



Universidad
Nacional
de Loja

Universidad Nacional de Loja

Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables

Carrera de Agronomía

Efecto del encalado y diferentes niveles de sombra sobre la productividad de (*Theobroma cacao* L.) clon CCN51, en la provincia de Zamora Chinchipe.

Trabajo de Integración Curricular
previo a la obtención del título de
Ingeniero Agrónomo

AUTOR:

Jonathan Andrés Quezada Jumbo

DIRECTORA:

Ing. Marlene Lorena Molina Müller PhD.

Loja – Ecuador

2023

Educamos para **Transformar**

Certificación

Loja, 17 de febrero de 2023

Dra. Marlene Lorena Molina Müller

DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

CERTIFICO:

Que he revisado y orientado todo el proceso de elaboración del Trabajo de Integración Curricular denominado: **Efecto del encalado y diferentes niveles de sombra sobre la productividad de *Theobroma cacao* L. clon CCN51, en la provincia de Zamora Chinchipe**, previo a la obtención del título de Ingeniero Agrónomo, de la autoría del estudiante **Jonathan Andrés Quezada Jumbo**, con cédula de identidad Nro.**1150106504**, 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.



Firmado electrónicamente por:
**MARLENE LORENA
MOLINA MULLER**

Dra. Marlene Lorena Molina Müller.

DIRECTORA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Autoría

Yo, **Jonathan Andrés Quezada Jumbo** declaro ser autor del presente Trabajo de Integración Curricular 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 Integración Curricular, en el Repositorio Digital Institucional-Biblioteca Virtual.



Firma:

Cédula de identidad: 1150107504

Fecha: 30 de junio 2023

Correo electrónico: jonathan.a.quezada@unl.edu.ec

Teléfono: 0990620081

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

Yo, **Jonathan Andrés Quezada Jumbo** declaro ser autor del Trabajo de Integración Curricular denominado: **Efecto del encalado y diferentes niveles de sombra sobre la productividad *Theobroma cacao* L. clon CCN51, en la provincia de Zamora Chinchipe**, como requisito para optar por el título de **Ingeniero Agrónomo** 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 Integración Curricular que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, a los treinta días del mes de junio del dos mil veintitrés

Firma:



Autor: Jonathan Andrés Quezada Jumbo

Cédula: 1150107504

Dirección: San Vicente Alto-Loja

Correo electrónico: jonathan.a.quezada@unl.edu.ec

Celular: 0990620081

DATOS COMPLEMENTARIOS

Directora del Trabajo de Integración Curricular: Ing. Marlene Lorena Molina Müller
PhD.

Dedicatoria

El presente trabajo va dedicado principalmente a mi tía y abuelita que en este tiempo de estudio han sido un apoyo emocional y económico muy esenciales, han sido mi principal motivación para mi crecimiento personal y este logró tan anhelado.

Con mucho amor y cariño.

Jonathan Andrés Quezada Jumbo.

Agradecimiento

Agradezco en primer lugar a Dios por permitirme lograr esta nueva meta, llena de amor y sabiduría día a día, a la Universidad Nacional de Loja y a todos los docentes que durante este tiempo supieron brindarme sus conocimientos con paciencia y perseverancia para mi crecimiento profesional.

Agradezco a todo el equipo de investigación del proyecto del cacao, por abrirme las puertas a formar parte del equipo de trabajo e investigación; especialmente a mi Directora de trabajo la Dra. Marlene Lorena Molina Müller PhD, agradecerle por su dedicación, dirección, apoyo, acompañamiento e impulso investigativo brindado.

A mi docente de investigación Dra. Marina Mazón que por medio de sus clases y asesorías me permitieron tener mayor claridad en el proceso de mi tesis, al Ing. Johnny Granja y la Dra. Mirian Capa por sus asesorías en el proceso de cálculos y redacción de resultados.

Mi sincero agradecimiento a la Ing. Tania Sarango técnica del laboratorio de Análisis Químico de la Universidad Nacional de Loja, por su gentileza, entrega y predisposición para realizar cada uno de los análisis que se llevaron a cabo en este proyecto.

Finalmente, a mi tía Tricia María Quezada Jumbo y mi abuelita Genoveva Adelaida Jumbo Cuenca por ser mi principal apoyo y motivación gracias por siempre estar para mí.

Jonathan Andrés Quezada Jumbo.

Índice de Contenido

Portada	i
Certificación	ii
Autoría.....	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
Objetivos.....	5
3.1 Objetivo General.....	5
3.2 Objetivos Específicos	5
4. Marco Teórico.....	6
4.1 Origen y generalidades	6
4.2 Taxonomía	6
4.3 Morfología	7
4.4 Cacao clon CCN-51	7
4.5 Características.....	7

4.6 Sombra del cacao CCN51.....	9
4.7 Sombra provisional o temporal:	9
4.8 La Sombra permanente:.....	9
4.9 Encalado	9
4.10 Óxido de calcio (CaO).....	10
4.11 Hidróxido de calcio	10
4.12 Cal agrícola o calcita	10
4.13 La dolomita.....	10
5. Metodología.....	11
5.1 Localización del estudio.	11
5.2 Métodos	12
5.3 Tipo y alcance de la investigación.....	12
5.4 Diseño experimental.	12
5.5 Metodología General	14
5.5.1 Metodología para el primer objetivo	15
5.5.2 Metodología para el segundo objetivo.....	16
5.6 Análisis estadístico.	17
6. Resultados.....	18
6.1 Resultados del primer objetivo.....	21
6.2 Resultados del segundo objetivo.....	24
7. Discusión.....	29
8. Conclusiones.....	33
9. Recomendaciones.....	34
10. Bibliografía.....	35
11. Anexos.....	42

Índice de Figuras

Figura 1. Ubicación de lugar de estudio (Estación experimental “El Padmi”). Fuente: (Espinosa, 2021).	11
Figura 2. Delineamiento del diseño experimental para la evaluación de sombra y encalado en el crecimiento y rendimiento del cacao (<i>Theobroma cacao</i> L.) clon CCN51 en el Padmi, Zamora Chinchipe.	13
Figura 3. Diámetro de copa en el cacao clon CCN-51 bajo condiciones de sombra y encalado al inicio y al final de la evaluación.	18
Figura 4. Longitud de la mazorca de cacao clon CCN-51 en función de los factores sombra (A) y encalado (B) por separado. Las barras sobre las columnas de los tratamientos representan el error estándar de la media.	20
Figura 5. Número de frutos/planta de cacao clon CCN-51 en función de los tratamientos aplicados. Barras verticales representan el error estándar.	21
Figura 6. Peso del fruto en función del factor sombra (A) y el factor encalado (B) de cacao clon CCN-51. Las barras sobre las columnas de los factores tipo de sombra y encalado representan el error estándar de la media.	23
Figura 7. Rendimiento estimado de cacao clon CCN-51 en función de los tratamientos aplicados.	24
Figura 8. Índice de área foliar en el cacao clon CCN51 bajo condiciones de sombra y encalado al inicio y al final de la evaluación. Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas, Tukey ($p < 0,05$).	25
Figura 9. Dinámica de Índice de clorofila SPAD en el cacao clon CCN-51 bajo condiciones de sombra y encalado en cada evaluación (desde 0 a los 84 días después del inicio de la evaluación).	26
Figura 10. Dinámica del pH del suelo en el cultivo de cacao clon CCN-51. Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas, Tukey ($p < 0,005$).	27
Figura 11. Conductividad eléctrica en función del nivel de sombra en el cultivo de cacao	28
Figura 12. Conductividad eléctrica en función del encalado en el cultivo de cacao clon CCN51, al final de la evaluación. Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas, Tukey ($p < 0,05$). Barras verticales representan el error estándar	28

Índice de Tablas

Tabla 1. Longitud del fruto de cacao clon CCN 51 en la estación experimental El Pادمي para cada tratamiento evaluado. Se muestran los p-valores obtenidos mediante el análisis ANOVA.	19
Tabla 2. Peso del fruto de cacao clon CCN-51 en la estación experimental El Pادمي para cada tratamiento evaluado. Se muestran los p-valores obtenidos mediante el análisis ANOVA.	22

Índice de Anexos

Anexo 1. Evidencias de trabajo de campo.....	42
Anexo 2. Plantas de cacao con diferentes niveles de sombra.	42
Anexo 3. Medición del índice de clorofila SPAD.	42
Anexo 4. Medición del ancho de la hoja	43
Anexo 5. Recolección de muestras de suelo.....	43
Anexo 6. Aplicación de cal.	44
Anexo 7. Certificación de traducción del resumen.....	45

1. Título

Efecto del encalado y diferentes niveles de sombra sobre la productividad de *Theobroma cacao* L. clon CCN51, en la provincia de Zamora Chinchipe.

2. Resumen

El cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) tiene gran importancia socioeconómica en América Latina y el Caribe ya que es uno de los principales productos de exportación, sea como materia prima o elaborados; el cultivo de cacao genera significativas fuentes de ingresos económicos y brinda trabajo a miles de personas, contribuyendo con el 5 % de la población económicamente activa nacional (PEA) y el 15 % del PEA rural, sin embargo, los suelos ácidos de esta región limitan la disponibilidad y absorción de nutrientes. Por ello, en el presente trabajo se planteó evaluar el efecto del encalado y diferentes niveles de sombra sobre la productividad de *Theobroma cacao* L. clon CCN51, en la provincia de Zamora Chinchipe. Se estableció un diseño completamente al azar con arreglo bifactorial (sombra y encalado), con 4 tratamientos y 4 repeticiones. Se evaluaron diámetro de copa, longitud del fruto, número de frutos/planta, rendimiento estimado, peso del fruto, conductividad eléctrica y pH del suelo, índice SPAD e índice de área foliar. El efecto de los tratamientos sobre las variables se evaluó mediante ANOVA y test de Tukey ($p < 0,05$). Los resultados señalaron que se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos en variables diámetro de copa e índice SPAD, el diámetro de copa aumentó con la sombra. Sin embargo, no se produjo un efecto significativo para las demás variables evaluadas. Los resultados de este trabajo nos dan a conocer que en las plantas de cacao la sombra no es indispensable en la etapa de producción de cacao, referente al encalado este sí tuvo efectos ya que mejoró el pH del suelo por lo tanto aumentó la disponibilidad de nutrientes.

Palabras clave: *Theobroma cacao* L, crecimiento, rendimiento, sombra, encalado.

2.1 Abstract

The cultivation of cocoa (*Theobroma cacao* L.) is of great socioeconomic importance in Latin America and the Caribbean as it is one of the main export products, either as raw material or processed; cocoa cultivation generates significant sources of economic income and provides work for thousands of people, contributing 5% of the national economically active population (EAP) and 15% of the rural EAP, however, the acid soils of this region limit the availability and absorption of nutrients. Therefore, in this study, the effect of liming and different levels of shade on the productivity of *Theobroma cacao* L. clone CCN51, in the province of Zamora Chinchipe, was evaluated. A completely randomized design with a bifactorial arrangement (shade and liming) was established, with 4 treatments and 4 replications. Canopy diameter, fruit length, number of fruits/plant, estimated yield, fruit weight, electrical conductivity and soil pH, SPAD index and leaf area index were evaluated. The effect of the treatments on the variables was evaluated by ANOVA and Tukey's test ($p < 0.05$). The results showed that significant differences were found between treatments in the variables crown diameter and SPAD index; the crown diameter increased with shade. However, there was no significant effect for the other variables evaluated. The results of this study show that shade is not essential for cocoa plants during the cocoa production stage, while liming did have an effect on soil pH and therefore increased the availability of nutrients.

Key words: *Theobroma cacao* L, growth, yield, shade, liming.

3. Introducción

El cacao es uno de los principales cultivos de Ecuador, produce alrededor de 253 000 toneladas métricas de cacao (*Theobroma cacao* L.), tanto en la región costa como en la Amazonía. El 70 % de la producción es considerado como cacao fino y de aroma (ESPAC, 2020), El cultivo de cacao genera significativas fuentes de ingresos económicos y brinda trabajo a miles de personas, contribuyendo con el 5 % de la población económicamente activa nacional (PEA) y el 15 % del PEA rural (ANECACAO, 2019). Los rendimientos en la provincia de Zamora Chinchipe son para cacao CCN51 1,55 t/ha/año y para cacao nacional fino de aroma 0,66 t/ha/año. A pesar de la gran importancia económica y agronómica que tiene el cacao, el rendimiento promedio nacional no supera las 0,5 t ha⁻¹ es por eso que este tema se ha considerado un problema y está relacionado con el sistema de producción de este cultivo, que mayoritariamente son poco tecnificados, sumado a esto, existe insuficiente conocimiento sobre los factores que determinan el rendimiento del cacao (ABAD, 2020).

La problemática actual de los productores de la provincia de Zamora Chinchipe, es la utilización de material genético sin previo estudio de adaptabilidad a las condiciones edáficas y climáticas existentes en la zona, a esto se suman los problemas de manejo de los sistemas de producción. En la Amazonía ecuatoriana, la presencia de suelos ácidos con baja fertilidad, gran contenido de metales pesados y materia orgánica de baja calidad, influye directamente en la producción y rendimiento del cacao., por lo que es necesario acudir al encalado ya que es la práctica más común y efectiva para corregir la acidez del suelo, al mejorar el ambiente químico en torno del sistema radicular. Otro factor que limita la producción de cacao son los cambios climáticos desfavorables (bajas temperaturas), falta de asistencia técnica, y presencia de enfermedades fitosanitarias (monilla, escoba de bruja), reflejándose en los bajos rendimientos productivos y calidad del fruto, Otro factor limitante es el efecto de la sombra que se deben tener en cuenta desde el establecimiento de una plantación de cacao y durante su desarrollo. La radiación solar varía considerablemente, lo que también modifica las respuestas fisiológicas del cultivo. De igual forma, la aplicación de enmiendas para controlar la acidez del suelo es un factor decisivo en el rendimiento y calidad del producto cosechado. Los sistemas tradicionales de producción de cacao usan sombra a través de sistemas agroforestales, pero no está claro si la reducción de la radiación solar en estos sistemas de producción mejora la productividad del cacao; Además, estos datos sobre genotipos

nacionales cultivados en la región amazónica del sur de Ecuador son escasos (Sánchez et al., 2019).

De igual manera, para mantener la vitalidad de un cacao en condiciones óptimas, producción estable y mejores ganancias, es muy importante considerar que debe ir acompañada de otras labores como: sombra, deshierbe, control de plagas y enfermedades.

Esta investigación se involucra dentro de las líneas de investigación de la Universidad Nacional de Loja, “Sistemas de producción agropecuaria para la soberanía alimentaria”, además, dentro del plan de estudio de la Carrera de Ingeniería Agronómica, se involucra en las líneas de investigación “Generación y validación de tecnologías apropiadas para la producción de frutales y cultivos”. Por último, esta investigación se encuentra dentro del macro proyecto que se denomina “Efecto de la radiación fotosintéticamente activa sobre cacao en la Región Sur del Ecuador y sus implicaciones agronómicas”. Con la finalidad de cumplir el propósito de la presente investigación se plantearon los siguientes objetivos:

3.1 Objetivos

3.1.1 Objetivo General

Evaluar el efecto de la sombra y encalado sobre variables productivas y del suelo en el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) clon CCN51.

3.1.2 Objetivos Específicos:

- Determinar el efecto de la sombra y el encalado del suelo sobre rasgos productivos del cacao clon CCN51
- Identificar cuál es la influencia de la sombra y el encalado sobre las características del suelo y variables fisiológicas en el cultivo de cacao CCN51.

4. Marco Teórico

4.1 Origen y generalidades

El cacao es un árbol americano de origen amazónico, conocido también como cacaotero, ya que por cacao se refiere normalmente al fruto que da dicho árbol, o incluso al producto del secado y la fermentación de las semillas de dicho fruto. Se trata de un árbol de hoja perenne, siempre en floración, que requiere de climas húmedos y calurosos. Suele medir alrededor de 7 metros si es cultivado y por encima de 20 m en la naturaleza.

El fruto del cacaotero, llamado “mazorca”, es una baya grande y ovalada, carnosa, cuya coloración tiende del amarillo a la púrpura, y de unos 30 cm de largo. Dentro de cada mazorca de cacao se encuentran entre 30 y 40 semillas, incrustadas en una pulpa. El fruto puede pesar unos 450 gramos al madurar, cosa que empieza a ocurrir a los cuatro o cinco años de vida del árbol (Andrade, 2021).

El centro de diversidad de cacao se encuentra en la región amazónica en lo que hoy es Brasil, Perú, Ecuador, Venezuela y Colombia (Dostert et al., 2011).

El cacao aporta una cantidad importante en la economía del Ecuador, por ser un producto de exportación que constituye una fuente de empleo para un alto porcentaje de habitantes de los sectores rurales y urbano. Esta especie representa uno de los rubros más importantes para el país, constituyendo el 5 % de la producción mundial, siendo también uno de los cultivos tradicionales de interés comercial (Montes, 2016).

4.2 Taxonomía

León (2020); detalla la siguiente clasificación taxonómica:

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Malvales

Familia: Malvaceae

Género: *Theobroma*.

Especie: *Theobroma cacao* L.

4.3 Morfología

Su semilla se encuentra dentro del fruto. El número, tamaño y forma de las semillas dependerá de la variedad, son de forma aplanada o redonda de 2 cm a 4 cm de tamaño, están ubicadas en cinco hileras dentro del fruto. Tiene una raíz principal pivotante muy profunda que puede llegar a medir hasta 1m de profundidad, si se siembran las plantas con la raíz torcida el árbol se desarrollará de manera anormal y su producción será baja, y a futuro se tendrá que cambiar la planta. La planta proviene de semilla que produce un tallo erecto el cual puede llegar a medir de 1m a 1,50m de altura, de este emergen las ramas en número de 3 a 5 con un crecimiento horizontal formando el llamado abanico o horqueta (Torres, 2012).

4.4 Cacao clon CCN-51

Según Cedeño (2016), Homero Castro Zurita inició su arduo trabajo de investigación en Naranjal en 1960 en la Haciendas Pechichal, Sofía y Theobroma con la finalidad de buscar materiales mejorados y lograr de forma privada varios híbridos con características superiores en cuanto a tolerancia de enfermedades, alta productividad y calidad. El clon CCN-51 fue obtenido de la hibridación entre ICS-95 (Trinitario) y IMC-67 (Forastero), posteriormente realizó un segundo cruce a dicho híbrido con un Canelos (Trinitario) encontrado en el Oriente ecuatoriano al que identificó con las siglas, CCN cuyo significado es “Colección Castro Naranjal” y de entre los cuales sobresalió CCN-51, mismo que una vez catalogado por Homero Castro como “Promisorio” y comprobadas todas sus características se procedió a su respectiva propagación en 1965 (León, 2020).

4.5 Características

- Es un cultivo precoz y su producción inicia a los dos años de edad, la principal característica de este híbrido es su alta productividad.
- Auto - compatible, es decir no necesita polinización cruzada para una adecuada fructificación.
- Tolerancia a la “escoba de bruja”, enfermedad de gran importancia para el cultivo de cacao.
- Fácil adaptación: se adapta a casi todas las zonas tropicales, pero no supera los 1000 msnm.

- Excelente índice de mazorca y semilla (17,6 mazorcas/Kilo y 1,45 gr./semilla seca y fermentada).
- Porcentaje de manteca de (54 %), lo que lo hace muy cotizado por las industrias.
- Con un buen manejo postcosecha presenta buena calidad del grano (Cedeño, 2016).

Variedades de cacao

Criollo

Son árboles genéticamente similares, que se cree que fueron domesticados por la civilización maya. Las plántulas jóvenes se pueden identificar por la presencia de cotiledones verdes y por la de los tallos de las hojas (peciolos) con una orientación horizontalmente opuesta.

Forastero

Se refiere a cualquier árbol que no sea criollo o híbrido y que por lo general produzca semillas de color morado oscuro, es originario de la región amazónica y se cultiva principalmente en África occidental y el sudeste asiático. Forma el 95 % de la producción mundial de cacao y es la más utilizada por su mayor rendimiento que la variedad Criollo.

Trinitario

Clones o progenies de híbridos producidos originalmente en Trinidad entre árboles 'Criollo' y 'Forastero' que se originaron en la cuenca baja del río Amazonas. Sin embargo, luego se extendió a Venezuela, Ecuador, Camerún, Samoa, Sri Lanka, Java y Papúa Nueva Guinea. Se cree que surgió por primera vez en la isla de Trinidad, después de que un huracán casi destruyera los cultivos criollos locales en 1727.

Nacional

Se originó en la zona amazónica de Ecuador. Tiene distintas características de aroma y sabor. Aunque se cultiva menos y contribuye solo al 5 % de la producción mundial de cacao, representa más del 50 % del cacao fino comercializado en todo el mundo cada año. Hasta principios del siglo XX, los cultivares Nacionales eran el único tipo de cacao cultivado en el Ecuador, con un sabor y aroma únicos, conocidos como 'arriba'.

4.6 Sombra del cacao CCN51

El cacao común mente se ha venido cultivando de diferentes formas, entre ellas la más tradicional es bajo sombra, misma que puede ser permanente o temporal. La ausencia de sombra ha mostrado un impacto negativo en el almacenamiento de nutrientes, afectando al rendimiento del cacao (Nelson et al., 2011).

Santana y Cabala-Rosand (2009) señalan que los árboles de cacao que crecen bajo sombra, pueden tener una relación positiva con el rendimiento, a través de los aportes nutricionales que aporta la hojarasca de los árboles usados para sombreado suelo. Aunque también se ha mostrado que los árboles bajo sombra presentan efectos negativos, ya que el follaje de los árboles acompañantes del cultivo, impide una directa radiación fotosintéticamente activa de manera hacia las hojas de las plantas, por lo que, existiría menos fotosíntesis, y contrariamente, mayor presencia de plagas y enfermedades que afectan la producción y el rendimiento de las mazorcas de cacao (Wartenberg et al., 2018). Sin embargo, (Álvarez et al., 2015), indica que las plantas de cacao requieren sombra parcial, tanto en etapa de crecimiento como de producción. En general, la sombra cumple la función reguladora de las actividades fisiológicas de las plantas de cacao, es por ello que, para el establecimiento de una plantación se consideran los niveles de sombra en función de las condiciones climáticas de la zona. Para el sombreado, se conocen dos tipos de sombra:

4.7 Sombra provisional o temporal:

Recomendable durante un corto período, sirviendo de protección a las plantas jóvenes de la excesiva luminosidad y generando rentas al productor hasta que las plantas entren en etapa de producción. Generalmente entre las especies utilizadas para sombra, se siembra plátano, yuca, papaya, entre otras (Dubón, 2016).

4.8 La Sombra permanente:

Proveniente de la vegetación nativa y preferible adaptar un sistema con especies de leguminosas como guabo y laurel (Suarez et al., 2017).

4.9 Encalado

La acidez del suelo se corrige con la aplicación de sales básicas que neutralizan la acidez. Son diversos los materiales que pueden utilizarse para el encalado de los suelos, pero

todos difieren en su capacidad de neutralización. Los materiales más comunes son carbonatos, óxidos, hidróxidos y silicatos de calcio y magnesio.

4.10 Óxido de calcio (CaO)

El óxido de calcio o cal viva, es un polvo blanco complicado de manejar, debido a que este material es producto del calcinado al horno de piedra caliza. Al aplicarlo a suelos ácidos reacciona rápidamente, por lo que sus efectos al igual son rápidos. Al ser un óxido, reacciona inmediatamente en contacto con el agua provocando una fuerte reacción exotérmica que libera iones OH⁻. Cuando se decide aplicar óxido de calcio es indispensable considerar mezclarlo rápidamente, ya que por la humedad del suelo se endurece rápidamente, y se hace inefectivo. El óxido de calcio puro contiene 71 % de Ca.

4.11 Hidróxido de calcio

Conocida como cal apagada o cal hidratada, proviene de la reacción del óxido de calcio con agua. También es un polvo difícil de manejar, y al igual que la cal viva, reacciona rápidamente en el suelo, por lo que su incorporación debe ser lo antes posible. Los efectos de este material para neutralizar la acidez son considerados intermedios entre el óxido de calcio y el carbonato de calcio.

4.12 Cal agrícola o calcita

Es el más utilizado y está constituido principalmente de carbonato de calcio (CaCO₃). Se obtiene a partir de roca caliza y roca calcárea o calcita que se muele y luego se tamiza en mallas de diferente tamaño. Contienen su forma pura 40 % de Ca.

4.13 La dolomita

Es carbonato doble de calcio y magnesio, conteniendo en su forma pura 21,6 % de Ca y 13,1 % de Mg. Es un material de más lenta reacción que la calcita, pero tiene la ventaja de aportar magnesio, elemento que frecuentemente se encuentra deficiente en suelos ácidos. A parte de la dolomita, existen otros materiales que se utilizan para encalar suelos y que contienen magnesio, pero en menor cantidad (Astudillo, 2017).

5. Metodología

5.1 Localización del estudio.

El proyecto se desarrolló en la Estación Experimental “El Padmi” de la Universidad Nacional de Loja, ubicada en la parroquia Los Encuentros perteneciente al cantón Yantzaza, de la provincia de Zamora Chinchipe, figura 1 situado a $3^{\circ} 44' 47.424''$ de Latitud Sur y a $78^{\circ} 37' 10.537''$ de Longitud Oeste. La Estación posee un área de 102,95 hectáreas, y está a una altitud entre 775 y 1150 msnm. De acuerdo con Köppen y Geirger el clima varía entre tropical subhúmedo y tropical húmedo; es cálido y lluvioso con una temperatura media anual de $22,8^{\circ}$ C y una precipitación de 1 950 mm, repartidas de forma homogénea durante todo el año. La zona de vida corresponde a bosque muy húmedo premontano (bh-PM) y bosque húmedo tropical (bh-T) (Ortiz, 2022).

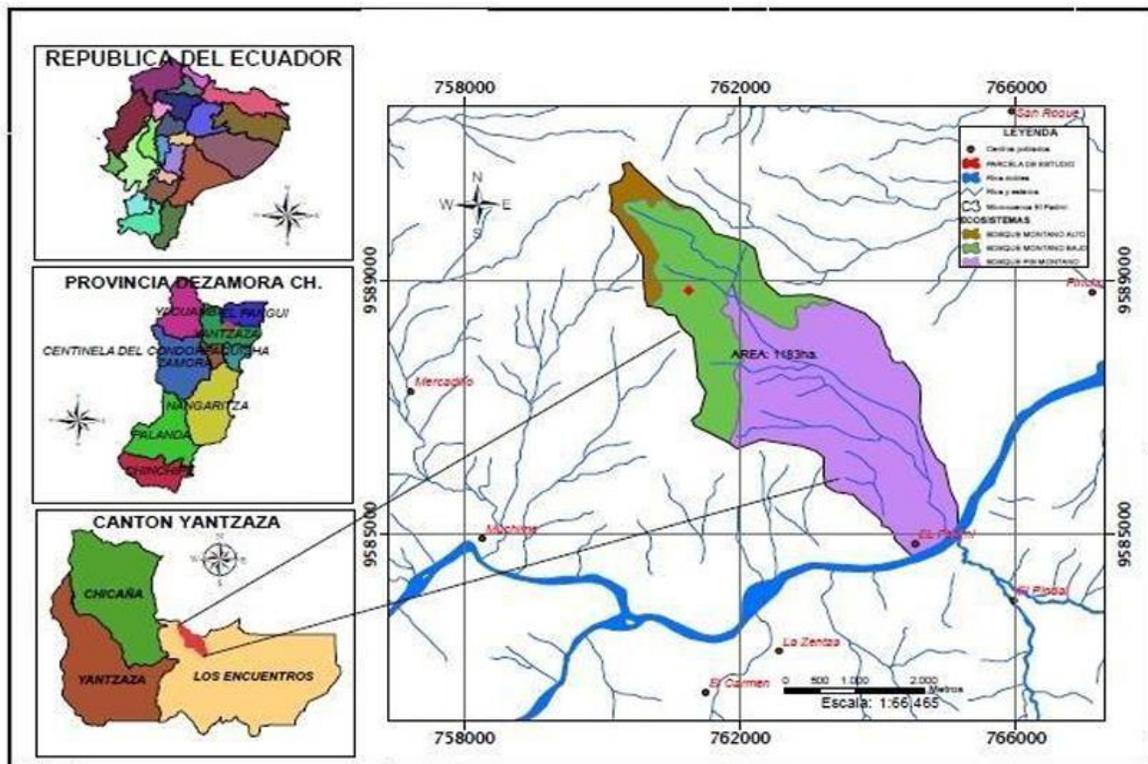


Figura 1. Ubicación de lugar de estudio (Estación experimental “El Padmi”).

Fuente: (Espinosa, 2021).

5.2 Métodos

En el proyecto de investigación se emplearon los métodos inductivo- deductivo, ya que se partió de la observación y medición de variables de campo del cacao clon CCN51 bajo tratamientos de sombra y encalado.

5.3 Tipo y alcance de la investigación

Este proyecto de investigación es de tipo experimental, ya que se tuvo como finalidad controlar y observar las características y variables de la población, con un enfoque cuantitativo, ya que se recopilaban datos numéricos y mediciones de variables de campo. Además, el proyecto que se lleva a cabo pertenece a una investigación descriptiva ya que se describirán el efecto de los tratamientos para cada variable que se mida.

5.4 Diseño experimental.

En campo se encuentran establecidos 3 clones de cacao (CCN-51, EETP-800 y EETP-801) sembrados en bloques distintivos con fines de investigación. Para el presente estudio se seleccionaron plantas del clon CCN51, y se realizó la distribución al azar de los tratamientos. Se aplicó un Diseño Completamente al Azar (DCA) con arreglo bifactorial, donde se evaluaron los factores sombra (0 % y 80 %) y encalado (0 % y 100 %), con 4 tratamientos y 4 repeticiones. Se consideraron 16 plantas de cacao clon CCN-51, cada planta de cacao fue considerada como una unidad experimental (UE). Los tratamientos, repeticiones y el diseño experimental que se utilizaron se describen en la figura 2.

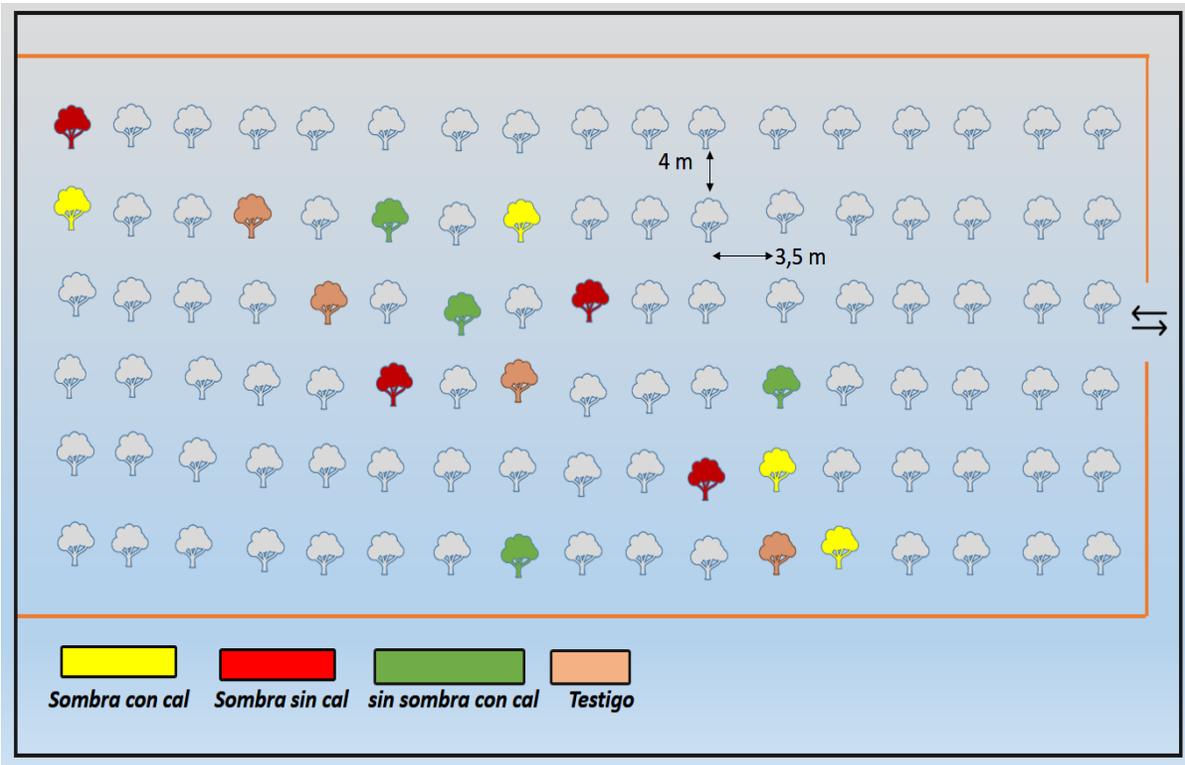


Figura 2. Delineamiento del diseño experimental para la evaluación de sombra y encalado en el crecimiento y rendimiento del cacao (*Theobroma cacao* L.) clon CCN51 en el Padmi, Zamora Chinchipe.

Modelo estadístico del diseño experimental.

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \epsilon_{ij}$$

- Y_{ij} = variable respuesta
- μ = Media global de la variable respuesta
- α_i = Efecto del factor sombra (i:1,2)
- β_j = Efecto del factor fertilización (j:1,2)
- $(\alpha\beta)_{ij}$ = Efecto de la interacción entre sombra y fertilización.
- ϵ_{ij} = Error experimental.

5.5 Metodología General

La investigación abarcó el periodo comprendido de octubre 2022 a febrero 2023 y se desarrolló en dos fases: la primera se desarrolló en campo y la segunda bajo estimación de datos ya que no se obtuvieron los resultados esperados por parte del rendimiento. Se trabajó en una plantación de cacao clon CCN51 establecida en el 2019, las plantas se encuentran a luz directa y con sombra artificial con la ayuda de un sarán o polisombra instalada a una altura de 2-3 m desde el suelo. A los árboles de los tratamientos con cal se les aplicó el método de enmienda con el fin de disminuir la acidez del suelo.

Todas las plantas ya establecidas en el lugar de estudio tienen dos años y medio de edad, su marco de plantación fue de 3,5 m entre planta y 4 m entre surcos, con una densidad de 714 plantas/ha.

Cada uno de los tratamientos de sombra previamente establecidos poseían mallas sarán con nivel de retención de Radiación Fotosintéticamente Activa (PAR, por sus siglas en inglés) de 80 %. Esta malla estuvo a 2 m de la altura desde el suelo, y se mantuvo así durante todo el tiempo de ejecución del ensayo (Anexo 1).

Se dio el mismo manejo agrotécnico a todas las unidades experimentales: en el mes de agosto se realizó el control de malezas con motoguadaña y poda con la ayuda de tijeras podadoras, para el mes de septiembre se realizó el control de malezas con el herbicida glifosato cuya dosis fue de 150 ml en una bomba de 20 l, además cada 21 días se realizó un manejo con el uso de herramientas tradicionales dejando coronas de 1,50 m alrededor de cada planta. Para el control de grillo se utilizó el producto BANZAI cuyo principio activo es Thiamethoxam + Lambda-cyhalothrin, con una dosificación de 40 ml en una bomba de 20 l. Para el caso de la monilia se realizaron controles culturales eliminando los frutos contaminados y desechando del medio de cultivo. La recolección de datos se realizó cada 21 días, luego de la identificación y caracterización del sitio de investigación.

Metodología por Objetivos

5.5.1 Metodología para el primer objetivo

Determinar el efecto de la sombra y el encalado del suelo sobre rasgos productivos del cacao clon CCN51

Diámetro de copa

Con un metro se midió en dos direcciones, dirección Norte-Sur y Este-Oeste, tomando como referencia la proyección de los extremos de estas sobre el suelo. Los datos se recolectaron cada 21 días.

$$Dc = \frac{Dc1 + Dc2}{2}$$

Dc= Diámetro de copa

Dc1= Longitud norte-sur

Dc2= Longitud este-oeste

Longitud del fruto.

Se marcaron 2 frutos por UE se midió con una cinta métrica la longitud desde el pedúnculo floral a la punta curvada de la mazorca. Se tomaron los datos cuando el fruto se encontraba en el estadio 72 (20 % del tamaño final del fruto) de la escala BBCH modificada en cada fruto seleccionado (Anexo 3).

Número de frutos por planta

Se cuantificó el número total de mazorcas cosechadas por cada unidad experimental durante el periodo de la investigación. La cosecha se realizó cuando las mazorcas se encontraron en estado de madurez fisiológica según la escala BBCH modificada (Bridgemohan et al., 2016).

Peso del fruto

El peso de la mazorca se determinó a partir de la longitud de la misma, mediante la ecuación propuesta por Romero y Granja (2019): $\text{Peso de mazorca} = 0,0998 * (\text{Longitud Mazorca})^{2,6806}$

Rendimiento estimado

El rendimiento por hectárea se calculó mediante el producto del peso promedio de la semilla seca por fruto, el número de frutos por planta y la densidad de siembra, expresado en t/ha.

5.5.2 Metodología para el segundo objetivo

Identificar cuál es la influencia de la sombra y el encalado sobre las características del suelo y variables fisiológicas en el cultivo de cacao CCN51.

Análisis de Conductividad Eléctrica (CE) del suelo y pH.

Se tomaron datos cada 21 días en dos puntos aleatorios alrededor del tronco de la planta y se realizaron determinaciones de pH y CE del suelo, para lo cual se tomaron muestras de aproximadamente 20 g de suelo a 15 cm de profundidad, (Anexo 4), estas inicialmente tamizadas, seguido de esto fueron llevadas al laboratorio de análisis químico de la Universidad Nacional de Loja y se emplearon los equipos de EC/TDS Testers para conductividad eléctrica y el pH-metro JENWAY para el pH (Anexo 5).

El índice de clorofila SPAD

En todas las unidades experimentales se midió el índice de clorofila utilizando el clorofilómetro portátil SPAD, el mismo que evaluó cuantitativamente de forma instantánea la intensidad del verde de la hoja. Para dicha evolución se tomaron 4 hojas al azar de las cuales se tomó 3 puntos de cada hoja para luego promediar y después ser sometido al análisis estadístico con la ayuda de un software (Anexo 2).

Área foliar e Índice de Área Foliar (IAF)

El área foliar se calculó por medio de una ecuación de regresión sugerida por Herrera et al. (2022), a partir de la longitud de la hoja: $AF = 0,3146x^{1,9241}$, donde AF = área foliar de la hoja, y x = longitud de la hoja. Para determinar la longitud promedio de las hojas de cacao se seleccionaron 10 hojas al azar en cada unidad experimental. Además, se contó el número de hojas total por planta. El área foliar por planta se estimó multiplicando el área foliar promedio por el número de hojas por planta. Posteriormente con los datos de área foliar, se determinó el IAF utilizando la ecuación:

$IAF = \text{Área foliar} / \text{Superficie que ocupa la planta en el suelo.}$

Donde la superficie que ocupa la planta en el suelo corresponde al producto de la distancia entre planta y la distancia entre hileras, que en este caso es 14 m^2 ($3,5 \text{ m} * 4 \text{ m}$).

5.6 Análisis estadístico.

Con las mediciones en campo y laboratorio se construyó una base de datos, donde se analizó la distribución normal de los datos, mediante análisis de supuestos. Seguido, se realizó el análisis de varianza (ANOVA), para determinar el efecto de los tratamientos y se aplicó el Test de Tukey (95 %) para determinar el mejor tratamiento. Finalmente, para aquellas variables cuantitativas, se realizó un análisis de correlación de Pearson (95 %), para determinar una posible relación entre variables. El análisis estadístico se ejecutó utilizando el software InfoStat, versión 2019.

6. Resultados

6.1 Variables productivas.

Diámetro de copa

En la Figura 3 se muestra el diámetro de copa, donde se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la interacción sombra*encalado a los 105 días, en donde el tratamiento sombra con cal y sombra sin cal presentaron las medias más altas de 196,88 y 196,25 cm en comparación al testigo que obtuvo la media más baja 126,17 cm.

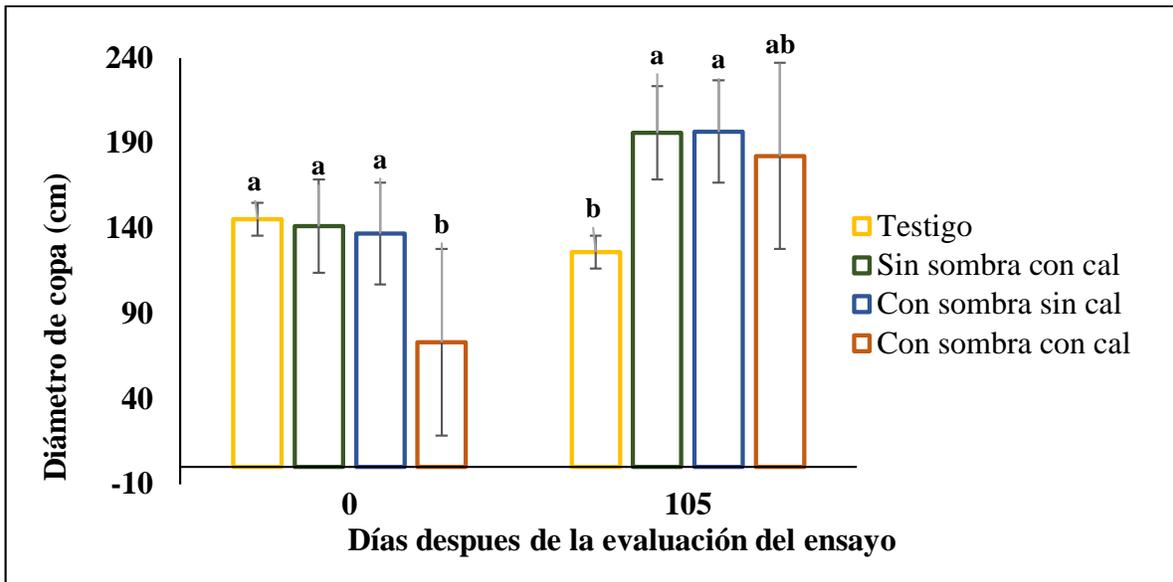


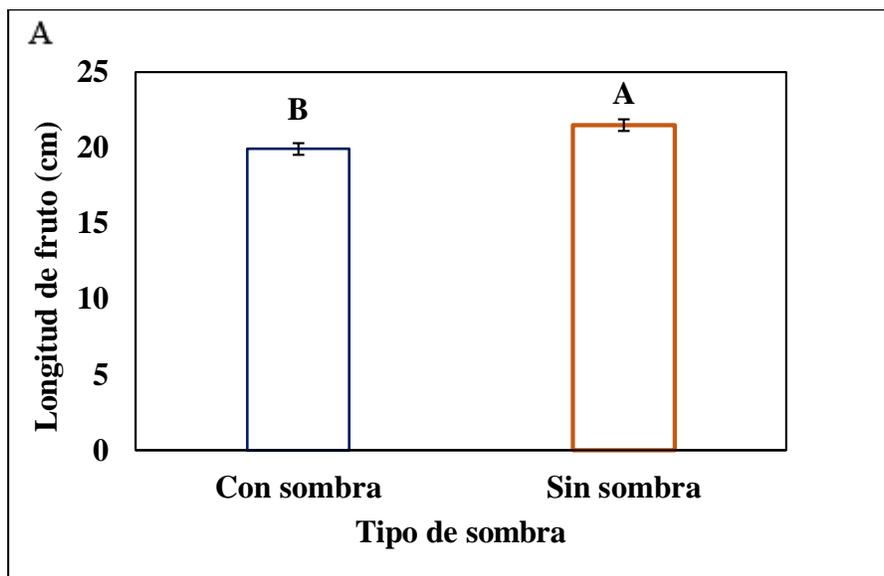
Figura 3. Diámetro de copa en el cacao clon CCN-51 bajo condiciones de sombra y encalado al inicio y al final de la evaluación. Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas, Tukey ($p < 0,05$). Barras verticales representan el error estándar.

Longitud del fruto

Los resultados respecto de la longitud del fruto muestran que no hay diferencias estadísticamente significativas respecto a la interacción sombra*encalado (Tabla 1), sin embargo, existen diferencias significativas por cada uno de los factores por separado (Figura 4): en el factor sombra el tratamiento sin sombra obtuvo la mayor longitud de 20,75 cm, mientras que el factor sombra con cal la mayor longitud de 19,75 cm.

Tabla 1. Longitud del fruto de cacao clon CCN 51 en la estación experimental El Padmi para cada tratamiento evaluado. Se muestran los p-valores obtenidos mediante el análisis ANOVA.

Tratamiento		Longitud del fruto (cm)
Testigo		18,65
Sin sombra con cal		20,25
Con sombra sin cal		15,5
Con sombra con cal		21,92
Error Estándar Medio		10,01
p-valor	Encalado	0,0009
	Sombra	0,0263
	Sombra*encalado	0,1331



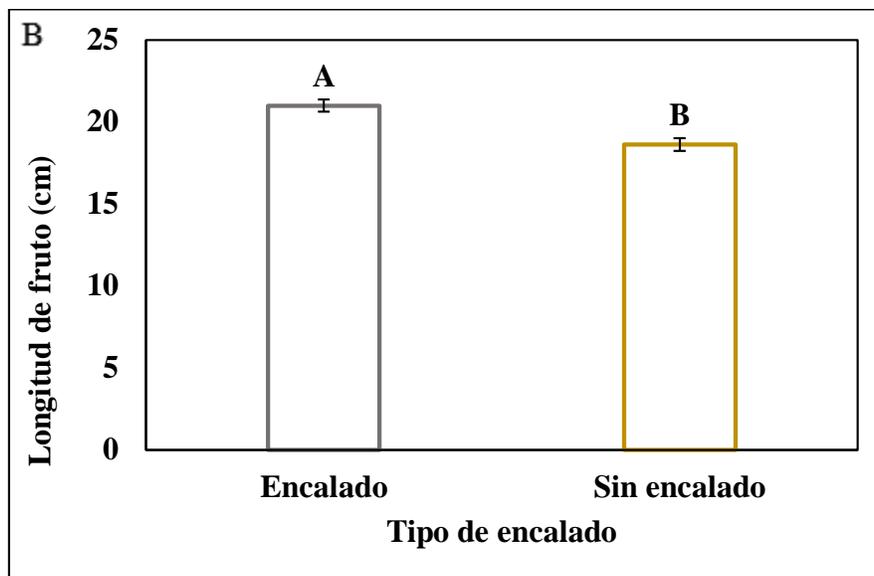


Figura 4. Longitud de la mazorca de cacao clon CCN-51 en función de los factores sombra (A) y encalado (B) por separado. Las barras sobre las columnas de los tratamientos representan el error estándar de la media. Letras diferentes sobre las barras significan las diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$).

Número de frutos por planta.

Los resultados demuestran que no existen diferencias estadísticamente significativas para el factor sombra ($p = 0,1671$), ni para el factor encalado ($p = 0,6696$), ni para interacción sombra*encalado ($p = 0,5631$), como se muestra en la Figura 5 siendo el tratamiento testigo el que presentó mayor número de frutos por planta el cual varió entre 11 y 15 frutos por planta.

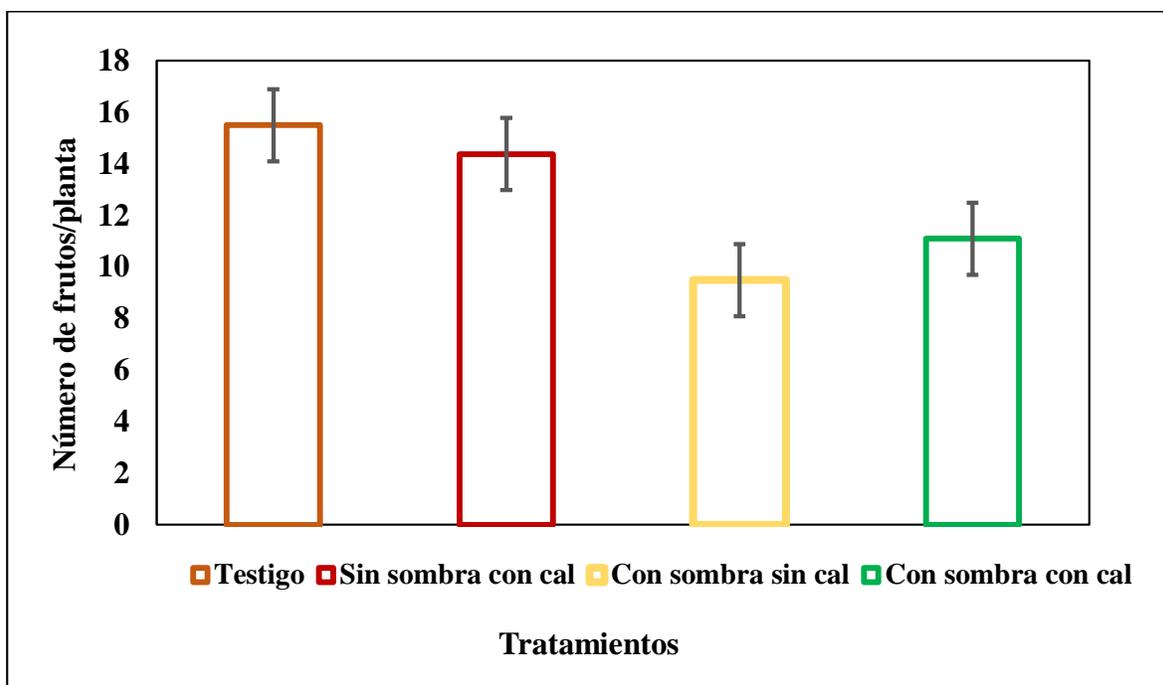


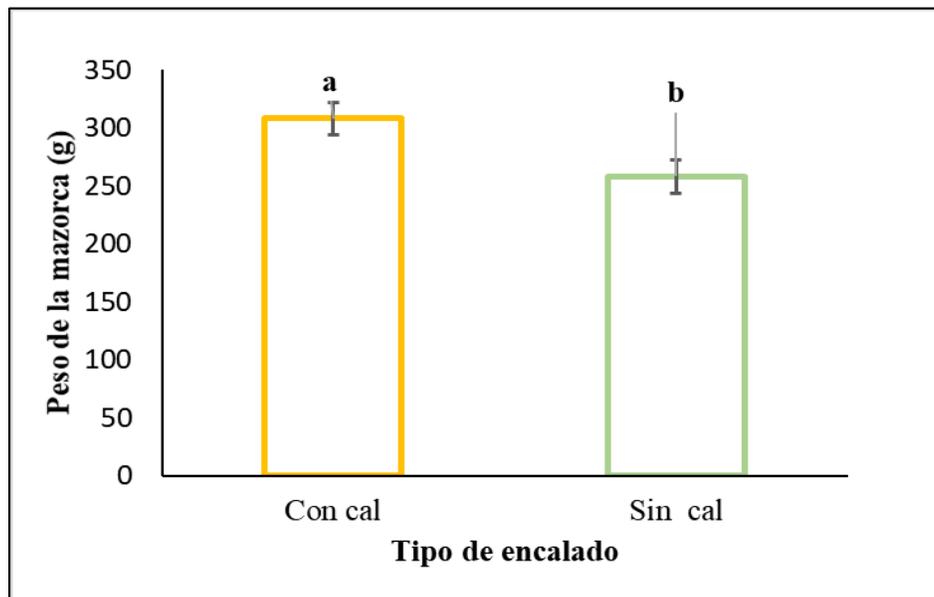
Figura 5. Número de frutos/planta de cacao clon CCN-51 en función de los tratamientos aplicados. Barras verticales representan el error estándar.

Peso del fruto

En el peso de la mazorca no existieron diferencias significativas entre los tratamientos (Tabla 2), sin embargo, sí existen diferencias por factores (Figura 6): los factores sin sombra y con cal obtuvieron los mayores valores de peso de mazorca a diferencia del factor sombra y sin cal.

Tabla 2. Peso del fruto de cacao clon CCN-51 en la estación experimental El Pادمي para cada tratamiento evaluado. Se muestran los p-valores obtenidos mediante el análisis ANOVA.

Tratamiento		Peso del fruto (g)
Testigo		212,50
Sin sombra con cal		252,19
Con sombra sin cal		226,60
Con sombra con cal		302,01
Error Estándar Medio		12,97
p-valor	Encalado	0,0060
	Sombra	0,0001
	Sombra*encalado	0,07151



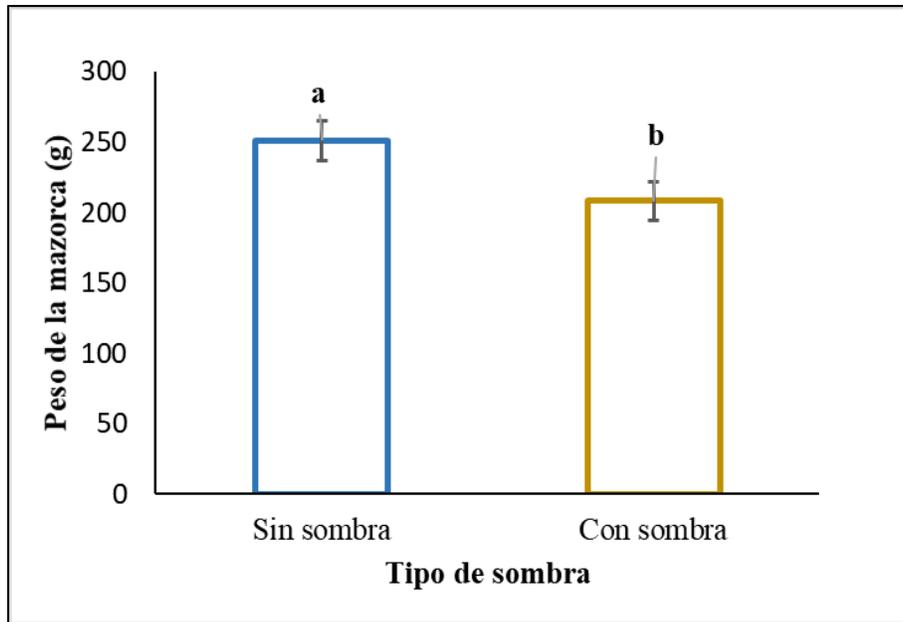


Figura 6. Peso del fruto en función del factor sombra (A) y el factor encalado (B) de cacao clon CCN-51. Las barras sobre las columnas de los factores tipo de sombra y encalado representan el error estándar de la media. Letras diferentes sobre las barras significan diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$).

Rendimiento estimado

Los resultados demuestran que no existen diferencias estadísticamente significativas para el factor sombra ($p = 0,1023$), ni para el factor encalado ($p = 0,6018$), ni para interacción sombra*encalado ($p = 0,6048$), como se muestra en la Figura 7 donde los tratamientos testigo y sin sombra con cal obtuvieron los mayores rendimientos con medias de 0,33 t/ha y 0,29 t/ha de almendras secas.

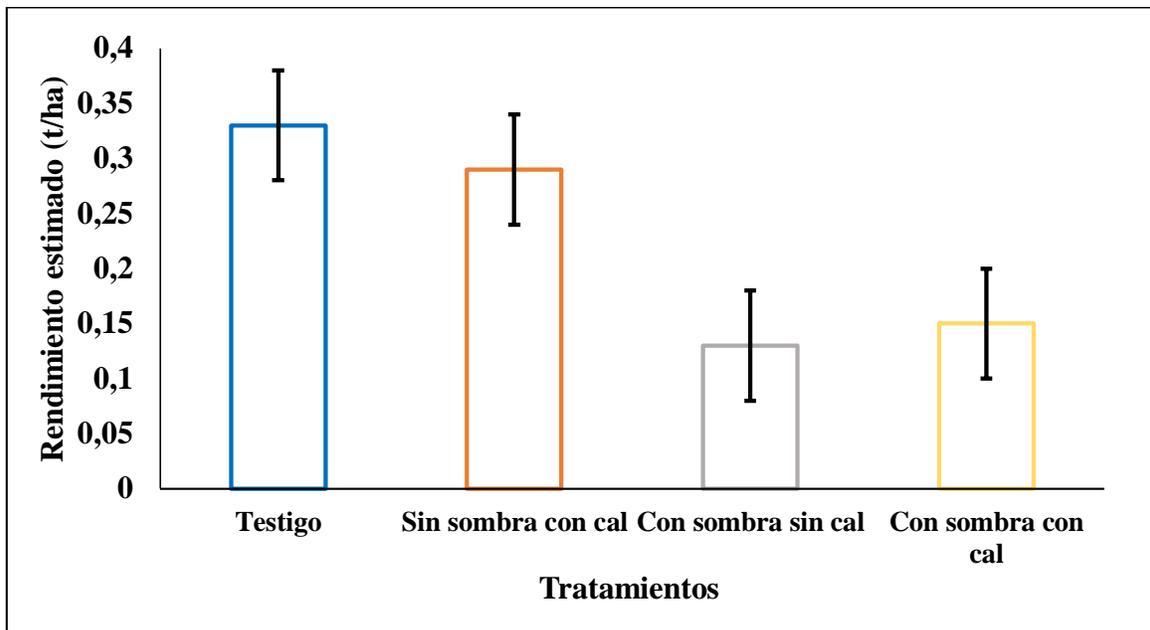


Figura 7. Rendimiento estimado de cacao clon CCN-51 en función de los tratamientos aplicados.

7.2 Características del suelo y variables fisiológicas

Índice de área foliar (IAF)

Respecto al índice de área foliar se encontraron diferencias significativas en la interacción sombra*encalado, únicamente en la primera evaluación (0 días), donde el tratamiento sombra con cal presentó el índice foliar más alto con un valor de 4,69 en comparación al testigo, el cual presentó las medias más bajas de índice foliar con un valor de 2,84 (Figura 8).

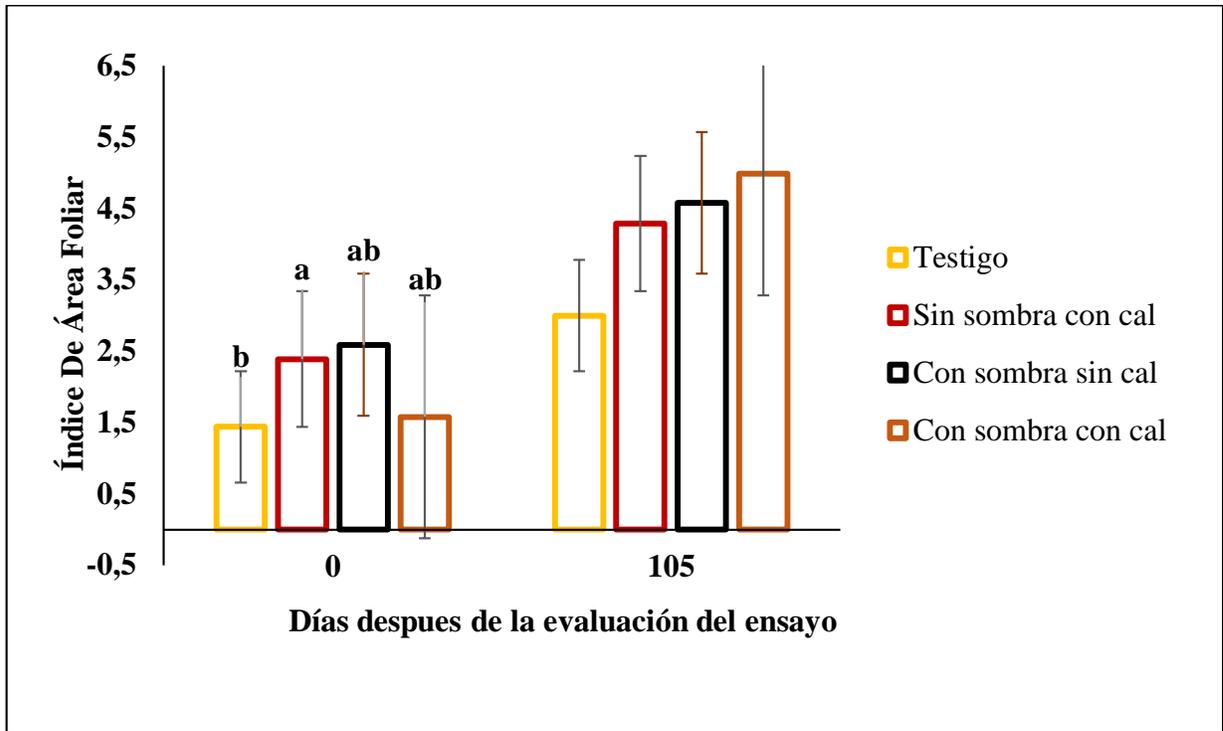


Figura 8. Índice de área foliar en el cacao clon CCN51 bajo condiciones de sombra y encalado al inicio y al final de la evaluación. Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas, Tukey ($p < 0,05$). Barras verticales representan el error estándar.

Índice de clorofila SPAD.

En el análisis de la concentración de clorofila medido con el equipo SPAD en el cacao clon CCN51, no se encontraron diferencias significativas en la interacción sombra*encalado, en donde el tratamiento testigo al que no se aplicó ninguna fuente de sombra ni encalado tuvo la media más baja de 32,97, en comparación a los demás tratamientos el tratamiento cal con sombra tuvo la media más alta de 44,24 en comparación al tratamiento sin sombra con cal que se mantuvo regular durante todo la evaluación con (39,05), en el factor sombra sin cal presento una media más alta de 44,16 en comparación a los demás tratamientos Figuras 9.

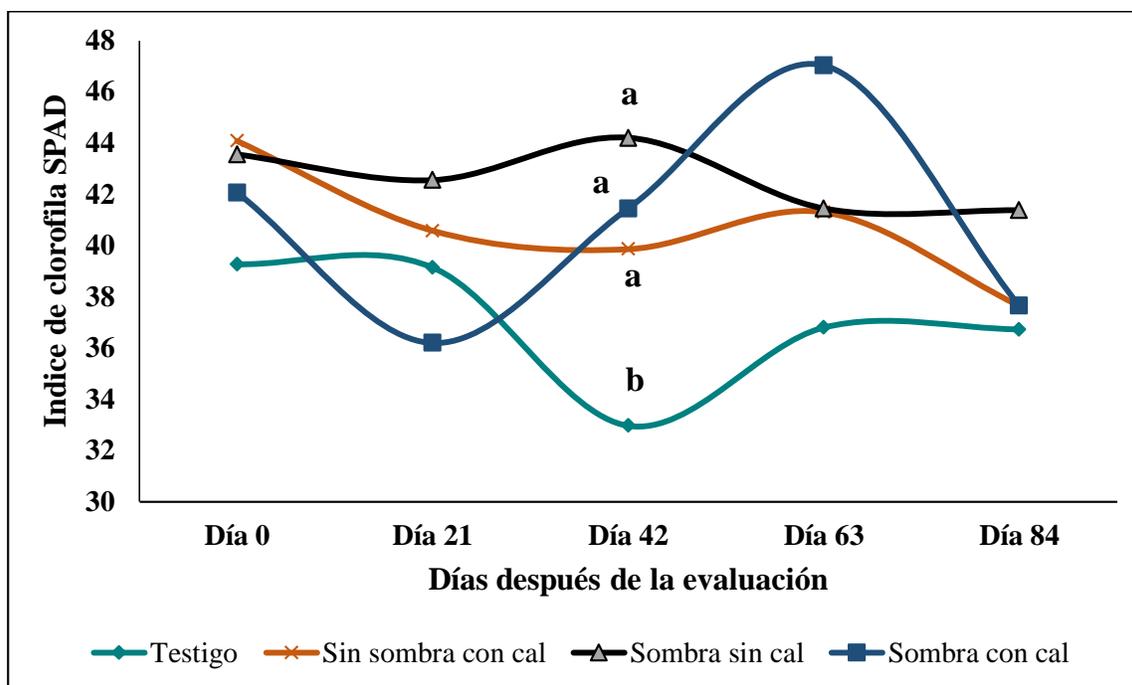


Figura 9. Dinámica de Índice de clorofila SPAD en el cacao clon CCN-51 bajo condiciones de sombra y encalado en cada evaluación (desde 0 a los 84 días después del inicio de la evaluación). Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas, Tukey ($p < 0,05$).

Análisis del suelo

pH del suelo

No se encontraron diferencias estadísticamente significativas en el pH del suelo, ni en la interacción sombra y encalado ni al considerar ambos factores de manera independiente, en los días 0, 42 y 84, sin embargo, para los días 21 y 63 la interacción sombra*encalado presentó diferencia estadística. En la figura 10 se visualiza que los mejores resultados se vieron reflejados en los dos tratamientos con cal, que fueron estadísticamente superiores al testigo, y sombra sin cal en las 2 evaluaciones que presentaron significancia.

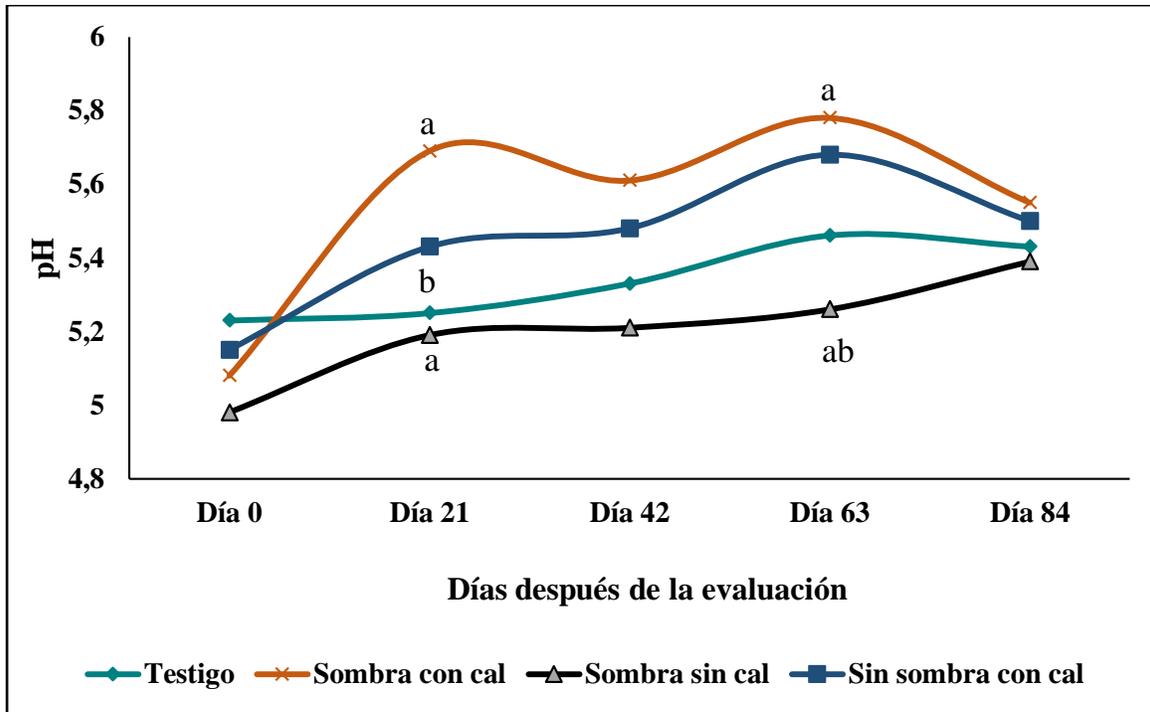


Figura 10. Dinámica del pH del suelo en el cultivo de cacao clon CCN51. Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas, Tukey ($p < 0,005$).

Conductividad eléctrica

No se encontró diferencia para la interacción entre los factores sombra*encalado, aunque los niveles de sombra y encalado sí influyeron sobre la variable conductividad eléctrica de manera independiente. Los tratamientos de sombra presentaron una media significativamente superior (0,23 ds/m) a los tratamientos sin sombra (0,2 ds/m) (Figura 11). En la Figura 12 se aprecia que el encalado tuvo el valor superior con 0,22 ds/m y exhibió diferencia estadística significativa con el tratamiento sin encalado que alcanzó 0,20 ds/m.

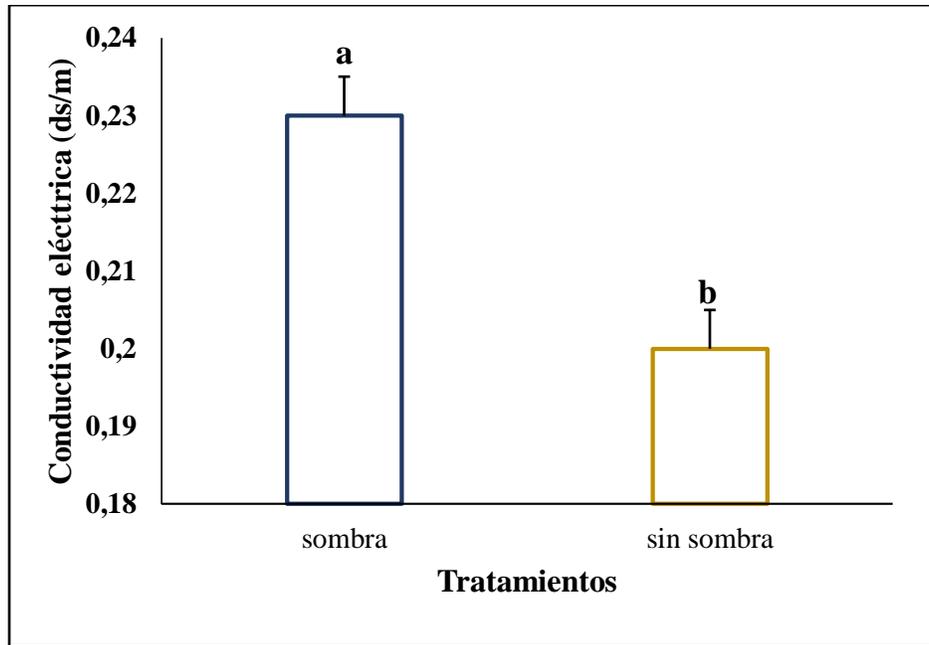


Figura 11. Conductividad eléctrica en función del nivel de sombra en el cultivo de cacao clon CCN51, al final de la evaluación. Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas, Tukey ($p < 0,05$). Barras verticales representan el error estándar.

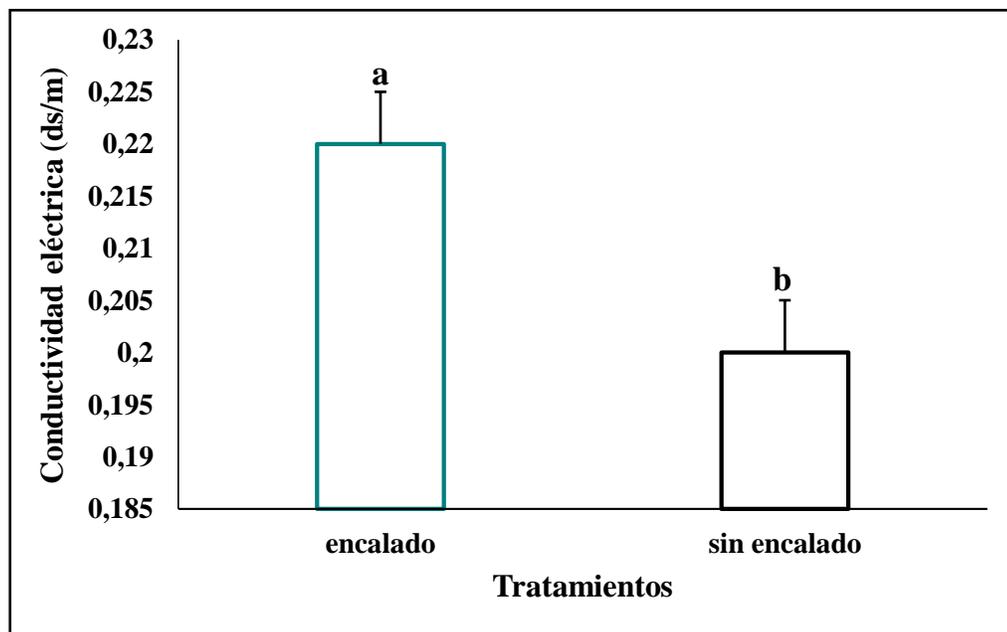


Figura 12. Conductividad eléctrica en función del encalado en el cultivo de cacao clon CCN51, al final de la evaluación. Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas, Tukey ($p < 0,05$). Barras verticales representan el error estándar

7. Discusión

En este proyecto se logró evaluar el efecto de distintos niveles de sombra y encalado del clon CCN-51 de cacao (*Theobroma cacao* L.) según variables vegetativas y de rendimiento en la estación experimental El Padmi en la provincia de Zamora Chinchipe.

Por lo tanto, referente a los resultados obtenidos acerca de las diferentes variables evaluadas tenemos el diámetro de copa que presentó diferencias significativas en la interacción sombra*encalado, donde los tratamientos sin sombra con cal y sombra sin cal presentaron las medias más altas de 196,88 y 196,25 cm respectivamente en comparación al testigo, lo que coincide con lo que menciona Bowen (2014), que brindar sombra temporal y cal a las plantas de cacao jóvenes, ayuda a acelerar su crecimiento, dependiendo de la edad y el manejo agronómico que se le dé al cultivo, esto se debe a que el cacao es una especie que se desarrolla bien tanto a plena luz como en la sombra.

En cuanto a la longitud del fruto no se encontraron diferencias estadísticamente significativas para la interacción sombra*encalado, sin embargo, existieron en los dos factores por separado con medias que están entre 19,75 y 18,75 cm de longitud del fruto. Según Almeida & Valle (2008), los frutos de cacao pueden tener entre 15 y 30 cm de largo. En otro estudio Astudillo, (2017), señala que la longitud del cacao nacional puede estar entre 16,15 y 18,21 cm y se ve afectada por las condiciones climáticas y el manejo del cultivo, estos valores son aproximados a los del presente estudio.

En la variable número de frutos por planta, los resultados demuestran que no existen diferencias estadísticamente significativas para el factor sombra ni para el factor encalado, ni para interacción sombra*encalado. Dichos resultados son inferiores a los presentados por leiva-Rojas et al. (2019) donde seleccionaron 20 árboles de los genotipos CCN 51 e ICS 95, por su adaptación y productividad en etapa productiva, con ocho años de edad, en dicho estudio los valores más altos se presentaron en el clon CCN51 con 67 frutos/ planta, que fue estadísticamente superior al clon ICS 95 el cual obtuvo la menor producción de frutos con una media de 50 frutos. Es importante mencionar que la plantación de cacao es joven, apenas es su segunda producción razón por la cual se presume que el número de mazorcas sea bajo, además el tiempo de evaluación en el que se realizó el estudio fue muy corto. El estudio no

se lo realizó en todo el ciclo productivo lo que también se cree que influyó para no encontrar diferencias estadísticas significativas. Criollo (2019), menciona que el número de frutos por planta, deberían producir unas 15-25 mazorcas por cosecha, es decir, 30-50 coronas al año. Durante el desarrollo de nuestro estudio, el mayor número de frutos/planta se utilizó en testigo y sin sombra con cal, con un promedio de 8 y 12 frutos por planta, inferior a lo informado por Criollo (2019).

Referente a la variable peso del fruto Bojacá (2017) encontró que el peso promedio de los frutos de cacao es de 272,6 g, obteniendo un peso máximo de 383,3 g y el más bajo de 227 g. En cambio, Fariñas et al., (2002) mencionan que el cacao puede tener un peso de mazorca de 483,08 g el cual es superior a nuestros resultados ya que en nuestra investigación se logró obtener 302,01 g como media más alta, la cual se dio en el tratamiento sin sombra y sombra con cal.

En este estudio el rendimiento estimado fue entre 0,33 t/ha (testigo 0 %), y 0,29 t/ha (sin sombra con cal). Sin embargo, el desempeño de una plantación de cacao depende de la calidad del sitio (suelo, clima y biología local), material genético y manejo (Cabezas 2018). En nuestros resultados, los mayores rendimientos se obtuvieron en los tratamientos de control y cal sin sombra, con valores promedio de 3,33 kg/planta y 2,29 kg/planta, lo que indica que el uso de sombra no favorece el rendimiento de la planta. cacao, al menos bajo las condiciones de este experimento. Estos resultados se aproximan con Caldari, (2007), donde menciona que obtuvo un rendimiento promedio de 2,73 kg por planta para el clon de cacao CCN51 sin sombra, por lo tanto, la sombra no es necesaria para el cultivo. en la fase de producción de cacao, en este mismo estudio afirma que el número de mazorcas no es un buen indicador del rendimiento, debido a que los muchos frutos de algunos árboles dan más semillas de cacao que otros. Cabe mencionar que en las variables de productividad una de las razones de bajo rendimiento al obtener un número de frutos bajo fue el ataque de plagas y enfermedades como grillos, ardillas, moniliasis y cambios de clima bruscos por lo tanto fue necesario realizar estimaciones mediante fórmulas que nos permitan obtener valores cercanos a los reales.

En cuanto a los resultados obtenidos en IAF en el presente estudio las únicas diferencias significativas se encontraron al inicio del experimento, pero no a la finalización (105 días),

Esta información coincide con lo expuesto por James y Bell (2000) y Suárez et al., (2018), los cuales aseguran que las plantas que se desarrollan en ambientes con sombra tienen mayor incremento del IAF a diferencia de plantas que están expuestas a la radiación solar directa.

En el índice de clorofila SPAD no se presentaron diferencias significativas al analizar los factores por separado, pero se observó que la sombra con cal generó valores de clorofila significativamente mayores. Esta información concuerda con la investigación de Jaimez et al., (2008), en donde manifiesta que necesariamente las plantas de cacao deben ser sembradas bajo sombra parcial, aquí las plantas mantienen mayores concentraciones de clorofila que influyen en mayores tasas de asimilación de CO₂, lo cual corrobora nuestros resultados, en donde los contenidos de clorofila fueron mayores en plantas bajo sombra, a diferencia de las plantas a plena exposición solar, las cuales reciben intensidades de luz muy altas lo que provoca la disminución de la clorofila principalmente en hojas de especies adaptadas a la sombra como el cacao. En cambio, las plantas con sombra aprovechan la poca disponibilidad de la luz e inducen a un incremento en el contenido de clorofila para tratar de incrementar la fotosíntesis. Una posible razón para no presentar diferencias es que se trabajó con hojas que visualmente presentaban características similares en cuanto a tamaño, estado fenológico y coloración, es decir hojas en un tamaño medio del tercio superior del árbol de cacao, con coloración verde intenso.

En cuanto al pH del cultivo de cacao en el que se aplicó el ensayo fue de 5, valor que se encuentra dentro del rango reportado por Vázquez et al. (2010) y Dostert et al. (2011) quienes mencionaron que las plantas de cacao toleran un pH de 5,0 a 7,5; por debajo de estos niveles se debe realizar un encalado del cultivo. A su vez, Paredes (2007) es más estricto en cuanto a los valores de pH, señalando que el cacao se desarrolla eficientemente cuando el pH se encuentra en el rango de 5,6 a 5,8, permitiendo obtener buenos rendimientos. Sin embargo, también se adapta a rangos extremos desde los muy ácidos hasta los muy alcalinos cuyos valores oscilan de pH 4,7 hasta el pH de 8,5, donde la producción es decadente o muy deficiente

La conductividad eléctrica mide la concentración de sales solubles presente en el suelo, pues a mayor CE, mayor es la concentración de sales, por esta razón es necesario que en el suelo la CE sea baja (Bárbaro et al., 2005). En nuestros resultados en todos los tratamientos se

registraron valores inferiores a 1 dS m⁻¹, lo que significa que el cultivo no presentó problemas de sales, condición ideal para producir cualquier cultivo (Castellanos, 2000).

8. Conclusiones

- El sombreado con 80 % de intercepción solar en plantas de cacao CCN51 durante la evaluación del ensayo favoreció el incremento del área foliar, el índice de área foliar y el índice de clorofila SPAD.
- El empleo de enmienda incrementó el pH y la conductividad eléctrica del suelo, logrando alcanzar valores situados dentro del rango requerido para el crecimiento y desarrollo óptimo de plantas de cacao.

9. Recomendaciones

- Continuar con la investigación hasta llegar a la etapa de cosecha de las mazorcas para describir la influencia de la sombra en el rendimiento y determinar la calidad de las almendras, ya que en el presente estudio las estimaciones de rendimiento se las realizaron mediante estimaciones matemáticas
- Se recomienda realizar periodos de evaluación más cortos ya que entre mayor cantidad de resultados recopilados menor margen de error y mejores resultados al momento de evaluar los efectos e interacciones entre tratamientos.

10. Bibliografía

- (13 de Mayo de 2019). Obtenido de ANECACAO: <https://www.la-razon.com/lr-article/cacao-clonado-la-solucion-a-la-escasez-del-chocolate/>
- ABAD, A. (2020). Cocoa on the Ecuadorian coast: a study of its cultural and economic dimension. *revista internacional de administración*, No. 7, 2.
- Abdulai, I., Jassogne, L., Asare, R., Asten, P., Laderach, P., & Vaast, P. (2018). Characterization of cocoa production, income diversification and shade tree management along a climate gradient in Ghana. *PLoS ONE*, 4, 13.
- Almeida, A., & Valle, R. (28 de Febrero de 2008). *Ecophysiology of the Cacao Tree. Brazilian Journal of Plant Physiology*, . Obtenido de <https://www.scielo.br/j/bjpp/a/cH3fMFFp6wY4mfZYFPmS7cj/?format=pdf&lang=en>
- Alvarado, C. A. (2018 de Julio de 2018). *Chocolates de exportación*. Obtenido de Comunidad: [https://comunidad.todocomercioexterior.com.ec/profiles/blogs/chocolates-de-exportacion#:~:text=Ecuador%20es%20el%20pa%C3%ADs%20con,con%20las%20estad%C3%ADsticas%20de%20ProEcuador\).&text=Seg%C3%BAAn%20Pro%20Ecuador%20las%20empresas,%2C%20aceite%2C%20mant](https://comunidad.todocomercioexterior.com.ec/profiles/blogs/chocolates-de-exportacion#:~:text=Ecuador%20es%20el%20pa%C3%ADs%20con,con%20las%20estad%C3%ADsticas%20de%20ProEcuador).&text=Seg%C3%BAAn%20Pro%20Ecuador%20las%20empresas,%2C%20aceite%2C%20mant)
- Álvarez Carrillo, F., Rojas Molina, J., & Suárez Salazar, J. C. (2015). Effect of Organic and Conventional Fertilization on the Growth and Production of *Theobroma cacao* L. Under an Agroforestry System in Rivera (Huila, Colombia). *Corpoica Cienc Tecnol Agropecu*, 16(2), 307-314.
- Andrade, A. (05 de Agosto de 2019). *¿Qué es el cacao?* Obtenido de Concepto: <https://concepto.de/cacao/>
- ANECACAO. (13 de Octubre de 2019). *El Cacao de Ecuador en el Salon du Chocolate, París*. Obtenido de Panoramic: <https://www.panoramical.eu/empresariales/50437/>

- Arvelo, M., González, D., Maroto, S., Delgado, T., & Montoya, P. (2017). *Manual Técnico del Cultivo de Cacao: Prácticas Latinoamericanas*. San José, Costa Rica: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura.
- Astudillo, A. (2017). *Los Materiales para el Encalado de Suelos*. Obtenido de Encalado.
- Azcón, J., & Talón, M. (2008). *Fundamentos de fisiología vegetal (No. 581.1)*. Universidad de Barcelona. Obtenido de <https://exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/FundamentosdeFisiologiaVegetal2008Azcon..pdf>
- Bebitez, J. A. (2017). *NFLUENCIA DE TRES NIVELES DE SOMBRA SOBRE PARÁMETROS MORFO FISIOLÓGICOS EN LA ETAPA VEGETATIVA DE CACAO (T CLON CCNheobroma cacao L .) 51 EN LA PROVINCIA DE ZAMORA CHINCHIPE, SECTOR “EL PADMI”1*. Obtenido de Cacao: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/24257/1/Ben%c3%adtezVivar_Jos%c3%a9Alejandro.pdf
- Bonilla, J. (2018). *MANUAL DE MANEJO Y PRODUCCIÓN DEL CACAOTERO* . Obtenido de Cenida: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://cenida.una.edu.ni/relectronicos/RENF01J71.pdf
- Bravo, C. I. (2009). *Efecto de tres niveles de fertilización química en el cultivo de cacao Theobroma Cacao L, variedad ramilla CCN 51, Parroquia San Jacinto del Búa – Cantón Santo Domingo*. Obtenido de Tesis de grado.
- Cabezas, M. (2018). *Un acercamiento a la ecofisiología del cacao*. Obtenido de Innovación y tecnología : chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/772/110831_55420.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Caldari, P. ((2007)). *Manejo de la luz en invernaderos, los beneficios de luz de calidad en el cultivo de hortalizas*. . Obtenido de I simposio internacional de invernaderos, CIBA, México. : <https://es.slideshare.net/andres333/manejo-de->

- Castellanos, J. (2000). (*Segunda edición ed.*). México. Obtenido de Manual de interpretación de análisis de suelos y aguas.:
https://www.academia.edu/10896916/Guia_de_interpretacoin_de_analisis_de_suelos_y_aguas_Final
- castro, H., & Minevar, O. (Diciembre de 2017). *MEJORAMIENTO QUÍMICO DE SUELOS ÁCIDOS MEDIANTE EL USO COMBINADO DE MATERIALES ENCALANTES*. Obtenido de Scielo:
http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-42262013000200015&lang=es
- Cedeño, J. (15 de Marzo de 2016). *INFLUENCIA DE LA EDAD DEL PATRÓN DE CACAO (Theobroma cacao L.) SOBRE EL PRENDIMIENTO DE LOS INJERTOS EET-575, EET- 576 Y EET-103 ESPAM-MFL* . Obtenido de CACAO.
- Criollo, A. (2019). *Cadena de valor del Cacao*. Obtenido de CEFA:
<https://cefaecuador.org/productos/cacao/>
- Dostert, N. (16 de Octubre de 2016). *Hoja botánica: Cacao*. Obtenido de Proyecto Perúbiodiverso:
http://www.botconsult.com/downloads/Hoja_Botanica_Cacao_2012.pdf
- Dubón, A. (2016). *INFOCACAO*. Obtenido de
http://www.fhia.org.hn/downloads/cacao_pdfs/infocacao/InfoCacao_No7_Mar_2016.pdf
- Enríquez, G. A. (2006). *Universidad Técnica Estatal de Quevedo*. . Obtenido de Fenología y fisiología del cultivo del cacao:
<https://aprenderly.com/doc/3207554/fenolog%C3%ADa-y-fisiolog%C3%ADa-del-cultivo-del-cacao-gustavo-a.-e...>
- ESPAC. (2020). Obtenido de Theobroma cacao L.:
<http://tecnologia.iniap.gob.ec/index.php/explore-2/mcafec/rcacao>
- Espinosa, J. G. (2021). *EFFECTO DE DOS NIVELES DE SOMBRA Y NUTRICIÓN SOBRE EL CRECIMIENTO Y DESARROLLO VEGETATIVO EN CACAO (Theobroma*

cacao L.) CLON CCN51 EN LA PROVINCIA DE ZAMORA CHINCHIPE.

Obtenido de

<https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/23934/1/Jorge%20Geovanny%20Espinosa%20Masa.pdf>

Evans, H. &. (2013). *A shade and fertilizer experiment on young cacao*. Obtenido de A shade and fertilizer experiment on young cacao:

<https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/19540300866>

FAOSTAT. (2020). Producción/rendimiento de cacao en Grano en el mundo 2019.

<http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC/visualize>.

Fior, C. (2020). *Fertilization in Butia odorata seedlings formation*. Obtenido de

https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-92002020000300241&lng=en&nrm=iso&tlng=en

FitzPatrick. (1984). *Suelos: su formación, clasificación y distribución. (No. 968-26-0439-7. FT 02-C11.)*. México: Cecsa. Obtenido de <https://www.worldcat.org/title/suelos-su-formacion-clasificacion-y-distribucion/oclc/11109780>

Gallegos, N. (2019). *EFECTOS MORFO-FISIOLOGICOS DE LA SOMBRA EN CACAO* .

Obtenido de Cacao: chrome-

[extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/25049/1/Neyva%20Victoria%20Gallegos%20Yaguachi.pdf](https://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/25049/1/Neyva%20Victoria%20Gallegos%20Yaguachi.pdf)

García, G. A., & Almeida, J. A. (2017). *Adaptabilidad de clones promisorios de cacao nacional (Theobroma cacao L.), en el cantón Arosemena Tola de Ecuador*.

Obtenido de Centro Agrícola:

http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0253-57852017000200006

Guillermo, G. (2017). *El Cacao ecuatoriano Su historia empezó antes del siglo XV*.

Obtenido de Revista Lideres: <https://www.revistalideres.ec/lideres/cacao-ecuatoriano-historia-empezo-siglo.html>

Infocacao. (2015). Ciencia y tecnología para los cacaoteros. *PROCACAO*.

- James SA, B. D. (2000). *Influence of light availability on leaf structure and growth of two Eucalyptus globulus ssp. globulus provenances*. *Tree Physiol.* 2000 Sep;20(15):1007-18. Obtenido de 10.1093/treephys/20.15.1007. PMID: 11305455.
- JOHNS, N. (1999). *Conservation in Brazil's Chocolate Forest: The Unlikely Persistence of the Traditional Cocoa Agroecosystem*. Obtenido de Environ Manage: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/9817770/>
- León, J. (2020). *EVALUACIÓN DE ENMIENDAS ORGÁNICAS: EFECTOS EN LA PRODUCCIÓN Y FITOSANIDAD DEL CACAO (THEOBROMA CACAO L.) CULTIVAR CCN-51*. Obtenido de Cacao CCN-51 : chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/16142/1/TTUACA-2020-IA-DE00025.pdf
- Mallorca, A. (30 de Enero de 2017). *Manejo de sombra en el cacaotal*. Obtenido de Cacao Movil: <https://www.cacaomovil.com/site/guide/poda-del-cacao-y-el-manejo-de-arboles-acompanantes/28/el-manejo-de-la-sombra-en-el-cacaotal#:~:text=El%20exceso%20de%20sombra%20afecta,y%20en%20consecuencia%2C%20su%20rentabilidad.>
- Montes M, M. (2019). *UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO*. Obtenido de Dspace: <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/3358/E-UTB-FACIAG-ING%20AGROP-000009.pdf?sequence=1&isAllowed=y#:~:text=Taxonom%C3%ADa%20del%20cacao%3A,%3A%20Theobroma%20Especie%3A%20cacao%20L.>
- Ordoñez, A. (19 de Julio de 2005). *Cacao CCN-51 se reconoce como de alta productividad*. Obtenido de El Universo: <https://www.eluniverso.com/2005/07/19/0001/9/2D498EAC6A2C48F5B794AFA40F1F83E0.html/#:~:text=El%20CCN%2D51%20es%20un,como%20su%20comercializaci%C3%B3n%20y%20exportaci%C3%B3n.>
- Ortiz, M. N. (2022). *ESTUDIO DE TRES NIVELES DE SOMBRA SOBRE VARIABLES FISIOLÓGICAS Y REPRODUCTIVAS EN CACAO (Theobroma cacao) CLON EETP-801*. Obtenido de

<https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/25360/1/Marjory%20Nathaniel%20Le%20C3%B3n%20Ortiz.pdf>

- Perdomo, Barbazán, & Durán, M. (2020). *Formas Químicas de Absorción del Nitrógeno*. Obtenido de Intagri: <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/formas-quimicas-de-absorcion-del-nitrogeno>
- Pinargote, M. J. (2015). *Comportamiento productivo de cacao (Theobroma cacao L.) CCN-51 ante diferentes formulaciones de fertilización. Quevedo 2014*. Obtenido de <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/334/1/T-UTEQ-20.pdf>
- Quintero, M., & Díaz, K. (Enero de 2004). *El mercado mundial del cacao*. Obtenido de Scielo-Agroalim: http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-03542004000100004
- Rodríguez, E., & Villalobos, V. (2019). *La Cadena De Valor Del Cacao En América Latina Y El Caribe*. Obtenido de RRAAE.
- Rodriguez, L., & Valdes, L. (2002). *Efecto eco-fisiologico de diferentes niveles de irradiancia en la productividad biologica y agricola del cafeto (Coffea arabica L.) en ecosistemas típicos de la Sierra Maestra*. . Obtenido de <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=CU2011400619>
- Rojas, E. L., Brito, E. G., Macea, C. P., & Pisco, R. R. (Agosto de 2017). *Comportamiento vegetativo y reproductivo del cacao (Theobroma Cacao L.) por efecto de la poda*. Obtenido de Revista fitotecnia mexicana: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-73802019000200137
- Stephen P Long, X.-G. Z. (2006). *Can improvement in photosynthesis increase crop yields?* Obtenido de Can improvement in photosynthesis increase crop yields?: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17080588/>
- Torres, L. (2012). Manual de producción de cacao fino de aroma a través de manejo ecológico. *UNIVERSIDAD DE CUENCA FAC. CIENCIAS AGROPECUARIAS*, 141.

- Vaast, P., & Somarriba, E. (2014). *Trade-offs between crop intensification and ecosystem services: the role of agroforestry in cocoa cultivation*. Obtenido de Agroforestry Systems: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10457-014-9762-x>
- Vayona, D. (2017). El ambiente y su efecto en la planta de cacao. *Periodico Agricola Digital (Agrodiario)*.
- Villar, P. (2003). *Universidad de Alcalá y Asociación española de ecología terrestre*. Obtenido de Importancia de la calidad de planta en los proyectos de revegetación, en restauración de ecosistema mediterráneos.: <http://www3.uah.es/pedrovillar/PDF/Texto%20publicado.pdf>
- Vivar, J. a. (2017). *Provincia De Zamora Chinchipe*. Obtenido de INFLUENCIA DE TRES NIVELES DE SOMBRA SOBRE PARÁMETROS MORFO FISIOLÓGICOS EN LA ETAPA VEGETATIVA DE CACAO (T CLON CCNheobroma cacao L .) 51 EN LA PROVINCIA DE ZAMORA CHINCHIPE, SECTOR “EL PADMI”:
chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/24257/1/Ben%c3%adtezVivar_Jos%c3%a9Alejandro.pdf

11. Anexos

Evidencias de trabajo de campo.



Anexo 1. Plantas de cacao con diferentes niveles de sombra.



Anexo 2. Medición del índice de clorofila SPAD.



Anexo 3. Medición longitud del fruto



Anexo 4. Recolección de muestras de suelo.

Anexo 5. Aplicación de cal.



Anexo 6. Certificación de traducción del resumen.

Lic. Andrea Sthefanía Carrión Mgs

0984079037

andrea.s.carrion@unl.edu.ec

Loja-Ecuador

Loja, 27 de junio del 2023

La suscrita, Andrea Sthefanía Carrión Fernández, Mgs, **DOCENTE EDUCACIÓN SUPERIOR**
(registro de la SENESCYT número: 1008-12-1124463), **ÁREA DE INGLÉS-UNIVERSIDAD
NACIONAL DE LOJA**, a petición de la parte interesada y en forma legal.

CERTIFICA:

Que la traducción del resumen del documento adjunto, solicitado por el señor: **Jonathan Andrés Quezada Jumbo** con cédula de ciudadanía No. **1150107504**, cuyo tema de investigación se titula: **"Efecto del encalado y diferentes niveles de sombra sobre la productividad de *Theobroma cacao* L. clon CCN51, en la provincia de Zamora Chinchipe"** ha sido realizado y aprobado por mi persona, Andrea Sthefanía Carrión Fernández, Mgs. Docente de Educación Superior en la enseñanza del inglés como lengua extranjera.

El apartado del Abstract es una traducción textual del Resumen aprobado en español.

Particular que comunico en honor a la verdad para los fines académicos pertinentes, facultando al portador del presente documento, hacer el uso legal pertinente.



Andrea Sthefanía Carrión Fernández. Mgs.

English Professor