



UNL

Universidad
Nacional
de Loja

Universidad Nacional de Loja

Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables

Carrera de Ingeniería Agronómica

**Crecimiento y desarrollo del cacao CCN -51 (*Theobroma cacao* L.)
bajo niveles contrastantes de sombra y fertilización en Zamora Chinchipe**

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

AUTOR:

Rosa Carolina Campoverde Córdova

DIRECTOR:

PhD. Santiago Cristóbal Vásquez Matute.

Loja – Ecuador

2022

Certificación

Loja 30 de agosto de 2022

Ing. Santiago Cristóbal Vásquez Matute PhD.

DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN

Certifico:

Que he revisado y orientado todo el proceso de elaboración del Trabajo de Titulación denominado: **Crecimiento y desarrollo del cacao CCN -51 (*Theobroma cacao* L.) bajo niveles contrastantes de sombra y fertilización en Zamora Chinchipe**, previo a la obtención del título de **Ingeniera Agrónoma**, de la autoría de la estudiante **Rosa Carolina Campoverde Córdova**, con **cédula de identidad Nro.1105862484** , 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.



Ing. Santiago Cristóbal Vásquez Matute PhD.

DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN

Autoría

Yo, **Rosa Carolina Campoverde Córdova**, declaro ser autora del presente Trabajo de Titulación y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos de posibles reclamos o acciones legales, por el contenido del mismo. Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja la publicación de mi trabajo de titulación en el Repositorio Digital Institucional-Biblioteca Virtual.



Firma:

Cedula de identidad: 1105862484

Fecha: 06/12/2022

Correo electrónico: rosa.c.campoverde@unl.edu.ec

Teléfono :0969501486

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

Yo **Rosa Carolina Campoverde Córdova** declaro ser autora del Trabajo de Titulación denominado: **Crecimiento y desarrollo del cacao CCN -51 (*Theobroma cacao* L.) bajo niveles contrastantes de sombra y fertilización en 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 de la siguiente manera en el Repositorio Institucional.

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

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

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, a los seis días del mes de diciembre del dos mil veintidós

Firma: 

Autor: Rosa Carolina Campoverde Córdova

Cédula: 1105862484

Dirección: Loja, Lote Bonito

Correo electrónico: rosa.c.campoverde@unl.edu.ec

Teléfono: 0969501486

DATOS COMPLEMENTARIOS:

Director del Trabajo de Titulación: Ing. Santiago Cristóbal Vásquez Matute PhD.

Dedicatoria

Dedico mi trabajo de investigación a mis padres Rosa y Nixon, las personas importantes en mi vida, quienes con su esfuerzo y valentía; permitieron que yo lograra este triunfo.

A mis hermanos Karla, Adrián y Noelia que, gracias a su compañía, su esfuerzo y apoyo incondicional durante todo este proceso, gracias por estar conmigo en todo momento. A toda mi familia porque con sus oraciones, consejos y palabras de aliento hicieron de mí una mejor persona y de una u otra forma me acompañan en todos mis sueños y metas.

A Julián por compartir cada uno de mis logros.

Rosa Carolina Campoverde Córdova

Agradecimiento

Quiero dar las gracias primeramente a Dios por darme la vida, salud y sabiduría, permitiéndome cumplir con mis metas y mis aspiraciones.

Quiero dar gracias a mis padres Rosa y Nixon, las personas importantes en mi vida, quienes con su esfuerzo y valentía; permitieron que yo lograra este triunfo. En especial a mi madre porque ella ha sido mi pilar fundamental, nunca me dejo sola y a pesar de todo nunca me abandono, deposito su confianza en mí, y simplemente me queda decir gracias porque sin ti no lo hubiese logrado.

Quiero agradecerles a mis hermanos Karla, Adrián y Noelia que, gracias a su compañía, su esfuerzo y apoyo incondicional durante todo este proceso, gracias por estar conmigo en todo momento. A toda mi familia porque con sus oraciones, consejos y palabras de aliento hicieron de mí una mejor persona y de una u otra forma me acompañan en todos mis sueños y metas.

A Julián, por compartir cada uno de mis logros, gracias por apoyarme mi amor, y ser ese amigo incondicional, que, con su amor y respaldo, me ayuda alcanzar mis objetivos.

De la misma manera agradezco al Ing. Santiago Vázquez, sin usted, sus virtudes, su paciencia y constancia este trabajo no lo hubiese logrado tan fácil. Sus consejos fueron siempre útiles. Usted formó parte importante de esta historia con sus aportes profesionales que lo caracterizan

Finalmente, un agradecimiento especial al Ing. Diego Loaiza director encargado de la Estación Experimental “El Padmi”, al grupo de docentes y compañeros que forman parte del macroproyecto denominado: “Efecto de la Radiación fotosintéticamente activa sobre cacao (*Theobroma cacao L.*) en la Región Sur del Ecuador y sus implicaciones agronómicas”, por darme la oportunidad de formar parte de este grupo y compartir conocimientos y experiencias en el transcurso de la investigación.

Rosa Carolina Campoverde Córdova

Índice de Contenidos

Portada	i
Certificación	ii
Autoría	iii
Carta de autorización	iv
Dedicatoria	v
Agradecimiento	vi
Índice de Contenidos	vii
Índice de Tablas.....	x
Índice de Figuras.....	x
Índice de Anexos.....	xi
1. Título	1
2. Resumen	2
2.1 Abstract.....	4
3. Introducción	5
4. Marco teórico	7
4.1. Origen.....	7
4.2. Taxonomía del cacao.....	7
4.3. Morfología del cacao.....	7
4.4. Clon CCN51.....	8
4.5. Sombra.....	8
4.5.1. <i>Efecto de la sombra en el crecimiento del cultivo de cacao</i>	8
4.6. Fertilización.....	9
4.7. Nutrición mineral del cacao.....	10
4.8. Micronutrientes u oligoelementos.....	11

4.9. Sombra – nutrición	12
5. Metodología	14
5.1. Materiales y métodos	14
5.1.1. <i>Ubicación del estudio</i>	14
5.1.2. <i>Metodología general</i>	14
5.1.3. <i>Diseño experimental</i>	15
5.1.4. <i>Modelo matemático</i>	15
5.1.5. <i>Análisis estadístico</i>	16
5.1.6. <i>Establecimiento y manejo del ensayo</i>	16
5.2. Metodología	17
5.2.1. <i>Metodología para el primer objetivo:</i> Analizar los efectos de distintos niveles de sombra y nutrición sobre variables morfológicas de crecimiento en cacao.....	17
5.2.2. <i>Metodología para el segundo objetivo:</i> Determinar la influencia de dos niveles de sombra y nutrición sobre parámetros fisiológicos y nutricionales durante el crecimiento de cacao.	18
6. Resultados	21
6.1. Variables Morfológicas.....	21
6.1.1. <i>Diámetro de copa</i>	21
6.1.2. <i>Área de la Sección Transversal del Tronco ASTT</i>	21
6.2. Variables Fisiológicas.....	22
6.2.1. <i>Concentración de clorofila a, b y total</i>	22
6.2.2. <i>Densidad estomática</i>	23
6.2.3. <i>Índice de área foliar</i>	24
6.2.4. <i>pH del suelo y conductividad eléctrica</i>	24
6.3. Variables productivas.....	26
6.3.1. <i>Entrada de producción</i>	26

6.3.2. <i>Longitud de fruto</i>	26
6.3.3. <i>Peso estimado promedio del fruto</i>	27
6.3.4. <i>Tasa de Crecimiento Absoluto y Tasa de Crecimiento Relativo del fruto</i>	28
6.3.5. <i>Producción estimada por planta</i>	28
<u>6.3.6. <i>Fenología del cacao</i></u>	<u>29</u>
7. <i>Discusión</i>	32
8. <i>Conclusiones</i>	37
9. <i>Recomendaciones</i>	38
10. <i>Bibliografía</i>	39
11. <i>Anexos</i>	42

Índice de tablas:

Tabla 1.	Taxonomía del cacao	7
Tabla 2.	Tratamientos	15
Tabla 3.	Área de la sección transversal del tronco (ASTT) al inicio y al final de la evaluación del ensayo. No se encontraron diferencias significativas ($p > 0,05$).....	21
Tabla 4.	Densidad e índice estomática en hojas de cacao clon CCN51 al finalizar la evaluación del ensayo. No existen diferencias estadísticas significativas Tukey ($p < 0,05$).	23
Tabla 5.	Tasa de Crecimiento Absoluto y Tasa de crecimiento Relativo en los tratamientos y el control	28
Tabla 6.	Correlación entre variables morfológicas y fisiológicas evaluadas en cacao clon CCN51	30

Índice de figuras:

Figura 1.	Mapa del sitio donde se llevará a cabo Proyecto (Estación Experimental El Padmi) ...	14
Figura 2.	Esquema de campo	16
Figura 3.	Incremento de diámetro de copa en plantas de cacao clon CCN51.....	21
Figura 4.	Concentración de clorofila total, contenida en hojas de cacao clon CCN51	22
Figura 5.	Estomas de la epidermis adaxial de cacao clon CCN-51.	24
Figura 6.	Índice de área foliar a los 105 días después de la aplicación de los tratamientos.....	24
Figura 7.	Expresión de la variación del pH del suelo en el cultivo de cacao clon CCN51.....	25
Figura 8.	Expresión de la conductividad eléctrica del suelo en el cultivo de cacao clon CCN51..	26
Figura 9.	Curva de crecimiento de la longitud del fruto del clon CCN51.....	27
Figura 10.	Peso estimado de fruto en (g) clon cacao CCN51	27
Figura 11.	Producción estimada por planta en cacao clon CCN51.....	29
Figura 12.	Fenología del cacao clon CCN-51.....	29

Índice de anexos:

Anexo 1. Evidencias Fotográficas	42
Anexo 2. Análisis de suelo realizado en la Estación Experimental Santa Catalina.....	43
Anexo 3. Resultados de CIC del suelo del Padmi.....	45
Anexo 4. Certificación de traducción del resumen	46

1. Título

Crecimiento y desarrollo del cacao CCN -51(*Theobroma cacao* L.) bajo niveles contrastantes de sombra y fertilización en Zamora Chinchipe

2. Resumen

El cacao (*Theobroma cacao* L.) es uno de los principales productos agrícolas de exportación en Ecuador, sin embargo, a pesar a que tiene una gran importancia económica y agronómica, el rendimiento promedio nacional no supera las 0,5 t ha⁻¹, se ha considerado un problema relacionado con el sistema de producción de este cultivo, que mayoritariamente son poco tecnificados, sumado a esto, existe poco conocimiento sobre los factores que determinan el rendimiento. Así mismo, existe escasa información sobre el efecto de fertilización y uso de la sombra para la producción de cacao en condiciones de la Amazonía ecuatoriana, por lo tanto, este trabajo tiene como objetivo evaluar diferentes niveles de fertilización y sombreado durante el crecimiento y desarrollo del cacao clon CCN- 51. En el presente estudio se utilizó como material vegetal el clon CCN51, el ensayo fue establecido en la Estación Experimental “El Padmi”, en la provincia de Zamora Chinchipe. Se evaluaron 4 tratamientos: T1= Control (sin sombra y sin fertilización), T2= Fertilización (0 % sombra y 100 % fertilización), T3= Sombra (usando una malla que impide el paso de la radiación solar de 80 %) y T4= Interacción sombra – fertilización (80 % sombra y 100 % fertilización). Para ello se evaluaron variables morfológicas incluyendo diámetro de copa, área de la sección transversal del tronco (ASTT), tasa de crecimiento absoluta y relativa (TCA y TCR También se midió variables fisiológicas: índice de área foliar (IAF), concentración de clorofila en las hojas y densidad estomática de hoja, y productivas como longitud del fruto, peso estimado del fruto, tasa de crecimiento absoluta y tasa de crecimiento relativo. En el suelo se midió periódicamente el pH y la conductividad eléctrica. El efecto de los tratamientos sobre las variables dependientes se evaluó mediante ANOVA y test de medias (Tukey) ($p=0,05$). Si bien, no se encontraron efectos estadísticamente significativos en los tratamientos, se pudo visualizar que la fertilización incrementó el área de la sección transversal del tronco, conductividad eléctrica, la longitud del fruto, así mismo en el peso estimado y producción estimada por planta, no de manera significativa, pero se pudo visualizar, ligeros cambios. De la misma manera la sombra favoreció la expansión foliar observándose un incremento en el área foliar de la planta, así como, en el IAF, diámetro de copa, densidad estomática, y también en la longitud del fruto, peso y producción estimada por planta. Los resultados de este trabajo sugieren que la nutrición y la disminución de la radiación solar del cacao pueden favorecer el crecimiento de este cultivo desde etapas tempranas,

sin embargo, es necesario continuar este estudio en las siguientes etapas del cultivo para ver su impacto sobre rendimiento.

Palabras claves: *Theobroma cacao*, fertilización, sombreo, crecimiento y desarrollo

2.1 Abstract

Cacao (*Theobroma cacao* L.) is one of the leading products of agricultural excellence for export in Ecuador, however, despite its economic and agronomic relevance, the national average production yield does not exceed 0.5 t ha⁻¹. 1, a problem related to the productivity system of this crop, which is primarily low technology, added to this, there is little knowledge about the factors that determine the production yield. Likewise, there is limited information on the effect of fertilization and the use of shade for cacao production in conditions of the Ecuadorian Amazon, therefore this research work aims to evaluate the different levels of fertilization and shade during the growth and development of the cacao clone CCN-51. In this study, the clone CCN-5 was used as plant material and an assay was established at the "El Padmi" Experimental Station, in the province of Zamora Chinchi. Four treatments were evaluated: T1= Control (without shade and without fertilization), T2= Fertilization (0% shade and 100% fertilization), T3= Shade (use of mesh that prevents the passage of 80% of solar radiation), and T4= Shade - fertilization interaction (80% shade and 100% fertilization). Morphological variables such as crown diameter, trunk cross-sectional area (ASTT), and absolute and relative growth rate (TCA and TCR) were evaluated. In addition, physiological variables such as leaf area index (LAI), chlorophyll concentration in leaves and leaf stomatal density, and productive variables such as fruit length, estimated fruit weight, absolute growth rate, and relative growth rate were measured. In the soil, the pH and electrical conductivity were measured periodically. The effect of the silver treatments on the dependent variables was evaluated using ANOVA and Tukey's means test ($p=0.05$). It should be noted that no statistically significant effects were found in the treatments, but it was observed that fertilization increased the cross-sectional area of the trunk, the electrical conductivity, and the length of the fruit, as well as the estimated weight and estimated production per plant. not significantly, but slight changes could be evidenced. Likewise, the shade favored the foliar expansion, observing an increase in the foliar area of the plant, as well as in the LAI, crown diameter, stomatal density, as well as in length of the fruit, weight, and estimated yield per plant. The results of this work suggest that nutrition and the reduction of solar radiation of cacao can favor the growth of this crop from its early stages, however, it is necessary to continue with the study in the following stages of the crop to see the impact on the performance.

Keywords: *Theobroma cacao*, fertilization, shading, growth, and development.

3. Introducción

El cacao es uno de los principales cultivos de Ecuador, la superficie plantada de cacao a nivel nacional es de 590.579 hectáreas, tanto en la región costa como en la Amazonía (ESPAC, 2020) nuestro país está entre los siete principales países productores de cacao (Sánchez-Mora et al., 2014; Quintana y Aguilar, 2018). El cultivo de cacao genera significativas fuentes de ingresos económicos y brinda trabajo a miles de personas (Intriago et al., 2018), 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 CCN 51 (1,55 t/ha/año) y para cacao nacional fino de aroma (0,66 t/ha/año) (Guilcapi, 2016). 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.

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, así mismo la influencia de sombra y la fertilización, enfrentando problemas climáticos desfavorable (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.

La influencia de la sombra es uno de los principales factores a tomar en cuenta desde el establecimiento de una plantación de cacao y en todo su desarrollo. La radiación solar varía en forma considerable modificando también las respuestas fisiológicas del cultivo. Así mismo la nutrición es un factor determinante del rendimiento y calidad del producto cosechado. En los sistemas tradicionales de producción de cacao se usa la sombra mediante sistemas agroforestales, sin embargo, no hay claridad si la disminución de la radiación solar bajo estos sistemas de producción mejora la productividad del cacao; además, esta información es escasa para los genotipos nacionales cultivados en la región amazónica del sur de Ecuador (Vélez, 2018).

De la misma manera para que mantenga su vigor, una producción estable y mejor rentabilidad, es muy importante tomar en cuenta el tema de la fertilización, para asegurar el éxito de esta

actividad, esta debe ir acompañada de otras labores como: sombra, control de malezas, plagas y de enfermedades (Almeida y Gattward, 2018).

Con los antecedentes descritos, la presente investigación llevó a cabo un estudio donde evaluó distintos niveles de sombra y nutrición dentro de un mismo sistema de producción, y de esta manera realizó investigaciones sobre: morfología, fisiología, efecto de la sombra y fertilizantes, deficiencias de nutrientes y radiación solar.

A fin de cumplir el propósito de la presente investigación, se plantearon los siguientes objetivos:

Objetivos:

Objetivo general

- Evaluar el crecimiento y desarrollo del cacao clon CCN51 (*Theobroma cacao L.*) sometidos a dos niveles de sombra y dos niveles de fertilización en la provincia de Zamora Chinchipe.

Objetivos específicos

- Analizar la respuesta de distintos niveles de sombra y nutrición sobre variables morfológicas en cacao CCN51.
- Determinar la incidencia de dos niveles de sombra y nutrición sobre parámetros fisiológicos y nutricionales durante el crecimiento de cacao.

4.Marco teórico

4.1.Origen

El cacao (*Theobroma cacao L.*) es un árbol nativo de las regiones tropicales húmedas de la parte norte de América del Sur y, según algunos informes, de América Central, y a su vez señala que algunos otros autores consideran que el centro de origen del cacao fue el Alto Amazonas, cerca de la frontera colombo-ecuatoriana, en los flancos orientales de los Andes (Sotamayor, 2002).

El cacao clon “CCN51” es de origen ecuatoriano desarrollado por el científico ecuatoriano Homero Castro Zurita, en los años de 1965, luego en el año 2005 fue declarado mediante acuerdo ministerial como un bien de alta productividad y significa que significa Colección Castro Naranjal (Vasco, 2016).

4.2 Taxonomía del cacao

Reino	Vegetal
Subreino	Tracheobionta
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliosida
Tribu	Theobromeae
Género	Theobroma
Especie	<i>Theobroma cacao l.</i>

Fuente: (Vasco, 2016).

4.3. Morfología del cacao

El cacao es una planta perenne, su polinización es cruzada alógama, su reproducción puede ser de forma sexual (semillas) o asexual (ramas) (Torres, 2012). Son árboles de varios portes y tamaños con un tallo principal que ramifica en un verticilo de 3 o 4 ramas laterales principales. En otras especies la yema vertical continúa su crecimiento y con el tiempo produce una nueva horqueta. Esta formación de horquetas continua hasta que el árbol alcanza su completo desarrollo. Con el tiempo el tallo principal adquiere un aspecto ininterrumpido y erecto; sin embargo, por desarrollo de chupones o crecimiento desigual de las ramas laterales los árboles crecen de forma irregular (Hardy, 2009)

4.4. Clon CCN51

El CCN-51 corresponde a lo que se conoce como un híbrido doble. Este clon de cacao se destaca también por sus altos niveles de resistencia a la escoba de bruja (*Monillioptera perniciososa*) y mal del machete (*Ceratocystis fimbriata*) principales enfermedades de importancia económica del cacao. Adicionalmente, en condiciones de baja humedad relativa es tolerante a Moniliasis (*Mollioptera roreri*). Además, expresa que estos atributos genéticos junto a la implementación de buenas prácticas de manejo de la plantación, han permitido que este clon exprese en mejor forma su potencial productivo (Untuña, 2014).

Es destacado por su alta productividad, en algunas haciendas debidamente tecnificadas ha llegado a superar los 50 quintales por hectárea. Esta variedad es auto compatible, no implica de polinización cruzada para producción, como se da en los diferentes tipos de clones. El cacao CCN-51 tiene entre sus características, el empezar su producción precozmente, ya que ésta se inicia a los 2 años de edad. Es un tipo de planta de crecimiento firme (erecto), pero de poca altura, lo que disminuye los costos en podas, mantenimiento y cosecha (Emilio, 2018).

4.5. Sombra

4.5.1. *Efecto de la sombra en el crecimiento del cultivo de cacao*

Los efectos y beneficios de la sombra al iniciar la plantación consisten principalmente en reducir la exposición a la luz solar y al movimiento del aire que puede perjudicar a las plantas de cacao. El cacao requiere de una sombra adecuada para evitar daños y lograr un buen desarrollo inicial. Cuando el cacao es joven (2-3 años de edad) necesita más sombra, y en la edad adulta o etapa productiva disminuye esa demanda (Dubón, 2016). La sombra puede ser de tipo temporal durante los primeros años de la plantación temporal o permanente

a. Sombra temporal: Brindar sombra temporal a las plantas de cacao jóvenes les ayuda a obtener un crecimiento más rápido, contribuye a reducir la evapotranspiración y genera cobertura ante la radiación solar directa

b. Sombra permanente: este tipo de sombra debe sustituir a la sombra temporal cuando el cultivo de cacao se haya desarrollado lo suficiente. La sombra permanente regula la temperatura, humedad y luz dentro del cacaotal. Además, se deben seleccionar árboles que no alojen plagas ni enfermedades que puedan afectar al cacao. Los árboles de sombra permanente mejoran las propiedades del suelo incrementando la materia orgánica y facilitando el drenaje (Arvelo, 2017)

El manejo de la sombra es muy importante ya que equilibra la temperatura en la plantación, protege a la plantación de cacao de los vientos, reduce la evapotranspiración del cacao, facilita el habitat y la reproducción del insecto polinizador, aporta materia orgánica a través de los residuos que se incorporan al suelo (Gonzalez, 2017)

Es preciso mencionar que si en una plantación se tiene una sombra excesiva o no se le da el manejo adecuado se puede reducir de la floración y la fructificación, reducción de la polinización y de la capacidad fotosintética en el cacao, tener menos aprovechamiento de la fertilidad natural del suelo y de los fertilizantes aplicados, crear un microclima muy húmedo lo cual favorece la incidencia de plagas y enfermedades, y disminuir la producción. Por el contrario, si tenemos una plantación con poca sombra se puede presentar un estrés fisiológico en la planta, agotamiento prematuro del cacao, crecimiento de malezas y la proliferación de plagas como los chupadores y trips y algunas especies de Monalonium (Babin, 2010).

4.5.2. Efecto de la sombra en el suelo

Los árboles de sombra pueden tener una relación positiva con el rendimiento de cacao a través de los aportes de nutrientes de la hojarasca al suelo (Santana, 1982); aunque también se ha demostrado que los árboles de sombra tienen una relación negativa (Wartenber, 2018)

4.6. Fertilización

Un esquema general de fertilización incluye un primer abonado de las plantas después del segundo mes del trasplante con alto contenido de fosforo y nitrógeno que deberá replicarse 6 meses después. El segundo año se aplica un esquema similar con dos fertilizaciones anuales, pero aumentando la dosis de fertilizante en 20%. A partir del tercer año se recomienda fertilizar el cacaotal después de la poda, aumentando la dosis en un 10% por año e incorporando una fórmula completa que contenga potasio y micro elementos, hasta el quinto año, cuando se deberá realizar un nuevo análisis de suelo para ajustar la dosis de fertilizante a ser aplicada. Los periodos o momentos específicos de fertilización dependerán de las condiciones climáticas de cada zona, preferiblemente antes de los periodos intensos de lluvia (Delgado, 2017)

Durante la fase de establecimiento los fertilizantes deben aplicarse en un anillo ancho alrededor de cada planta, a una distancia conveniente del tallo para no causarle daño. Durante la fase productiva debe aplicarse en franjas anchas en el centro de los espacios comprendidos entre las hileras de cacao, tanto a lo largo como a través de las hileras. En suelos arenosos y particularmente en climas

húmedos, los fertilizantes deben ser suministrados en dos, tres o más dosis fraccionarias en lugar de una sola aplicación. Se recomienda además emplear en lo posible fertilizantes de liberación lenta y cubrirlos con tierra o algún otro sustrato orgánico (Dubón, 2016)

Existe una relación significativa entre los efectos de la luz y el grado de nutrición del cacao, denominada relación fertilización-sombra, es un factor decisivo para obtener buena productividad por unidad de superficie. En general, se indica que a mayor porcentaje de sombra se debe abonar con menos cantidad de nitrógeno (Gonzalez, 2017)

Se recomienda realizar la fertilización en conjunto con técnicas de poda y control de sombra, así mismo hacer análisis de suelos para de esta forma determinar las necesidades y frecuencia de aplicación del fertilizante, los fertilizantes completos se recomiendan aplicar aproximadamente seis meses antes de los picos de cosecha y se pueden dividir las fertilizaciones entre fertilizantes completos y urea, esta se recomienda hacer cuatro meses antes del pico de cosecha. Finalmente, la clase y cantidad de fertilizante a usarse en el cacaotal dependerá del tipo de suelo, de la cantidad de sombra y de la intensidad de las precipitaciones (Arvelo, 2017)

4.7. Nutrición mineral del cacao

Los cacaotales necesitan minerales como el Nitrógeno (N), fundamental en la división celular, incrementa el número de flores, mejora el peso y el tamaño de los frutos; Fósforo (P), importante en la formación de flores, frutos y semillas y acelera la maduración de los frutos y Potasio (K), encargado del engrosamiento de frutos y aumento de sólidos solubles según el Instituto Colombiano Agropecuario (IICA, 2017)

La remoción de nutrientes en el cultivo de cacao se incrementa rápidamente durante los primeros 5 años después de la siembra, y luego mantiene una tasa de absorción estable por el resto de vida útil de la plantación, al expresar en porcentajes la cantidad de nutrientes absorbidos por la planta durante el ciclo del cultivo, se puede observar cuando ocurren los momentos de máxima absorción y así determinar las épocas oportunas para la entrega de nutrientes (García, 1993)

En la Amazonia predominan suelos ácidos que limitan la disponibilidad y absorción de N, P, K, Ca y Mg; para elevar el pH mediante encalado, con 7 000 kg ha⁻¹ de Ca (CO₃), en dos meses cambia el pH de 4.0 a 6.0, incrementando la disponibilidad de Ca, Mg, P y Zn, y disminuye la disponibilidad de Al, Fe y Mn (Rosas G., 2017)

a) Nitrógeno (N)

El nitrógeno estimula el aumento en el área de las hojas, el crecimiento de plántulas jóvenes, la formación de horquetas (con K y Mg), la formación del dosel y el cierre temprano del mismo, los árboles maduros sólo pueden responder a N cuando son podados y raleados (Wessel, 1985) Para Puentes et al., (2014) El clon CCN51 presenta una mayor eficiencia agronómica de nitrógeno (EAN, lo que significa un incremento en el rendimiento de 16,28 kg de almendra por cada kilogramo de N aplicado.

b) Fósforo (P)

El fósforo es importante en el desarrollo de las raíces, equilibra la absorción del nitrógeno por la planta, estimula la actividad de las bacterias nitrificantes y ayuda a la floración y fructificación, constituye de 0.1 a 0.4 % del extracto seco de la planta y juega un papel importante en la transferencia de energía (Beer, 1998). La aplicación de fósforo cerca de las raíces del árbol del cacao puede aumentar la absorción en el primer año después de la aplicación. El fósforo a menudo interacciona positivamente con el N (van Vliet, 2015). Según Snoeck et al., (2016) la fertilización con P aumenta el crecimiento y el rendimiento del cacao en casi todos los suelos de las regiones productoras.

c) Potasio (K)

El potasio es conocido como el elemento de calidad para la producción agrícola, genera mayor porcentaje comercializable del rendimiento total, aumento en el porcentaje de proteína en los granos, mayor contenido de aceite y vitamina C, mejora el color y sabor de las frutas, aumento de tamaño de frutos (Imas, 2018). Los síntomas de deficiencia de K aparecen inicialmente en las hojas más viejas y se acentúan con el desarrollo de brotes como consecuencia de la translocación del nutriente viejo a tejido joven, la translocación es de tal naturaleza que para el momento en que el brote joven se expande totalmente, las hojas viejas se caen; a medida que la deficiencia se acentúa, las hojas de los brotes y chupones son cada vez más pequeños (FAO, 2018).

4.8. Micronutrientes u oligoelementos

Los micronutrientes vegetales más importantes son el Hierro (Fe), Zinc (Zn) y Boro (B)

d) Boro (B)

Es elemento esencial en la división celular, ayuda a la polinización y fructificación así en el desarrollo de las anteras y en la germinación del tubo polínico, acelera la fertilización de 22 los óvulos y reduce la caída prematura de flores y frutos. Aumenta la cantidad y calidad del polen, provee a la planta resistencia a las enfermedades, además se encuentra en la fijación simbiótica de nitrógeno, por lo tanto, sin Boro no hay producción de los nódulos de fijación simbiótica de Nitrógeno. Uno de los primeros síntomas en aparecer es una reducción en el tamaño de los entrenudos, acompañado de la formación profusa de chupones y de hojas encrespadas en las cuales se curva la lámina hacia el exterior y el ápice se enrosca (Pilarte, 2018).

e) Zinc (Zn)

Es muy importante en el crecimiento de la planta sin este elemento las ramas no se alargarían, ya que forma parte en la producción de hormonas del crecimiento. También participa en la activación enzimática, así como en los procesos de respiración y fermentación. También interviene en la síntesis y conservación de auxinas, hormonas vegetales involucradas en el crecimiento. Los síntomas de deficiencia de zinc (Zn) pueden observarse en la hoja en un estado temprano de su desarrollo y consisten principalmente en deformaciones foliares, cuya gravedad aumenta con los brotes sucesivos (Dubón, 2016)

f) Hierro (Fe)

Funciona como componente estructural y como cofactor enzimático forma parte estructural de los citocromos, citocromo oxidasa, catalasa, peroxidasa y ferredoxina, se encuentra tanto en sistemas respiratorios como fotosintetizadores cuando se suministra a plantas hierro en diferentes concentraciones, se observa una buena correlación entre contenido de hierro y contenido de clorofila. Los síntomas de deficiencia de hierro (Fe) aparecen primero en las hojas jóvenes. Se observa una clorosis intervenal marcada, mientras que las nervaduras permanecen marcadamente verdes (Arvelo, 2017)

4.9. Sombra – nutrición

Van Vliet y Slingerland (2017) afirman que el grado de sombra influye en la respuesta del cacao al fertilizante; pero de manera general menciona que los fertilizantes tienen un mayor impacto en el crecimiento del cacao y en el rendimiento sin sombra, sin embargo, este efecto depende del grado de sombra el cual no siempre es cuantificado.

El cacao expuesto directamente al sol, con cantidades adecuadas de agua y nutrientes, protegido del viento; produce más que cultivado bajo sombra. Debido al aumento de la tasa fotosintética, las plantas requieren mayores cantidades de nutrientes; por tanto, se debe lograr un aporte acorde a sus necesidades; porque la fotosíntesis se relaciona con la concentración de nitrógeno en las hojas y, en plantas muy sombreadas, dosis altas de nitrógeno disminuyen la tasa fotosintética (Costa, 2001)

La aplicación de fertilizantes a plena luz del sol estimula el crecimiento vegetativo, lo que conduce a la auto-sombra del dosel, provocando efectos negativos de la luz solar total. El cacao se beneficia de un aumento de la fotosíntesis, lo que conduce a un aumento de los rendimientos. Si la fertilización no es sostenida, es probable que la hoja muera, ya que el árbol de cacao no puede soportar la demanda de nutrientes de un dosel grande y el alto rendimiento lleva a una remoción sustancial de nutrientes como es el caso en el café (DaMatta, 2003)

A medida que la cantidad de radiación fotosintéticamente activa (PAR) es mayor con menos sombra, también es la tasa de fotosíntesis. Si los nutrientes son limitados, la fertilización aumentará los rendimientos cuando se elimine la sombra; pero si el rendimiento es mayor en ausencia de sombra, también aumentan las necesidades de nutrientes para compensar los nutrientes extraídos durante la cosecha, lo que es necesario aumentar las necesidades de fertilizantes en ausencia de sombra (Van Vliet y Slingerland, 2017); así mismo Müller (2008) menciona que la interacción entre la fotosíntesis, estado fenológico y necesidad nutricional de las plantas está íntimamente relacionado con la expresión productiva de las plantas.

5. Metodología

5.1. Materiales y métodos

5.1.1. Ubicación del estudio

El proyecto se llevó cabo en la Estación Experimental “El Padmi” de la Universidad Nacional de Loja, ubicado en la parroquia Los Encuentros perteneciente al cantón Yanzatza, de la provincia de Zamora Chinchipe. Ubicado a 3° 44’ 47,424” de Latitud Sur y a 78° 37’ 10,537” de Longitud Oeste; la estación posee una extensión de 102,95 ha., y está a una altitud entre 775 y 1150 msnm.

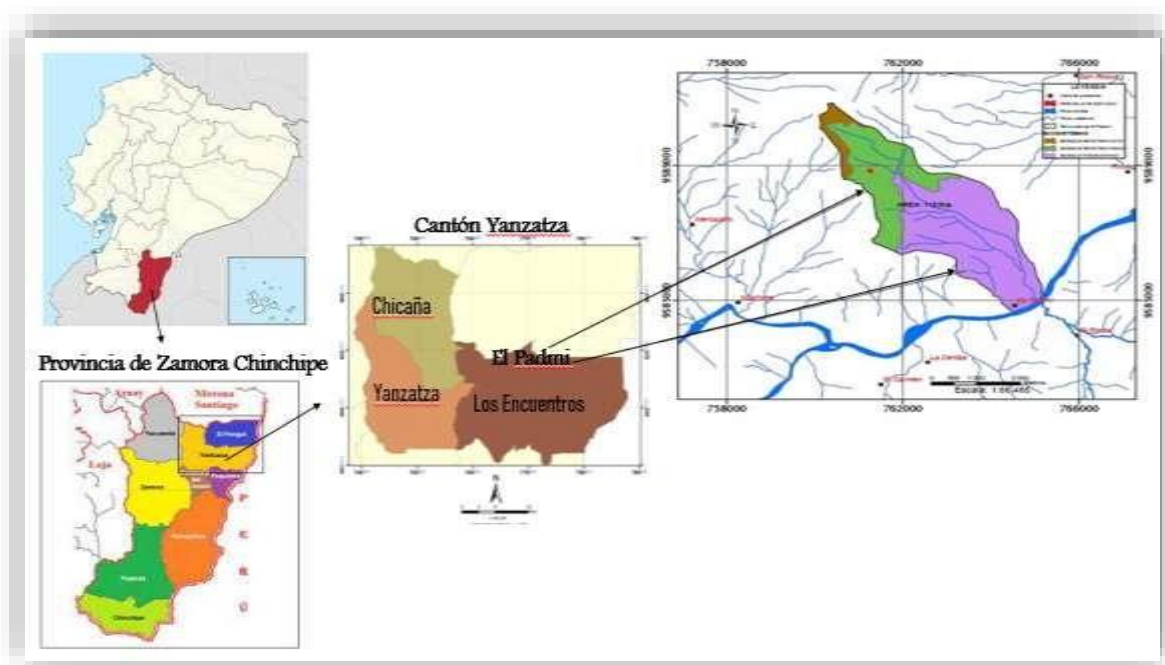


Figura 1. Mapa del sitio donde se llevará a cabo el Proyecto (Estación Experimental El Padmi)

Fuente: Estacio (2010)

5.1.2 Metodología general

El proyecto se llevó a cabo, en un cultivo de cacao ya establecido, con plantas sembradas a una distancia de 3,5 m entre filas y 4 m entre plantas, por parte del macroproyecto “Efecto de la radiación fotosintéticamente activa sobre cacao (*Theobroma cacao L.*) en la Región sur del Ecuador y sus implicaciones agronómicas”, en un área aproximada de 3 800 m². Los clones que se encuentran en dicha plantación son: EETP – 800, EETP – 801 y CCN51; y con el clon que se trabajó fue el CCN51. Estas plantas, provienen del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), el cual puede garantizar el origen y las características de las mismas.

El trabajo de investigación aplicó el método inductivo – deductivo, ya que el mismo partió de una fase de observación y medición de variables en campo, y a partir de ello, se pudo emitir criterios ocurridos en la interacción sombra – nutrición y así obtener conclusiones generales. Así se trata de explicar la manera en que influye la sombra en el crecimiento vegetativo y reproductivo considerando dos niveles de sombra y dos niveles de nutrición.

5.1.3. *Diseño experimental*

El experimento consta 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 20 días aproximadamente. Se trata de un Diseño Completamente Al azar (DCA) con arreglo bifactorial y está estructurado de la siguiente manera:

- ✓ Unidad experimental: Una planta de cacao clon CCN51
- ✓ Tratamientos: Cuatro tratamientos (2 niveles de sombra y 2 niveles de nutrición)
- ✓ Factor A: Sombra (2 niveles)
- ✓ Factor B: Nutrición (2 niveles)
- ✓ Número de repeticiones: Cuatro repeticiones
- ✓ Número de unidades experimentales: 1 UE
- ✓ Número total de plantas: 15 plantas

Tabla 2. Tratamientos

T1	Control
T2	Fertilizado
T3	Sombreado
T4	Sombreado y Fertilizado

5.1.4. *Modelo matemático*

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

Y_{ij} : Variable de respuesta

μ : Media poblacional

α : Efecto del factor sombra

- β : Efecto del factor nutrición
- $(\alpha\beta)_{ij}$: Efectos producidos por la interacción entre el factor A y el factor B
- ε_{ij} : Error experimental

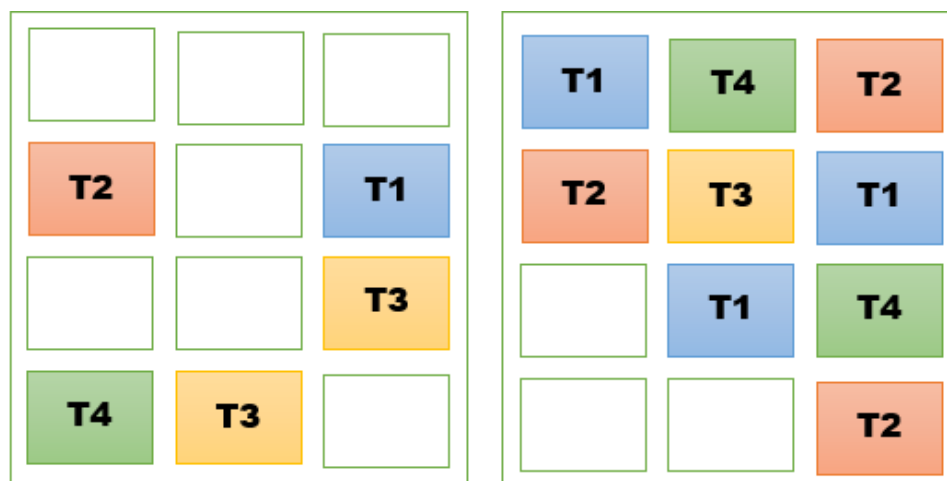


Figura 2. *Esquema de Campo*

- T1 Nutrición 0% y Sombra 0%
- T2 Nutrición 100% y Sombra 0%
- T3 Nutrición 0% y Sombra 80%
- T4 Nutrición 100% y Sombra 80%

5.1.5. *Análisis estadístico*

El tipo de análisis que se utilizó dentro de la investigación será: ANOVA, verificación de supuestos, test de comparación de medias: Tukey al 95 %, análisis de correlación de Pearson al 95 %, análisis de regresión y análisis multivariado, haciendo uso del software estadístico INFOSTAT

5.1.6. *Establecimiento y manejo del ensayo*

Se utilizó plantas de cacao clon CCN51 ya establecidas con una edad aproximada de un año 8 meses. Todas las plantas recibieron el mismo manejo agronómico, prácticas culturales y manejo de plagas y enfermedades acorde a las necesidades del cultivo, con el fin de controlar posibles fuentes de variación. El estudio al ser de tipo experimental planteó cuatro repeticiones

5.2. Metodología

5.2.1. Metodología para el primer objetivo: Analizar los efectos de distintos niveles de sombra y nutrición sobre variables morfológicas de crecimiento en cacao.

Para el cumplimiento del primer objetivo se evaluó las variables que se mencionan a continuación, y se construyó una base de datos para posterior realizar análisis estadísticos (ANOVA, análisis de regresión y correlación, curvas de crecimiento).

a. Área de la Sección Transversal del Tronco ASTT

Se midió el perímetro del tronco a 5 cm desde el suelo con una cinta métrica, a partir del cual se calculó su área. Esta medición se realizó dos veces, la primera al inicio del ensayo y la segunda al final; se expresará en cm^2

b. Diámetro de copa

Se tomó medidas del diámetro con una cinta métrica en sentido norte-sur y este-oeste, proyectando la copa del árbol en círculo, y se promedió con la fórmula del área de un círculo expresando los datos en centímetros (cm). Se realizó una vez cada mes.

$$\text{Diámetro} = (\text{perímetro} / \pi)$$

c. Área foliar

Al final del ensayo, se seleccionó 20 hojas de cacao al azar para obtener una función que estime el área foliar. Para lo cual se midió largo y ancho con una cinta en centímetros, y a las mismas hojas por medio de fotografía y software Photoshop se determinó su área foliar. Este proceso se realizó una sola vez y con estos datos, por medio de regresión, se obtuvo una ecuación para estimar el área foliar. Posteriormente se seleccionó las hojas completamente expandidas de los brotes para, por medio de la ecuación, medir su área

d. Índice de Área Foliar (IAF)

Se utilizó estimaciones alométricas, basadas en un análisis de regresión cuyo ajuste será el modelo potencial para el ancho de la hoja considerando los resultados del área foliar obtenidos anteriormente y la superficie del suelo ocupada por la planta. Al medir el ancho del total de las hojas de la planta, se calculó el índice de área foliar de la planta (IAF) de cacao.

Para el cálculo del índice (adimensional) se utilizó la siguiente fórmula:

$$\text{IAF} = \text{área foliar total de la planta} / \text{superficie del suelo ocupada por la planta.}$$

5.2.2. Metodología para el segundo objetivo: Determinar la influencia de dos niveles de sombra y nutrición sobre parámetros fisiológicos y nutricionales durante el crecimiento de cacao.

Para el cumplimiento del segundo objetivo se realizó la medición de las variables que se describen a continuación, y se construyó una base de datos para el análisis estadístico correspondiente utilizando el software estadístico INFOSTAT (ANOVA, análisis de regresión y correlación, curvas de crecimiento).

a. Concentración de clorofila

Para determinar el contenido de clorofila se utilizó el siguiente protocolo de análisis de clorofila por Espectrometría. Como muestra tomamos hojas totalmente funcionales, las cuales se lavó, seco y se cortó en secciones sin nervadura.

Para la extracción de pigmentos se pesó 0,5 g de hoja, luego introducir la muestra en un tubo de ensayo con 6 ml de etanol al 90 % de modo que los segmentos quedarán sumergidos en el solvente orgánico, posterior a ello se llevó a la incubadora por 20 minutos a baño de maría a 80 °C para que los pigmentos fotosintéticos (Clorofila A, B y Total) salgan y se disuelvan en el solvente, al culminar este tiempo los segmentos quedaron totalmente decolorados y el solvente de color verde

Los tubos de ensayo se envolvieron en papel aluminio para evitar la penetración de los rayos solares finalmente se secó los restos de las muestras de los tubos filtrar y centrifugar (Ródes y Collazo, 2006). (Müller, 2008)

Según Mackinney (1941), las ondas para medir la cantidad de absorbancia es 645 y 663 nm, de igual manera se hará uso de las fórmulas siguientes:

$$Ca\left(\frac{ml}{g}\right) = \frac{[(12,7 * A_{663}) - (2,69 * A_{645})] * vol.del extracto (ml)}{peso de la hoja (g)}$$

$$Cb\left(\frac{ml}{g}\right) = \frac{[(22,9 * A_{645}) - (4,68 * A_{663})] * vol.del extracto (ml)}{peso de la hoja (g)}$$

$$Ctotal\left(\frac{ml}{g}\right) = \frac{[(20,2 * A_{645}) - (8,02 * A_{663})] * vol.del extracto (ml)}{peso de la hoja (g)}$$

Este indicador se midió una sola vez al finalizar el ensayo y se expresó en ml/g.

b. Densidad estomática

Se aplicó la técnica de la impronta, la cual consistió en utilizar una fina capa de esmalte para uñas transparente en un área pequeña del lado abaxial de la hoja, después que el esmalte se seque, la capa debe ser removida y montada en un portaobjetos. Se tomaron dos muestras de cada hoja en la región de la parte central entre las venas secundarias, se observaron las estomas en el microscopio OLYMPUS BX41 con un aumento de 10X y mediante el uso del programa Anfinity Analyze 5,0 se procedió a fotografiar marcando tres cuadros de 1 000 um cada uno, siendo esa área de conteo, expresándose el dato en número de estomas por mm² (Barrientos, 2003)

c. Tasa de Crecimiento Absoluto (TCA) y Tasa de Crecimiento Relativo (TCR) del fruto

Se evaluó mensualmente desde el estadio 72, empleando la siguiente fórmula:

$$\text{TCA} = (Pt1 - Pt0) / t1 - t0$$

$$\text{TCR} = 1/Pt0 * TCA$$

TCA es la tasa de crecimiento absoluto (g*día*1), TCR es la tasa de crecimiento relativo del fruto (mg*g*1*día*1), Pt1 y Pt0 son las variables del peso fresco en la fecha actual (T1) y la anterior (T0) al muestreo.

d. Rendimiento estimado

Se evaluó cosechando mazorcas formadas por unidad experimental por cada tratamiento dado, el peso fresco y seco se tomarán los datos en una balanza digital para estimar la producción por cada tratamiento.

Para calcular el peso de la mazorca, se utilizó una medida alométrica basada en un análisis de regresión con los datos de la longitud y peso de la mazorca, por lo cual se basaron en diferentes modelos de regresión teniendo en cuenta la fórmula de la ecuación $0,0998 * L^2,6806$

e. Fenología del cacao

Se realizaron evaluaciones del estado fenológico 30 días acorde a la escala BBCH indicada por Niemenak et al., 2009. Con el fin de analizar la progresión de los diferentes estados desde el estado BBCH30 (generación de ramas) hasta el estado BBCH30 (previo a la floración) y relacionarlos a la PAR incidente y temperatura

Se llevó a cabo un registro de los cambios climáticos que presentó la planta cuando se tomen los datos de distintas variables, este registro tuvo las características descritas en la escala BBCH del

cacao para observar en qué fase de desarrollo se encuentra la planta; el registro se realizó mensualmente.

f. Determinación de contenidos nutricionales

Al finalizar el ensayo, se realizó análisis nutricionales de tejidos foliares (hojas), para evaluar el contenido de N, P, K, Ca y Mg. Para lo cual se recolectarán muestras las cuales serán enviadas al laboratorio del INIAP-Santa Catalina, análisis que se desarrolló bajo los protocolos establecidos por esta entidad.

g. Análisis bromatológicos

Son los análisis de los minerales, nutrientes, valor nutricional y características químicas del tejido vegetal. Se determinó por estufa, un peso constante y se midió: materia seca y proteína bruta mediante el método Kjeldahl, grasas por Soxhlet, carbohidratos y cenizas por incineración; para hojas, y tallos de cacao se utilizó la metodología del Laboratorio de Bromatología de la Universidad Nacional de Loja.

h. pH y Conductividad Eléctrica (CE) del suelo

- ✓ **pH del suelo:** Se realizó cada mes, se tomó muestras de aproximadamente 50 gr de suelo a 15 cm de profundidad, tomando 4 muestras por tratamiento (12 muestras). El análisis se realizó en el Laboratorio de Suelos de la UNL donde con la ayuda de un instrumento llamado potenciómetro se procedió a medir el pH en agua destilada con una relación 1:2.5 para conocer los cambios que se dieron en el suelo durante la investigación.
- ✓ **Conductividad Eléctrica:** Se realizó mensualmente, se tomó muestras de aproximadamente 50 gr suelo a 15 cm de profundidad, tomando 4 muestras por tratamiento (12 muestras). El análisis se realizó en el Laboratorio de Suelos de la UNL con ayuda de un potenciómetro y se expresó en decisiemens por metro (dS/m). Con esta variable junto con el pH se estableció relaciones a la PAR.

6. Resultados

6.1. Variables Morfológicas

6.1.1. Diámetro de copa

A lo largo del periodo de evaluación, tenemos como resultado que el diámetro de copa en las plantas de cacao CCN51, en la interacción con los factores, sombra y fertilización, no tuvo diferencias significativas ($p > 0,05$).

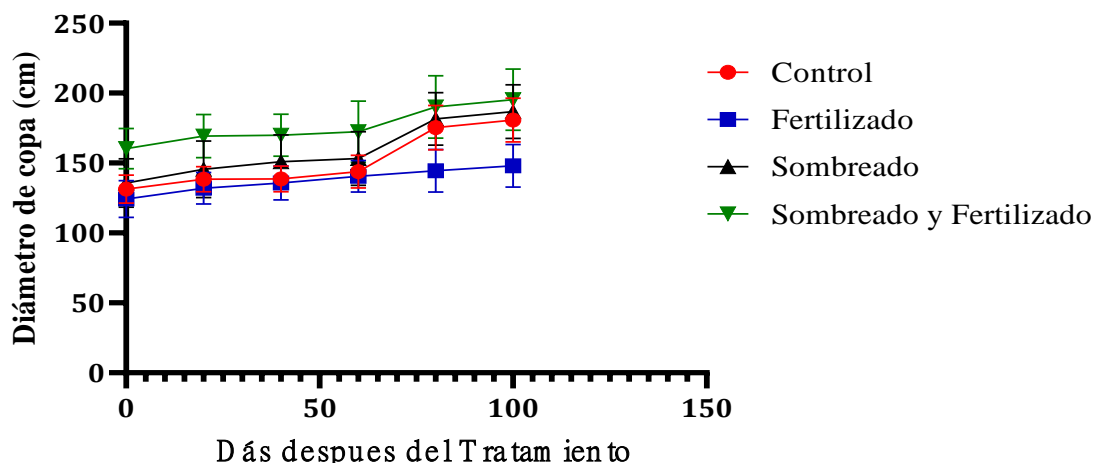


Figura 3. Incremento de diámetro de copa en plantas de Cacao clon CCN51 desde los 22 a 105 días después de la aplicación de los tratamientos.

6.1.2. Área de la Sección Transversal del Tronco ASTT

No se encontraron diferencias significativas ($p > 0,05$) en lo que respecta al área de la sección transversal del tronco, pero se pudo apreciar un incremento positivo en el fertilizado ya que el área de la sección transversal del tronco aumento en un 51,40 % con respecto al sombreado, se presume que la fertilización pudo influir en estos resultados obtenidos al final del ensayo, pero no se puede definir a ciencia cierta esta hipótesis, ya que en el control también hubo un incremento positivo.

Tabla 3. Área de la sección transversal del tronco (ASTT) al inicio y al final de la evaluación del ensayo. No se encontraron diferencias significativas ($p > 0,05$)

Tratamiento	ASTT (cm ²)		Incremento ASTT (cm ²)	TCA cm ² . día ⁻¹
	0 días	105 días		
Control	125,83	225,71	99,88	1,25
Fertilización	101,37	217,40	116,03	1,14

Sombra	128,70	188,35	59,65	0,77
Sombra y Fertilización	180,12	268,71	88,59	1,23
Control	ns	ns	ns	ns
Fertilización	ns	ns	ns	ns
Sombra	ns	ns	ns	ns
Sombra y Fertilización	ns	ns	ns	ns

6.2. Variables Fisiológicas

6.2.1. Concentración de clorofila a, b y total

La concentración de clorofila total, de acuerdo a los resultados obtenidos, no presentaron diferencias significativas. Sin embargo, el sombreado registró los valores más altos de concentración de clorofila, y el mismo con respecto interacción sombra – nutrición se registró una concentración del 62 %, de la misma manera en el fertilizado 59,64 %, se sospecha que estos resultados se dieron gracias a la influencia de los factores sombra y fertilización, ya que la concentración en el control fue de 38,47 %.

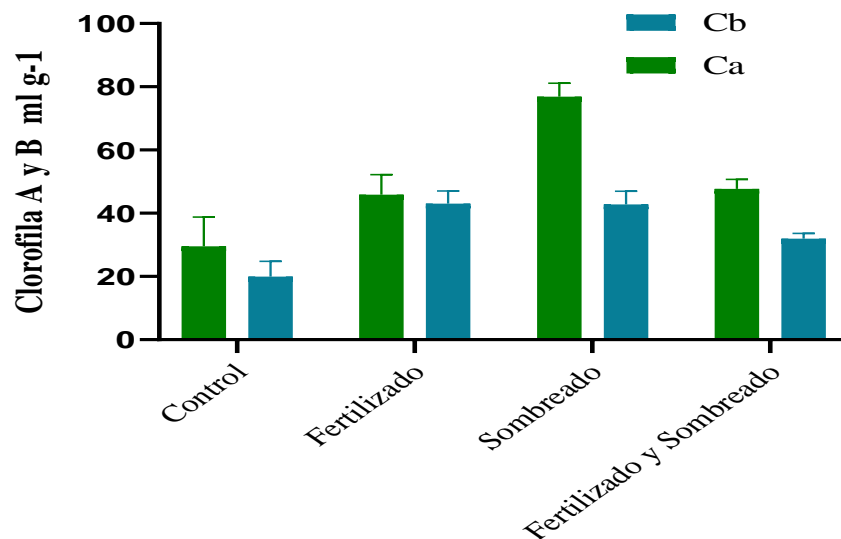


Figura 4. Concentración de clorofila total, contenida en hojas de cacao clon CCN51, a los 105 días después de la aplicación de los tratamientos, no se encontraron diferencias significativas ($p > 0,05$). Cb. está representado por el color azul, Ca está representado por el color verde, y la sumatoria de las dos es C Total.

6.2.2. Densidad estomática

En la tabla 4 se muestra que el número de estomas por mm^2 y el índice estomático, no presenta diferencias significativas entre los tratamientos, sin embargo, pese a que no existen diferencias estadísticamente significativas, se puede observar un mayor número de estomas en el sombreado, en el fertilizado, y su interacción, lo que puede considerar que influyeron los factores de sombra y fertilización para estos resultados al final de la investigación.

Tabla 4. Densidad e índice estomática en hojas de cacao clon CCN51 al finalizar la evaluación del ensayo. No existen diferencias estadísticas significativas Tukey ($p < 0,05$).

Tratamiento	Factor		Densidad estomática (estoma/ mm^2)	Índice estomático (%)
	Sombra (%)	Fertilización (%)		
Control	0	0	850,1	24,6
Fertilización	0	100	880,7	27,7
Sombra	80	0	897,4	25,7
Sombra y fertilización	80	100	908,3	26,3
Control	ns	ns	ns	ns
Fertilización	ns	ns	ns	ns
Sombra	ns	ns	ns	ns
Sombra y fertilización	ns	ns	ns	ns

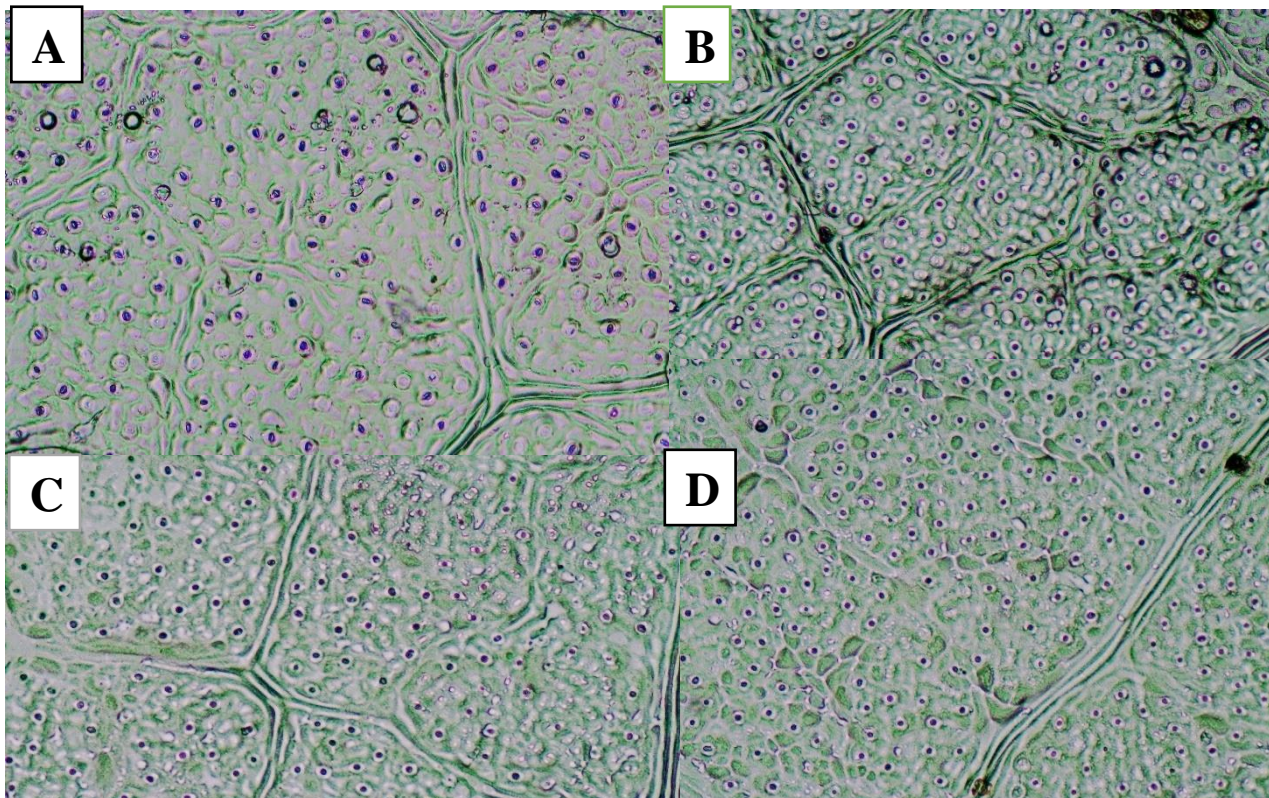


Figura 5. Estomas de la epidermis adaxial de cacao clon CCN-51. A: Impronta de hojas Control sin Fertilización y sin Sombra. B: Impronta de hojas Fertilizadas. C: Impronta de hojas expuestas a sombreo. D: Improntas de hojas de plantas fertilizadas y expuestas al sombreo

6.2.3. Índice de área foliar

En cuanto al índice de área foliar no se encontraron diferencias significativas (p -valor $< 0,05$), sin embargo, como se puede visualizar en la figura, los valores más altos son del sombreo y la interacción de sombra-fertilización, se cree que hubo este efecto se debe a la influencia del factor sombra, ya que el sombreo hubo un 89,26 % de índice de área foliar

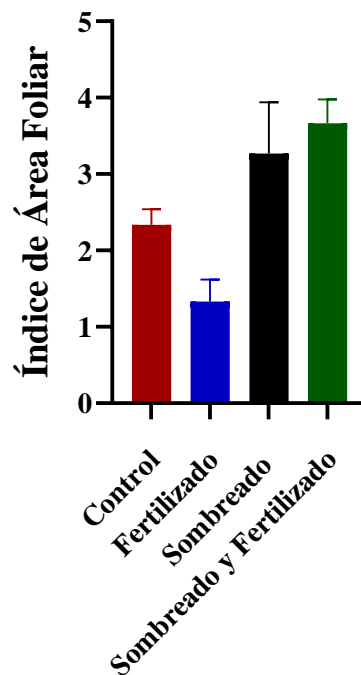


Figura 6. Índice de Área Foliar a los 105 días después de la aplicación de los tratamientos, no existen diferencias significativas ($p > 0,05$).

6.2.4. pH del suelo y conductividad eléctrica

En la Figura 7, no se encontró diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos de sombra, fertilización y su interacción (p -valor $> 0,05$). El pH inicial del suelo en el terreno donde se ejecutó el ensayo fue de 4,9. Se puede considerar que tuvo influencia el factor fertilización para que se den estos resultados, ya que después de los 20, 40, 60 y 80 días de aplicación se tuvo como resultado que el pH determinado de forma individual por tratamiento no presentó diferencias estadísticamente significativas, sin embargo, en la figura podemos observar que los puntos más

ácidos corresponden al fertilizado a los 40 días y a la interacción sombra-fertilización a los 100 días de la aplicación.

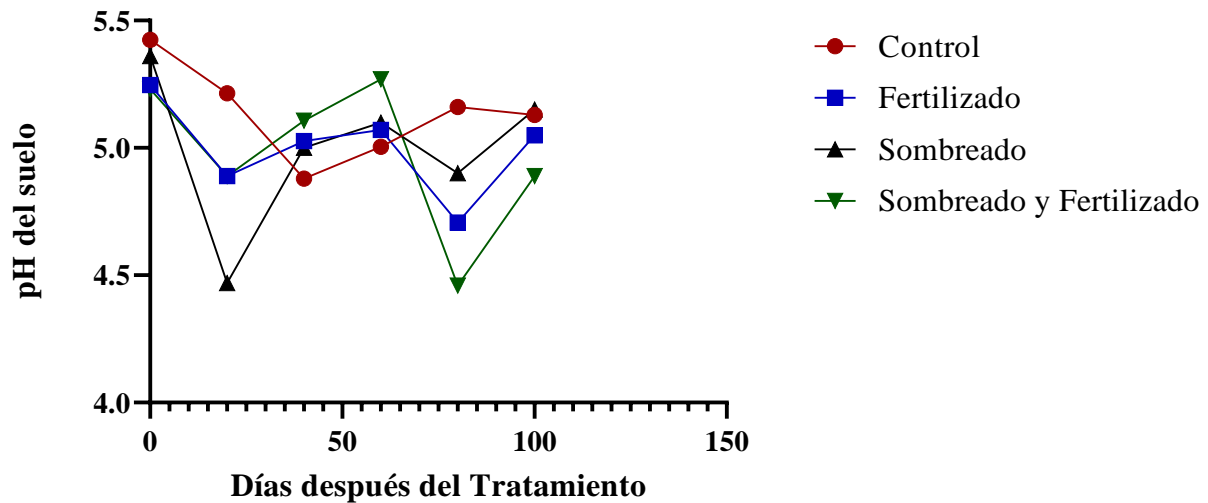


Figura 7. Expresión de la variación del pH del suelo en el cultivo de cacao clon CCN51, durante la fase de aplicación de tratamientos, no se encontraron diferencias significativas ($p > 0,05$).

Así mismo, en la figura 8, se expresaron los valores de conductividad eléctrica, registrados cada 21 días, en la cual no se encontraron diferencias significativas en los tratamientos y el control. Sin embargo, se puede observar que a los 60 días después de la aplicación, en el fertilizado se expresaron valores muy altos de conductividad eléctrica.

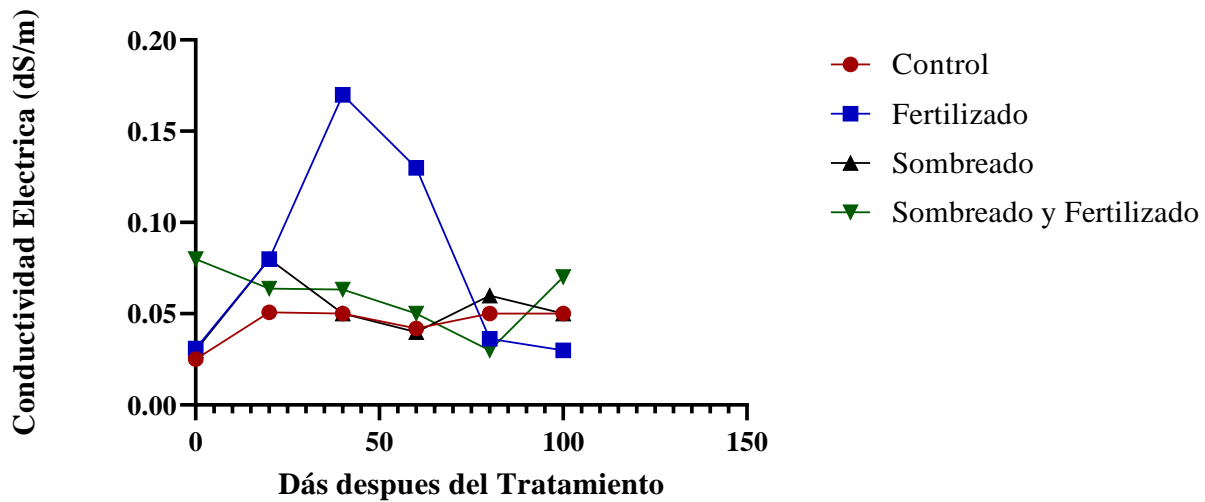


Figura 8. Expresión de la conductividad eléctrica del suelo en el cultivo de cacao clon CCN51, durante la fase de aplicación de tratamientos, no se encontraron diferencias significativas ($p > 0,05$).

6.3. Variables productivas

6.3.1. Entrada de producción

La siembra del cultivo del cacao en la Estación Experimental “El Padmi” se realizó el 17 de octubre del 2019, el cultivo tiene aproximadamente 2 años y medio para el clon CCN51 la entrada de producción inicio a los dos años después de la siembra.

6.3.2. Longitud de fruto

Al analizar estadísticamente los resultados obtenidos en lo que respecta a la longitud del fruto no se encontraron diferencias significativas (p -valor > 0.05) entre los tratamientos y el control. Como podemos observar en la figura 8, el ritmo de crecimiento fue influenciado por el efecto de sombra y fertilización, porque pese a que no se observaron diferencias, se puede visualizar que los valores más altos de longitud del fruto se dan en el sombreado y fertilizado

Curva de Crecimiento del fruto

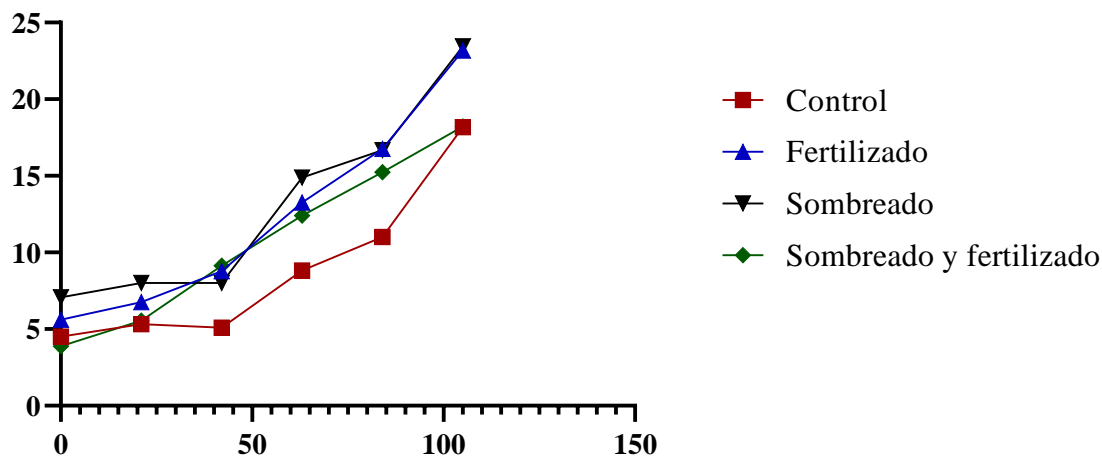


Figura 9. Curva de crecimiento de la longitud del fruto del clon CCN51

6.3.3. Peso estimado promedio del fruto

No se encontraron diferencias significativas en cuanto al peso de la mazorca con un (p -valor > 0.05), sin embargo, se puede observar que los tratamientos fertilizado y el sombreado, obtuvieron el mayor peso estimado promedio de las mazorcas de cacao clon CCN-51

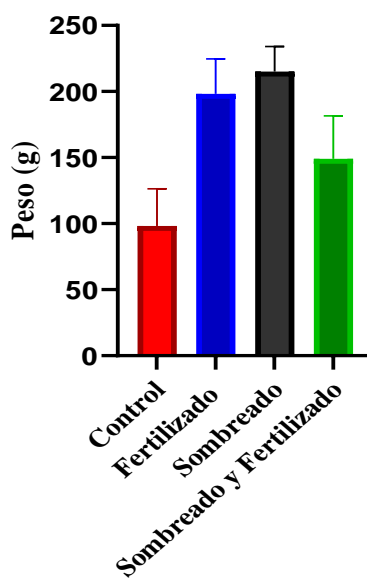


Figura 10. Peso estimado de fruto en (g) clon cacao CCN51

6.3.4. Tasa de Crecimiento Absoluto (TCA) y Tasa de Crecimiento Relativo (TCR) del fruto

Los valores de la Tasa de Crecimiento Absoluta y Tasa de Crecimiento Relativo (TCA y TCR) de los frutos para el clon CCN51 evaluados en las unidades experimentales de cacao en los diferentes tratamientos, a los 105 días después de la aplicación no se encontraron diferencias significativas como indica la tabla, sin embargo, se puede visualizar que la mayor tasa de crecimiento absoluto se dio en el control y la tasa de crecimiento relativo en la interacción de sombra y fertilización

Tabla 5. Tasa de Crecimiento Absoluto y Tasa de crecimiento Relativo en los tratamientos y el control

Tratamiento	Factor		TCA (g)	TCR (mg)
	Sombra (%)	Fertilización (%)		
Control	0	0	7,68	1,71
Fertilización	0	100	5,98	1,06
Sombra	80	0	6,41	0,91
Sombra y fertilización	80	100	7,33	1,89
Control	ns	ns	ns	ns
Fertilización	ns	ns	ns	ns
Sombra	ns	ns	ns	ns
Sombra y fertilización	ns	ns	ns	ns

6.3.5. Producción estimada por planta

En la figura nos muestra la producción estimada por planta no existen diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos y el control sin embargo se puede apreciar que los valores más altos de producción estimada por planta se dan en los tratamientos de fertilizado y sombreado.

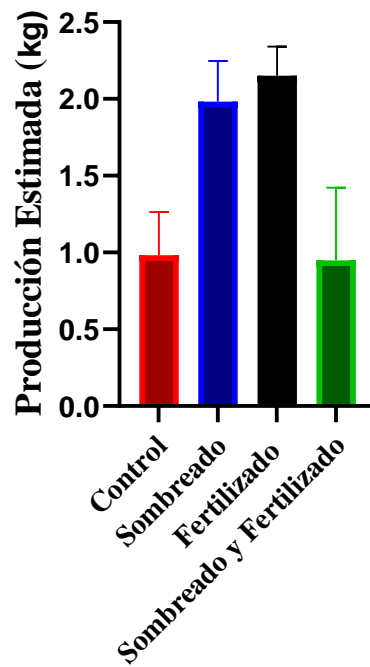


Figura 11. Producción estimada por planta en cacao clon CCN51

6.3.6. Fenología del cacao

Al finalizar el experimento se pudo observar que, la fenología del cultivo no se vio afectada durante el cuajado del fruto, para ninguno de los tratamientos, lo que sugiere que los cultivos se desarrollan de forma normal con o sin sombra, como podemos observar en la figura.

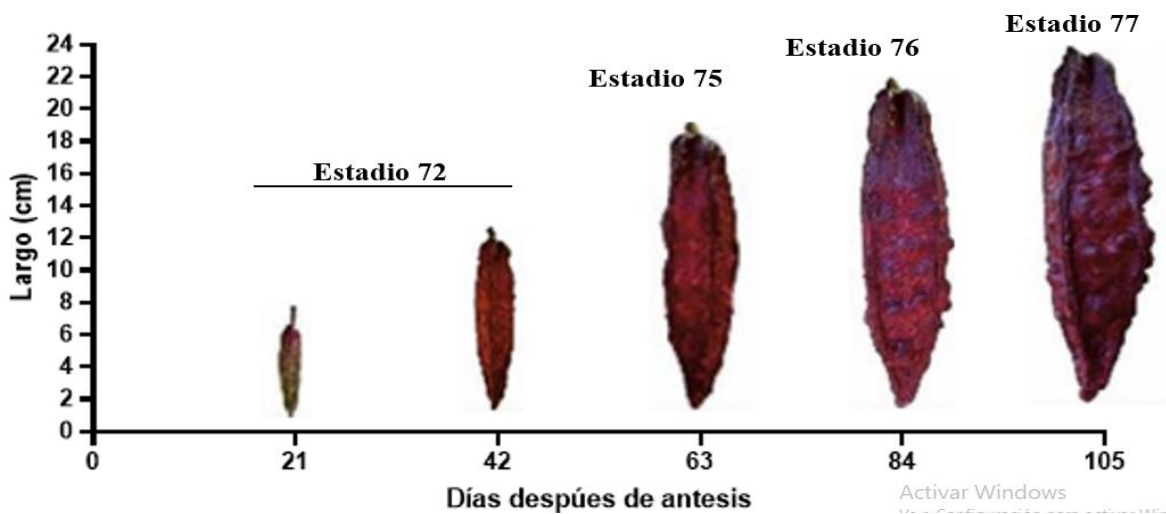


Figura 12. Fenología del cacao clon CCN-51

6.4. Correlaciones entre variables

Se realizó un análisis de correlación entre las siguientes variables: Incremento del diámetro, TCA diámetro, ASTT incremento, IAF, pH, CE, clorofila, densidad estomática y peso del fruto de esta manera mostrando aquellas correlaciones que tienen un coeficiente de correlación de Pearson > 0.60 y un p-valor < 0.05

Tabla 6. Correlación entre variables morfológicas y fisiológicas evaluadas en cacao clon CCN51

Variable (1)	Variable (2)	N	Pearson	p- valor
Incremento diámetro	ASTT Incremento	9	0,04	0,92
	IAF	9	-0,02	0,96
	pH	9	0,38	0,31
	CE	9	-0,23	0,54
	Clorofila	9	0,65	0,05
	Densidad Estomática	9	0,23	0,55
	Peso del fruto	9	-0,27	0,48
TCA Diámetro	ASTT Incremento	9	0,04	0,92
	IAF	9	-0,02	0,96
	pH	9	0,38	0,31
	Ce	9	-0,23	0,54
	Clorofila	9	0,65	0,05
	Densidad Estomática	9	-0,23	0,55
	Peso del fruto	9	-0,27	0,48
ASTT Incremento	IAF	9	0,35	0,35
	pH	9	-0,09	0,81
	Ce	9	0,7	0,03
	Clorofila	9	0,63	0,07
	Densidad Estomática	9	0,13	0,74

	Peso del fruto	9	-0,53	0,14
IAF	pH	9	-0,22	0,56
	Ce	9	0,53	0,14
	Clorofila	9	0,06	0,87
	Densidad Estomática	9	0,26	0,49
	Peso del fruto	9	0,13	0,74
	Ce	9	-0,72	0,02
pH	Clorofila	9	0,31	0,42
	Densidad Estomática	9	-0,1	0,8
	Peso del fruto	9	-0,01	0,97
	Clorofila	9	0,11	0,77
Ce	Densidad Estomática	9	0,31	0,41
	Peso del fruto	9	-0,32	0,39
	Densidad Estomática	9	-0,36	0,33
Clorofila	Peso del fruto	9	-0,58	0,09
	Densidad Estomática	Peso del fruto	9	0,23

7. Discusión

En la presente investigación se evaluó el crecimiento y desarrollo del cacao clon CCN-51 (*Theobroma cacao L.*) bajo niveles contrastantes de sombreado y fertilizado, así como su interacción sobre variables morfo-fisiológicas durante la etapa vegetativa y productiva, las plantas no presentaron diferencias significativas entre los tratamientos. Al respecto Priego (2003), afirma que la fertilización en el cultivo de cacao requiere un manejo a largo plazo, debido a que los árboles tienen la capacidad de estabilizar el pH cuando previamente es agregado un elemento ácido o alcalino al suelo, el cual puede diferir en las respuestas a la fertilización.

Según García (2014), los nutrientes pueden ser más importantes que la sombra en etapas tempranas de crecimiento y desarrollo de las plántulas. La mayoría de experimentos con cacao que incluyen sombra y fertilización muestran que la sombra reduce las respuestas a la aplicación de fertilizantes Koslowski (1977). En los resultados obtenidos, el tratamiento de sombreado y fertilizado, fue el que tuvo mejor respuesta con respecto a variables productivas, esto puede estar relacionado con la heterogeneidad de las plantas al iniciar la aplicación de los tratamientos, ya que este estudio es el seguimiento de un proyecto que se ha venido ejecutando continuamente

Según (Lockwood, 2011), nos dice que el crecimiento y desarrollo del cacao es influenciado por un complejo de factores genéticos, fisiológicos y morfológicos y sus interacciones con las variables ambientales como la concentración de dióxido de carbono y el nivel de la intensidad de la luz, todos estos factores inciden intensamente en la habilidad del cacao para absorber, transportar y utilizar agua y nutrientes

Las variables morfológicas estudiadas están relacionadas con el diámetro de la copa, área de la sección transversal del tronco, tasa de crecimiento absoluta (TCA), concentración de clorofila a, b y total, densidad estomática; área de índice foliar, densidad estomática, 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 en un incremento constante, y la interacción con los factores control, sombra y fertilización, no tuvo diferencias significativas, lo que coincide con lo que menciona Bowen (2014), que brindar sombra temporal y nutrición a las plantas de cacao jóvenes, ayuda a acelerar su crecimiento, contribuye a reducir la evapotranspiración y genera cobertura ante

la radiación solar directa. Esta información podría explicar por qué el tratamiento sombreado y fertilizado, tuvo mayor diámetro de copa en comparación a los demás tratamientos.

En el ASTT y TCA, no presentaron diferencias estadísticas significativas al lo largo del ensayo, sin embargo, el tratamiento que estuvo sometido al sombreado y fertilizado obtuvo mayor incremento de ASTT y TCA. Estos resultados muestra que la sombra y la fertilización influyeron en el incremento del ASST y TCA, lo cual coincide con lo expuesto por Buriticá (2015), en cuanto a que fertilización química, tuvo valores mas altos en el incremento del diametro del tallo. Así mismo en su estudio realizado se demostró que en cultivares de cacao CCN- 51, los valores mas altos se dieron en plantas sometidos a factores con sombra temporal y nutrición

La concentración de clorofila total, de acuerdo a los resultados obtenidos, no presentó diferencias significativas entre los tratamientos de sombra, nutrición y su interacción frente al control testigo. Sin embargo, se registró que el tratamiento sometido al sombreado, es el que presenta más concentración de clorofila A, B, y Total. Los resultados obtenidos en este ensayo, tienen similitud con lo que expone (Jaimez *et al.*, 2008), en su investigación, donde manifiesta que necesariamente las plantas de cacao clon CCN-51, deben ser sembradas bajo sombra parcial, ya que en su estudio encontró que la 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.

En cuanto a la densidad estomática y el índice estomático, no presenta diferencias significativas en los tratamientos, y el control, sin embargo, se puede observar un mayor número de estomas en el sombreado, en el fertilizado, y su interacción, por lo que se puede considerar que influyeron los factores de sombra y fertilización, no obstante, los resultados al final de la investigación estos resultados son contradictorios a los expuesto por Jaimez *et al.*, (2018) y Guanaschelli *et al.*, (2009) los cuales manifiestan que las plantas a plena exposición de luz incrementan el número de estomas y por ende los valores en conductancia estomática y tasa de asimilación. De la misma manera Nughes (2013), da a conocer que, en especies tropicales y amazónicas, las estomas por milímetro cuadrado son mayores en tratamientos expuestos a pleno sol.

En el Índice de Área Foliar no se encontraron diferencias significativas ($p < 0,05$), sin embargo, los valores más altos son del sombreado y la interacción de sombra-fertilización, por ende, se cree que hubo este efecto se debe a la influencia del factor sombra, ya que el sombreado hubo un 89,26% de índice de área foliar, esta información coincide con lo expuesto por James & Bell (2000) y

Suárez et al., (2018), los cuales aseguran que las plantas que se desarrollan en ambientes con sombra, tiene mayor incremento del IAF a diferencia de plantas que están expuestas a la radiación solar directa.

Con respecto al pH no se encontró diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos de sombra, fertilización y su interacción ($p > 0,05$). El pH inicial del suelo en el terreno donde se ejecutó el ensayo fue de 4,9. Se puede considerar que tuvo influencia el factor fertilización para que se den estos resultados, ya que después de los 20, 40, 60 y 80 días de aplicación se tuvo como resultado que el pH determinado de forma individual por tratamiento no presentó diferencias estadísticamente significativas, sin embargo, en la figura podemos observar que los puntos más ácidos corresponden al fertilizado a los 40 días y a la interacción sombra-fertilización a los 100 días de la aplicación. Al respecto Rosas Patiño *et al.*, (2017) menciona que el proceso de acidificación del suelo tiene una tendencia natural en regiones tropicales lluviosas, es decir, las abundantes precipitaciones y el arrastre de fertilizantes por escorrentia vendrían a ser la razón del porque hubo una disminución del pH en la zona de estudio. Además, para sustentar estas variaciones del pH, Fernández *et al.*, (2017), indican que las variaciones de pH en el suelo son menores cuando las partículas de suelo son más pequeñas.

Además de tener un pH óptimo, el suelo debe tener materia orgánica la cual incrementa la capacidad del suelo para retener nutrientes y disminuir la compactación, entre otros beneficios Sánchez L (2005). Estos datos que concuerdan con la presente investigación en donde el análisis de suelo muestra que el contenido de materia orgánica del lugar del ensayo fue de 10.9 %, un valor relativamente alto, adicional a esto, se encuentran las propias características de los suelos de la provincia de Zamora, que son considerados ácidos INIAP (2014).

La conductividad eléctrica (CE), mide la capacidad del suelo para conducir corriente eléctrica al aprovechar la propiedad de las sales en la conducción de la misma; por lo tanto, la CE mide la concentración de sales solubles presentes en la solución de 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 cada 21 días, no se encontraron diferencias significativas en los tratamientos y el control. Sin embargo se puede observar que a los 60 días después de la aplicación, en el tratamiento fertilizado se expresaron valores muy altos de conductividad eléctrica, pero cabe

mencionar que todos los datos fueron menores a 1 dS m^{-1} lo que significa que los suelos no presentaron problema de sales, así lo indica Bárbaro et al., (2005), quienes mencionan que a mayor CE mayor es la concentración de sales, por ende, en un suelo es conveniente que la CE sea baja. Este estudio guarda relación con lo expuesto por Morales Arteaga & Serrano Neira (2019), quienes en su estudio realizado en el Puyo también encontraron valores bajos de CE, en un rango entre 0,25 y $9,65 \text{ dS m}^{-1}$.

La siembra del cultivo del cacao en la Estación Experimental “El Padmi” se realizó el 17 de octubre del 2019, el cultivo tenía aproximadamente 2 años y medio para el clon CCN51 la entrada de producción inició a los dos años después de la siembra. Al analizar estadísticamente los resultados obtenidos en lo que respecta a la longitud del fruto no se encontraron diferencias significativas ($p > 0.05$) entre los tratamientos y el control. El ritmo de crecimiento fue influenciado por el efecto de sombra y fertilización, pues pese a que no se observaron diferencias, se pudo ver que los valores más altos de longitud del fruto se dan en el sombreado y fertilizado, esta opinión la comparte Ferrás (2017), que nos dice que la longitud está condicionada a alargarse tanto como se lo permita las condiciones como temperatura, precipitación, fertilización y características genéticas propias de la especie.

Para calcular el peso de la mazorca, se utilizó una medida alométrica basada en un análisis de regresión con los datos de la longitud y peso de la mazorca, por lo cual se basaron en diferentes modelos de regresión teniendo en cuenta la fórmula de la ecuación $0,0998 * L^2,6806$, por lo tanto, no se encontraron diferencias significativas en cuanto al peso de la mazorca con un ($p > 0.05$), sin embargo se puede observar que los tratamientos fertilizado y el sombreado, obtuvieron mayor peso estimado promedio de las mazorcas de cacao clon CCN-51. Puentes (2013), nos dice los fertilizantes a base de N, P y K, en el cultivo del cacao otorgan una mejor absorción para el desarrollo y crecimiento de las plantas. El crecimiento de la mazorca se vio influenciada por los tratamientos que se incorporó fertilización a la planta de cacao ya que ayudan al crecimiento y longitud del fruto a diferencia del testigo que presentó el menor promedio en esta variable ya que la planta necesita de sustancia nutritivas para su normal desarrollo, como indica Quiminet (2011).

Los valores de la Tasa de Crecimiento Absoluta y tasa de crecimiento relativo (TCA y TCR) de los frutos para el clon CCN51 evaluados en las unidades experimentales de cacao en los diferentes tratamientos, a los 105 días después de la aplicación no se encontraron diferencias significativas,

sin embargo, se puede observar que la mayor tasa de crecimiento absoluto se dio en el control y la tasa de crecimiento relativo en la interacción de sombra y fertilización, Mejia,(2000) asegura que es necesaria la aplicación de fertilizantes químicos para obtener mejores rendimientos en el cultivo del cacao.

Por otro lado, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas, en el peso estimado promedio del fruto, sin embargo en Espinosa (2017), nos menciona que los rendimientos de cacao e indicadores de rentabilidad estimados permiten ubicar regiones con potencial para incrementar la superficie, la producción y la competitividad actual de este cultivo, por lo tanto la producción de cacao en el mundo generalmente se hace bajo sistemas tradicionales, siendo los rendimientos bajos, excepto en algunas condiciones muy particulares. En promedio, en el mundo, se producen 550 kg/ha, en Ecuador con el clon CCN51 alcanza 2,0 t/ha, mientras que en Indonesia se reportan hasta 3,0 t/ha. La principal estrategia para obtener estos rendimientos es ubicar el cultivo en óptimas condiciones agroecológicas.

Al finalizar el experimento se pudo observar que, en los tratamientos y el control, la fenología del cultivo no se vio afectada en el tiempo transcurrido del cuajado de futo, de esta manera se puede evidenciar que los cultivos se desarrollan de forma normal con o sin sombra.

8. Conclusiones

- La fertilización en la etapa reproductiva del cacao clon CCN51 reflejó ligeros cambios en la longitud del fruto, peso estimado, y en la producción estimada por planta, así mismo en el número de estomas en la superficie foliar
- La influencia de sombra y fertilización provocó un descenso del pH del suelo, como consecuencia del efecto acidificante de los fertilizantes, por otro lado, favoreció el aumento de conductividad eléctrica del suelo, debido a la mayor presencia de sales en la solución del suelo, a pesar de ello, es un valor normal para la producción del cacao
- El sombreado con 80% de intercepción solar en plantas de cacao CCN51 durante la etapa vegetativa favoreció el incremento del área foliar e índice de área foliar, así como también el número de estomas en la superficie foliar

9. Recomendaciones

- Seguir con la investigación hasta llegar a la etapa de procesamiento y a su vez evaluar el rendimiento y producción; de esta manera poder describir la influencia de los factores sombra y fertilización y su interacción en el rendimiento de cacao clon CCN51.
- Se recomienda mejorar la implementación de la sombra, puesto 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

- Almeida, A. A., & Valle, R. (28 de February de 2008). Ecophysiology of the cacao tree. *SCIELO*, 19(4), 426-448. Obtenido de <https://www.scielo.br/j/bjpp/a/cH3fMFFp6wY4mfZYFPmS7cj/?format=pdf&lang=en>
- Anacafe. (2014). Cultivo de cacao. *Infocaes*, 8-9.
- Anecacao. (2012). Guia de cacao. *Universidad san francisco* , 12.
- Anecacao. (2019). *Sector exportador de cacao*. Obtenido de <http://www.anecacao.com/uploads/estadistica/cacao-ecuador-2019-4.pdf>
- Arvelo, M., Gonzalez, D., Maroto, S., Delgado, T., & Montoya, P. (2017). Manual tecnico del cultivo de cacao. San jose, costa rica: instituto interamericano de Cooperacion para la Agricultura.
- Arvelo, M., Leon, D. G., & T Delgado, S. M. (2017). Manual tecnico del cultivo de cacao practicas. *Biblioteca de la Sede Central*.
- Bastida, P. (2017). Nutrición y Fertilización del cacao. 56.
- BCE. (2019). *Reporte de conyuntura. Sector agropecuario*. Obtenido de Banco CeBCentral del Ecuador (): <https://contenido.bce.fin.ec/documentos/PublicacionesNotas/Catalogo/Encuestas/Co>
- Betancourt, p. G. (2021). *Influencia de dos niveles de nutrición y dos niveles de sombra en cacao clon eetp - 801*. Loja: universidad nacional de loja.
- Bowen, M. J. (2014). Comportamiento productivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) Ccn-51 ante diferentes formulaciones de fertilización. Quevedo, 2014. *Tesis de grado previo a la obtención del título de ingeniera agropecuaria*, 56-76.
- Buriticá, J. (2015). Ensayo de fertilización en cacao CCN-51 (*Theobroma cacao* L.) en la hacienda Calamar. *Tesis de grado Ingeniero Agrónomo, Universidad de Manizales, Colombia.*, 76.
- Cepal. (2020). *Produccion y evaluacion de sombra en cacao*. Obtenido de <https://www.cepal.org/es/publicaciones/39965-panorama-social-america-latina-2015>
- Colmenares, M. T. (2019). Cacao. *NASAm*. El cultivo de cacao: clima y suelo. (2019). *El productor*, 1-2.
- ESPAC. (2020). Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua.
- Estrada, W., Romero, X., & Moreno, J. (2011). Guía técnica del cultivo de cacao manejado con técnicas agroecológicas. *INFOCAES*, 5.
- Falconi, G. (2021). *Ciudad universitaria*. Obtenido de <https://unl.edu.ec/investigacion/estacion-experimental-el-padmi>

- Fernando, B. M. (2021). Evaluación de extractos etanolicos . *Utmach*, 18.
- Ferrás, Y. M. (2017). Influencia de las temperaturas y precipitaciones en el desarrollo de índices morfológicos del cacao en Jibacoa1. *Café Cacao*,.
- González, D. (2017). Manual técnico del cultivo de cacao: prácticas latinoamericanas / Instituto Interamericano de. *IICA*, 65.
- INIAP. (2019). *La Cadena de Valor del Cacao en América Latina y El Caribe*. Obtenido de <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/5382/1/Informe%20CACAO.pdf>
- Jaimez, R. E., Tezara, W., Coronel, I., & Urich, R. (2018). Ecofisiología del cacao (*Theobroma cacao*): Su manejo en el sistema agroforestal. *Revista Forestal Venezolana*, 254.
- James, S., & Bell, D. (15 de September de 2000). Influence of light availability on leaf structure and growth of two *Eucalyptus globulus* ssp. *globulus* provenances. *Tree Physiology*, 1007-1018. Obtenido de <https://doi.org/10.1093/treephys/20.15.1007>
- Lockwood, C. y. (2011). Manejo de la nutrición del cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.), tipo Nacional y CCN-51 en la etapa de establecimiento. *Universidad Tecnológica Equinoccial. Campus Santo Domingo*, 56.
- Lutheran. (2021). *Agroforesteria, medio ambiente*. Obtenido de <https://lwr.org/1st-latin-american-scientific-conference-cocoa>
- MAG. (2016). *Ministerio de agricultura y ganaderia*. Obtenido de <https://www.agricultura.gob.ec/>
- Mejia. (2000). MEJÍA, L.; Palencia, g. 2000. Efecto de la nutrición en el cultivo del cacao (*theobroma cacao* l.) En la zona productora de santander. . (102 – 112p) en: l.; argüello, o. 2000., 45.
- Morales Arteaga, J. F., & Serrano Neira, V. C. (2019). Cuantificación del servicio ecosistémico de almacenamiento de carbono en el suelo de los ecosistemas Bosque Siempre-Verde de Tierras Bjas, Bosque Siempre-Verde de Pie de Monte y Bosque Siempre-Verde Andino Montano Bajo de la provincia del Napo. (*Tesis de Ingeniero Ambiental*). Unbiversidad Politécnica Salesiana de Quito, Quito. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/16960>
- Mosquera, M. (2016). Guia practica del cultivo de cacao. *Infocaes*.
- Nughes, L. C. (2013). Morfo-anatomía de las hojas de *Celtis ehrenbergiana* (celtidaceae) desarrolladas bajo condiciones naturales de sol y sombra. ISSN: 0524-0476.
- Priego, B. (2003). Cacao. *AGRO*.
- Puentes. (2013). Moreno, g.; barros, n. 1968. Observaciones preliminarssobre la respuesta del cacao (*theobroma cacao* l.) A la aplicación de n, p y k, en suelos del valle del cauca, colombia. 216 p. 56.

- Quiroz. (2010). *Sistema de sombra de cacao maderables*. INIAP - Etacion Experimental Litoral Sur.
- Redondo, I. (2020). *CEDAF - Guia Tecnica El Cultivo de Cacao*. Obtenido de <http://www.cedaf.org.do/publicaciones/guias/download/cacao.pdf>
- Ruiz, P. N. (2019). Investigación del cacao de Santo Domingo . *Universidad san francisco de quito*, 35.
- Sánchez L., P. D. (2005). Rendimiento de una plantación comercial de cacao ante diferentes dosis de fertilización con NPK en el sureste del estado Táchira. Venezuela.
- Santos, I. I. (2021). ANECACAO. *Sabor Arriba*, 18.
- Suarez, J. M. (2018). *Photosynthesis limitations in cacao leaves under different agroforestry systems in the Colombian Amazon PLoS ONE 13(11): e0206149*. Obtenido de <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0206149>
- Vinicio, S. V. (2020). Diseño y construccion de un sistema de fermentacion de cacao nacional para la asociacion de agricultores. Quito: escuela politecnica nacional.
- Zuñiga, J. P. (2017). Anecacao. 26 - 27.

11. Anexos

Anexo 1. Evidencias Fotográficas



Fig. 1. Recolección de toma de datos



Fig. 2. Análisis de laboratorio para extracción de clorofila



Fig. 3. Toma de datos del fruto



Fig. 4 Muestras para improntas

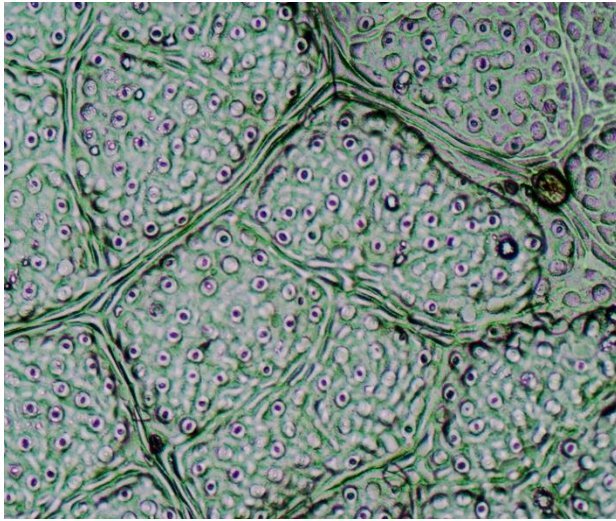


Fig 5. Estomas con enfoque 10x

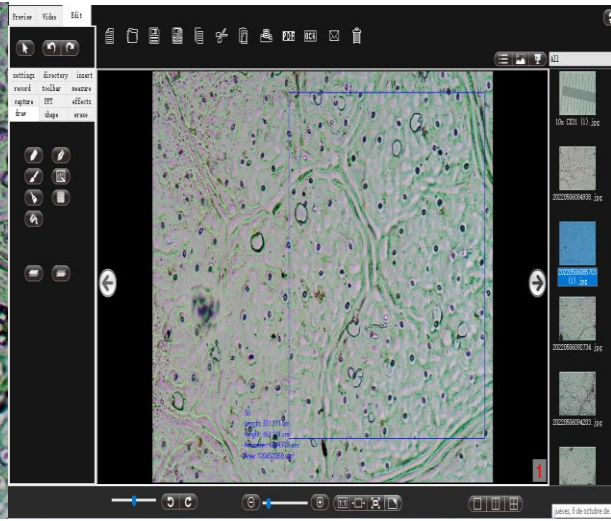


Fig. 6. Conteo de Estomas



Fig 8. Preparación de muestras para
improntas



Fig 9. Asesoría por parte del tutor

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

MC-LASPA-2201-01

	<p>INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS ESTACION EXPERIMENTAL SANTA CATALINA LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS PLANTAS Y AGUAS Panamericana Sur Km. 1. S/N Cutuglagua. Tls. (02) 3007284 / (02)2504240 Mail: laboratorio.dsa@iniap.gob.ec</p>	
---	--	---

INFORME DE ENSAYO No: 21-0806

NOMBRE DEL CLIENTE: Campoverde Cordova Rosa Carolina	FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA: 04/11/2021
PETICIONARIO: Campoverde Cordova Rosa Carolina	HORA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA: 11:37
EMPRESA/INSTITUCIÓN: Campoverde Cordova Rosa Carolina	FECHA DE ANÁLISIS: 04/11/2021
DIRECCIÓN: PADMI, Yanzatza, Zamora Chinchipe	FECHA DE EMISIÓN: 10/11/2021
	ANÁLISIS SOLICITADO: S4

Análisis	Unidad	pH	N	P	S	B	K	Ca	Mg	Zn	Cu	Fe	Mn	Ca/Mg	Mg/K	Ca+Mg/K	Σ Bases*	MO	CO.*	Textura (%)				IDENTIFICACIÓN																
			ppm	ppm	ppm	ppm	meq/100g	meq/100g	meq/100g	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	meq/100g	%	%	Arena	Limo	Arcilla		Clase Textural															
21-3146		4,9	M Ac	138	A	106	A	122,6	A	0,90	B	0,49	A	9,06	A	1,97	A	8,5	A	5,3	A	342	A	115,8	A	2,28	8,06	26,43	13,52	10,9	A					41	36	23	FRANCO	Muestra 1

Análisis	Al+H*	Al*	Na*	C.E.*	N. Total	*	K H2O*	P H2O*	Cl*	N-NO3*	IDENTIFICACION
Unidad	meq/100g			dS/m	%	ppm	ppm	ppm	ppm		

OBSERVACIONES:

* Ensayos no solicitados por el cliente

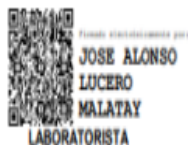
METODOLOGIA USADA	
pH = Suelo: Agua (1:2.5)	P K Ca Mg = Olan Modificado
LB = Fosfato de Calcio	Cu Fe Mn Zn = Olan Modificado
	B = Curcumina

INTERPRETACION		
pH	Elemento	
Ac = Acido	N = Neutro	B = Bajo
LAc = Liger Acido	LA = Ligo Alcalino	M = Medio
PN = Ptas. Neutro	Al = Alcalino	A = Alto
RC = Requieren Cal	T = Tóxico (Boro)	

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

METODOLOGIA USADA	
C.E. =	Pasta Saturada
M.O. =	Dióxido de Potasio
M.H. =	Titulación NaOH

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



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. Resultados de CIC del suelo del Padmi, realizados en la estación experimental Santa Catalina

MC-LASPA-2201-01



INFORME DE ENSAYO No: 21-0806

NOMBRE DEL CLIENTE:	Campoverde Cordova Rosa Carolina	FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA:	04/11/2021
PETICIONARIO:	Campoverde Cordova Rosa Carolina	HORA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA:	11:37
EMPRESA/INSTITUCIÓN:	Campoverde Cordova Rosa Carolina	FECHA DE ANÁLISIS:	04/11/2021
DIRECCIÓN:	PADMI, Yanzatza, Zamora Chinchipe	FECHA DE EMISIÓN:	10/11/2021
		ANÁLISIS SOLICITADO:	CIC

Nº muestra	K	Ca	Mg	Na	Suma de bases	Saturación de bases	CIC	Identificación de la muestra
	meq/100 g suelo	meq/100 g suelo	meq/100 g suelo	meq/100 g suelo	meq/100 g suelo	(%)	meq/100 g suelo	
21-31246	1,03	9,39	4,50	0,84	15,8	SATURADO	13,2	Muestra 1

RESPONSABLES DEL INFORME



Firmado electrónicamente por:
**JOSE ALONSO
 LUCERO
 MALATAY**

LABORATORISTA



Firmado electrónicamente por:
**IVAN RODRIGO
 SAMANIEGO
 MAIGUA**

RESPONSABLE DEL 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 dirigido 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.

Anexo 4. Certificación de traducción del Abstract

CERTIFICACIÓN

En calidad de traductor del resumen de la Tesis titulada, "**Crecimiento y desarrollo del cacao CCN -51 (*Theobroma cacao L.*) bajo niveles contrastantes de sombra y fertilización en Zamora Chinchipe**" de autoría de la señorita egresada **Rosa Carolina Campoverde Córdova** de la carrera de Ingeniería Agronómica en la Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional de Loja, previa a la 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, 03 de diciembre de 2022

Atentamente:



Lic. Sara Patricia Chanta Jiménez, Mgs

1105366841