restrepo, A. P. (2012). *Paquete Tecnológico Compañía Nacional De Chocolates S.A.S.* FOMENTO EMPRESARIAL AGRICOLA.
- Rodríguez-Velázquez, N. D., Chávez-Ramírez, B., Gómez de la Cruz, I., Vásquez-Murrieta, M.-S., & Estrada de los Santos, P. (2022). El cultivo del cacao, sus características y su asociación con microorganismos durante la fermentación.
- Rodríguez, M. Á. A. S.-D. G. L.-S. M. A.-T. D. L.-P. M. (2017). *Manual Técnico del Cultivo de Cacao Prácticas Latinoamericanas*. <http://www.iica.int>
- Rosas-Patiño, G., Puentes-Páramo, Y. J., & Menjivar-Flores, J. C. (2019). Efecto del encalado en el uso eficiente de macronutrientes para cacao (*Theobroma cacao* L.) en la Amazonia colombiana. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 20(1), 5-28.

- Sánchez, M. Á. A., León, D. G., Arce, S. M., López, T. D., & Rodríguez, P. M. (2017). Manual Técnico del Cultivo de Cacao Prácticas Latinoamericanas. 143.
- Tezara, W., Flores, H. B., Vera, P. P. G., Bolivar, F. M. R., Castilla, F. F., & Chila, V. H. R. (2022). ¿ La plena exposición solar podría representar ventajas fisiológicas para el cultivo de cacao criollo? *Revista ESPAMCIENCIA ISSN 1390-8103*, 13(1), 1-9.
- Tropeano, F. (2018). *Efectos Del Encalado Sobre Propiedades Fisicas Y Fisico-Quimicas De Dos Suelos De La Provincia De Buenos Aires, Su Impacto En El Rendimiento De Soja* UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA]. http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/70407/Documento_completo.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Urbia, V. (2022). *Tecnicas de control de calidad en frutas* file:///C:/Users/HP/Downloads/CAPITOL2%20tecnicas%20laboratorio.pdf
- Urina, C. A. A., Intriago, F. L. M., Zenteno, M. D. C., & Alejandra Yarley Suarez Zambrano⁴, q., Wilson Roberto Briones Caicedo. (2016). Comparison economic system of cacao plantation semi-technical in two of the Ecuador-producing areas.
- Vélez, Y. M. L., & Moyano, S. F. H. (2023). Aprovechamiento y evaluación de una bebida no alcohólica a base de mucílago y placenta de *Theobroma cacao* L, *Ananas comosus* y *Mangifera indica*. *Revista InGenio*, 6(1), 10-19.
- Viana, V. T. (2022). Comparativo entre os métodos nitrogênio de Kjeldahl e NIRS para análise de proteína bruta em farelo de soja.
- Villa, F. V. (2016). “*Fuentes Y Niveles De Encalado En El Crecimiento De Plantones De Cacao (Theobroma Cacao L.) En Dos Profundidades De Un Suelo*” UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA]. 2016.

11. Anexos

Anexo 1. Evidencia fotográfica



Fig.1. Recolección de toma de datos



Fig. 2. Análisis de laboratorio para extracción del mucilago de cacao

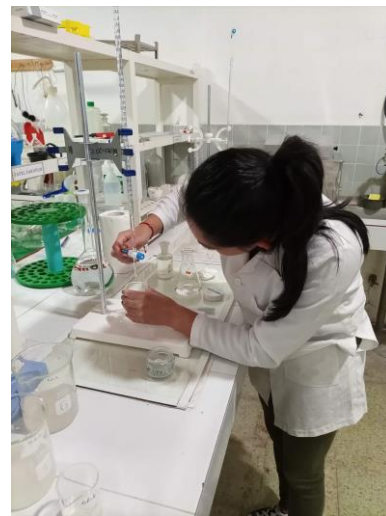


Fig. 3. Análisis de laboratorio para determinación de acides del mucilago en el cacao



Fig. 4. Análisis de laboratorio para determinación del peso de la almendra

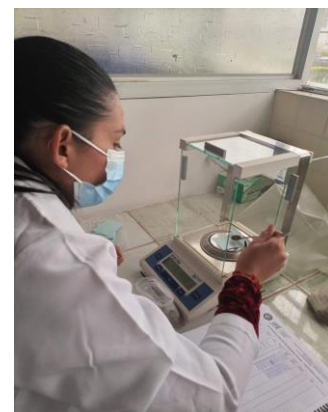


Fig. 5. Análisis de laboratorio para la determinación de grasa en la almendra

Anexo 2. Análisis de suelo realizado en la Estación Experimental Santa Catalina

MC-LASPA-2201-01



INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS
ESTACION EXPERIMENTAL SANTA CATALINA
LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS PLANTAS Y AGUAS
Panamericana Sur Km. 1. S/N Cutuglagua,
Tf's. (02) 3007284 / (02)2504240
Mail: laboratorio.csa@iniap.gob.ec

INFORME DE ENSAYO No: 22-0360

NOMBRE DEL CLIENTE: Gallardo Avendaño Maryuri Lizeth
PETICIONARIO: Gallardo Avendaño Maryuri Lizeth
EMPRESA/INSTITUCIÓN: Gallardo Avendaño Maryuri Lizeth
DIRECCIÓN: Padmi

FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA:
HORA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA:
FECHA DE ANÁLISIS:
FECHA DE EMISIÓN:
ANÁLISIS SOLICITADO:

16/05/2022
12:21
24/05/2022
27/05/2022
SUELO 4

Análisis	Ph	N	P	S	B	K	Ca	Mg	Zn	Cu	Fe	Mn	Ca/Mg	Mg/K	Ca+Mg/K	Σ Bases	MO	CO ²	Textura (%)			IDENTIFICACIÓN		
		ppm	ppm	ppm	ppm	meq/100g	meq/100g	meq/100g	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	meq/100g	%	%	Arena	Limo	Arcilla	Clase Textural				
22-1335	5,57 Me Ac	155 A	31 A	15 M	0,9 B	0,48 A	15,85 A	2,17 A	6,1 M	5,8 A	297 A	1,3 B	7,31	4,47	37,19	18,51	11	A		39	39	22	FRANCO	Gallardo Avendaño Maryuri Lizeth Muestra 1

Análisis	Al+H ⁺	Al ³⁺	Na ⁺	C.E. *	N. Total*	N-NO ₃ *	K H ₂ O*	P H ₂ O*	Cl ⁻	pH KCl ¹	IDENTIFICACION
Unidad	ppm	ppm	meq/100g	%	%	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	

OBSERVACIONES:

* Ensayos no solicitados por el cliente

METODOLOGIA USADA	
pH = Suelo: Agua (1:2,5)	F K Ca Mg = Otros Modificados
SR = Fosfato de Calcio	Cu Fe Mn Zn = Otros Modificados
	B = Carambola

INTERPRETACION		
pH		Elemento
Ac = Acido	N = Neutro	B = Bajo
LAe = Liger Acido	LAI = Lige Alcalino	M = Medio
PN = Phos. Neutro	AI = Alcalino	A = Alto
RC = Requiem Car		T = Trazo (Boro)

ABREVIATURAS	
C.E. =	Conductividad Eléctrica
M.O. =	Materia Orgánica

METODOLOGIA USADA	
C.E. =	Pasta Saturada
M.O. =	Dicromato de Potasio
AMH =	Titración NaOH

INTERPRETACION		
Al+H, Al y Na	C.E.	M.O y Cl
B = Bajo	NS = No Salino	S = Salino
M = Medio	LS = Lig Salino	MS = Muy Salin
T = Trazo		A = Alto

LABORATORISTA

RESPONSABLE DE LABORATORIO

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio. Los resultados arriba indicados solo están relacionados con el objeto de ensayo.

NOTA DE DESCARGO: La información contenida en este informe de ensayo es de carácter confidencial, está dirigida únicamente al destinatario de la misma y solo podrá ser usada por este. Si el lector de este correo electrónico o fax no es el destinatario del mismo, se le notifica que cualquier copia o distribución de este se encuentra totalmente prohibido. Si usted ha recibido este informe de ensayo por error, por favor notifique inmediatamente al remitente por este mismo medio y elimine la información.

* Opiniones de interpretación, etc, que se indican en este informe constituye una guía para el cliente.

Anexo 3. Certificación de traducción del Abstract

CERTIFICACIÓN

En calidad de traductor del resumen de la Tesis titulada, **“EFECTO DE DOS NIVELES DE SOMBRA Y DOS NIVELES DE ENCALADO SOBRE LAS VARIABLES PRODUCTIVAS EN EL CACAO CLON CCN-51 EN LA PROVINCIA DE ZAMORA CHINCHIPE”**, de autoría de la señorita egresada **Maryuri Lizeth Gallardo Avendaño** de la carrera de Ingeniería Agronómica en la Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional de Loja, previa a lo obtención del título de Ingeniero Agrónomo.

Es todo lo que puedo certificar en honor a la verdad, autorizando a la interesada hacer uso del presente en lo que estime conveniente.

Loja, 20 de febrero del 2024

Atentamente:



.....
Lic. Sara Patricia Chanta Jiménez, Mgs

1105366841