



Universidad
Nacional
de Loja

FACULTAD AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

EFFECTOS MORFO-FISIOLOGICOS DE LA SOMBRA EN CACAO (*Theobroma cacao* L.) CLON CCN51 EN LA PROVINCIA DE ZAMORA CHINCHIPE.

Tesis de grado previa a la obtención
del título de Ingeniera Agrónoma

Autora

Neyva Victoria Gallegos Yaguachi

Directora

Dra. Marlene Molina Müller *PhD.*

LOJA- ECUADOR

2022



**UNIVERSIDAD
NACIONAL DE LOJA**

CERTIFICADO

Dra. Marlene Lorena Molina Müller *PhD.*

DIRECTORA DE TESIS

CERTIFICO:

Que he recibido la tesis realizada por la señorita egresada de la carrera de Ingeniería Agronómica, estudiante **NEYVA VICTORIA GALLEGOS YAGUACHI**, autora de la tesis titulada: **“EFECTOS MORFO-FISIOLOGICOS DE LA SOMBRA EN CACAO (*Theobroma cacao* L.) CLON CCN51 EN LA PROVINCIA DE ZAMORA CHINCHIPE”**. La misma es parte de los requisitos exigidos por la Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables de la Universidad nacional de Loja, por lo que autorizo su presentación a las instancias correspondientes, para proseguir con los trámites que conllevan a su titulación.

Loja, 30 de marzo del 2022



Firmado electrónicamente por:

**MARLENE
LORENA MOLINA
MULLER**

Dra. Marlene Lorena Molina Müller *PhD.*

DIRECTORA DE TESIS.

Ciudad Universitaria “Guillermo Falconí Espinosa” Casilla letra “S”
Teléfono: 2547 – 252 Ext. 101: 2547-200
www.unl.edu.ec

AUTORÍA

Yo, Neyva Victoria Gallegos Yaguachi, 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 de la misma. Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja la publicación de mi trabajo de titulación en el Repositorio Digital Institucional-Biblioteca Virtual.

Firma:



Firmado electrónicamente por:
NEYVA VICTORIA
GALLEGOS
YAGUACHI

Cedula de identidad: 1105806846

Fecha: 01 de julio del 2022

Correo electrónico: nvgallegosy@unl.edu.ec

Celular: 0993455300

CARTA DE AUTORIZACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN POR PARTE DE LA AUTORA PARA LA CONSULTA DE PRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TEXTO COMPLETO

Yo, Neyva Victoria Gallegos Yaguachi, declaro ser autora de la tesis titulada “EFECTOS MORFO-FISIOLÓGICOS DE LA SOMBRA EN CACAO (*Theobroma cacao* L.) CLON CCN51 EN LA PROVINCIA DE ZAMORA CHINCHIPE” como requisito para optar el título de Ingeniera Agrónoma, autorizo al sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que con los 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 RI, 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 de la tesis que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja el primero de julio del dos mil veintidós.

Firma:



Firmado electrónicamente por:
NEYVA VICTORIA
GALLEGOS
YAGUACHI

Autora: Neyva Victoria Gallegos Yaguachi

Cedula: 1105806846

Dirección: Barrio El Valle, Av. Salvador Bustamante Celi y Santa Rosa. Loja-Ecuador

Correo electrónico: nvgallegosy@unl.edu.ec

Celular: 0993455300

DATOS COMPLEMENTARIOS

Directora del trabajo de titulación: Dra. Marlene Lorena Molina Müller

Tribunal de Grado:

Mg. Sc. Paulina Vanesa Fernández Guarnizo

Presidenta

PhD. Mirian Irene Capa Morocho

Vocal

Dr. Luis Oswaldo Viteri Jumbo

Vocal

DEDICATORIA

Dedico con todo mi corazón a mis padres, a mis hermanos y sobrinos por su apoyo y motivación en todo momento, para verme realizada como profesional.

A mi demás familia y amigos por el apoyo brindado día a día.

Neyva Victoria Gallegos Yaguachi

AGRADECIMIENTO

Primeramente, a Dios y a la Virgen por la vida y la salud, para culminar esta etapa de mi vida.

A mi madre Bertha Gallegos por sus consejos y apoyo en todo momento.

A mis hermanos Eduardo, Carmen, Viviana, Francisco, Carolina y Claudia.

A mis sobrinos Sofía, Amelia y Ángel.

A toda mi familia.

A mi directora Dra. Marlene Molina por la guía brindada en el transcurso del trabajo.

A una persona especial en mi vida A.D.Z.Z

A mis amigos Lady, Ana, Anthony, Byron y Paul por la motivación y la amistad brindada a lo largo de la carrera.

A mis ángeles en el cielo Víctor Cango y Miguel Vélez.

Gracias infinitas.

Neyva Victoria Gallegos Yaguachi

ÍNDICE DE CONTENIDOS

PORTADA	i
CERTIFICACION DEL DIRECTOR DE TESIS	ii
AUTORÍA	iii
CARTA DE AUTORIZACIÓN	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vi
INDICE DE CONTENIDOS	vii
INDICE DE FIGURAS	x
INDICE DE TABLAS	xi
INDICE DE ANEXOS	xii
1. TÍTULO	1
2. RESUMEN	2
2.1 ABSTRACT	3
3. INTRODUCCION	4
Objetivo General	5
Objetivos específicos	5
4. REVISION DE LITERATURA	6
4.1 Cacao (<i>Theobroma cacao L.</i>)	6
4.2 Morfología y fisiología del cacao	6
4.2.1 Morfología	6
4.2.1.1 Hábito de crecimiento	6
4.2.1.2 El Tallo.	7
4.2.1.3 Las hojas.	7
4.2.1.4 La inflorescencia	7
4.2.1.5 Fruto y semillas	7
4.2.1.6 La raíz.	8

4.2.2 Fisiología.	8
4.3 Tipos de Cacao	9
4.3.1 Forastero.	9
4.3.2 Trinitario.	9
4.3.3 Cacao Nacional de Ecuador.	9
4.3.4 Clon CCN51.	9
4.4 Factores de clima y suelo	10
4.4.1 Altitud.	10
4.4.2 Temperatura.	10
4.4.3 Precipitación.	10
4.4.4 Suelo.	11
4.4.5 Humedad Relativa.	11
4.4.6 Luminosidad.	11
4.5 Sombreo en el cultivo de cacao.	11
5. MATERIALES Y MÉTODOS	12
5.1 Área de estudio	12
5.2 Material vegetal	12
5.3 Análisis de suelo	12
5.4 Manejo del experimento	13
5.5 Diseño experimental	13
5.5.1 Modelo matemático del diseño experimental	13
5.5.2 Esquema del diseño experimental	14
5.6 Variables evaluadas	14
5.6.1 Altura de la planta.	14
5.6.2 Longitud del brote.	14
5.6.3 Diámetro de copa	14
5.6.4 Área de sección transversal del tronco (ASTT).	15

5.6.5 Estimación del área foliar (AF).....	15
5.6.6 Estimación del índice de área foliar (IAF).....	15
5.6.7 Concentración de clorofila.....	16
5.6.8 Densidad Estomática.....	16
5.6.9 Índice Estomático	16
5.6.10 pH.....	17
5.6.11 Conductividad eléctrica.	17
5.7 Análisis Estadístico.	17
6. RESULTADOS	18
6.1 Variables morfológicas.....	18
6.1.1 Altura de planta	18
6.1.2 Longitud de brote	18
6.1.3 Diámetro de copa.....	19
6.1.4 Área de sección transversal de tronco (ASTT)	20
6.1.5 Área foliar (AF)	21
6.1.6 Índice de área foliar (IAF).....	22
6.2 Variables fisiológicas	22
6.2.1 Concentración de clorofila.....	22
6.2.2 Densidad estomática.....	23
6.2.3 Índice estomático	23
6.2.4 Análisis de pH y conductividad eléctrica (CE) del suelo	24
6.3 Correlaciones	25
7. DISCUSIÓN	26
8. CONCLUSIONES	30
9. RECOMENDACIONES	31
10. BIBLIOGRAFÍA	32
11. ANEXOS	36

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Esquema de campo	14
Figura 2. Dinamica de crecimiento de la altura	18
Figura 3. Dinámica de crecimiento del brote.....	19
Figura 4. Diametro de copa	19
Figura 5. Área de sección transversal del tronco del porta injerto	20
Figura 6. Área de sección transversal del tronco de la bareta	20
Figura 7. Incremento en el ASST	21
Figura 8. Área foliar	21
Figura 9. Índice de área foliar	22
Figura 10. Concentracion de clorofila	23
Figura 11. Densidad estómatica	23
Figura 12. Índice estómatico	24
Figura 13. pH del suelo	24
Figura 14. Conductividad eléctrica del suelo.....	25
Figura 15. Ecuacion ajustada al largo de la hoja	37
Figura 16. Plantas de cacao clon CCN51	37
Figura 17. Corrección del boro	38
Figura 18. Toma de datos en campo.....	38
Figura 19. Colecta de muestras para análisis de laboratorio.....	39
Figura 20. Trabajo en laboratorio de improntas	39

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Longitud y numero de hojas, área foliar e índice de area foliar	22
Tabla 2. Correlaciones	25

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Análisis de suelo previo a evaluación de variables	36
Anexo 2. Ecuación ajustada a lo largo para el clon CCN51.....	37
Anexo 3. Fotografías del experimento en campo y laboratorio	37
Anexo 4. Certificación de traducción del Abstract	40

Efectos morfo-fisiológicos de la sombra en cacao (*Theobroma cacao* L.) clon CCN51 en la provincia de Zamora Chinchipe.

2. RESUMEN

El cacao (*Theobroma cacao* L.) es una especie tropical arbórea, generalmente cultivada en condiciones de sombra, aunque se han reportado de genotipos cultivados a plena exposición solar. El efecto de la sombra en campo es complejo, por tanto es necesario tener conocimiento de los efectos de la sombra, para maximizar el crecimiento de las plantas en sus primeras etapas y posteriormente incrementar la producción. En base a lo anterior, el objetivo de la presente investigación fue determinar el efecto de la sombra sobre parámetros morfo-fisiológicos en plantas de cacao (*Theobroma cacao* L.) clon CCN51 en la provincia de Zamora Chinchipe, Sector el Padmi. El estudio se llevó a cabo en la Estación Experimental “El Padmi” de la Universidad Nacional de Loja, utilizando plantas de 14 meses de edad, sembradas a una densidad de siembra de 3x4 m, bajo un diseño experimental completamente al azar, con tres tratamientos (0% testigo; 35 y 80 % de sombra) y seis repeticiones. Las variables morfológicas altura, longitud de brote, diámetro de copa, área de la sección del tronco, área foliar e índice foliar se evaluaron cada 20 días, mientras que las variables fisiológicas: concentración de clorofila, densidad estomática, índice estomático, se midieron al final del ensayo de campo. El pH y conductividad eléctrica del suelo fueron evaluadas cada 20 días. Los resultados sugieren que la sombra influye de manera parcial en la AF e IAF y de forma directa en la longitud de hojas, concentración de clorofila y densidad estomática, siendo los tratamientos T2 y T3 los de mayor longitud de hojas y mayor cantidad de clorofila y T1 con mayor densidad de estomas. Las otras variables no presentaron diferencias estadísticamente significativas. Podemos decir que, el clon CCN51 se adapta aceptablemente a las condiciones del clima amazónico, en condiciones de sombra media y/o intensa y a plena luz.

Palabras clave: Cacao CCN51, Sombra, efecto, desarrollo.

ABSTRACT

Cocoa (*Theobroma cacao* L.) is a tropical tree species, generally grown in shaded conditions, although genotypes grown in full sun exposure have been reported. The effect of shade in the field is complex, therefore it is necessary to have knowledge of the effects of shade, to maximize plant growth in its early stages and subsequently increase production. Based on the above, the objective of this research was to determine the effect of shade on morpho-physiological parameters in cocoa plants (*Theobroma cacao* L.) clone CCN51 in the province of Zamora Chinchipe, Sector el Padmi. The study was carried out at the "El Padmi" Experimental Station of the National University of Loja, using 14-month-old plants, planted at a planting density of 3x4 m, under a completely randomized experimental design, with three treatments. (0% control; 35 and 80% shade) and six repetitions. The morphological variables height, shoot length, crown diameter, trunk section area, leaf area and leaf index were evaluated every 20 days, while the physiological variables: chlorophyll concentration, stomatal density, stomatal index, were measured at end of the field trial. The pH and electrical conductivity of the soil were evaluated every 20 days. The results suggest that shade partially influences AF and IAF and directly influences leaf length, chlorophyll concentration and stomatal density, with treatments T2 and T3 having the longest leaves and the greatest amount of chlorophyll and T1 with higher density of stomata. The other variables did not present statistically significant differences. We can say that the clone CCN51 adapts acceptably to the conditions of the Amazonian climate, in conditions of medium and/or intense shade and in full light.

Keywords: Cocoa CCN51, Shade, effect, development.

3. INTRODUCCIÓN

La producción de cacao (*Theobroma cacao* L.) en nuestro país se ha convertido en uno de los productos agrícolas con mayor índice de exportación, muchas empresas chocolateras a nivel internacional han fijado a Ecuador como uno de los principales países para la exportación de cacao de aroma fino por sus características marcadas tanto nutricionales como organolépticas para la elaboración de diferentes derivados de cacao, un ejemplo muy importante de ello es Nestlé que mediante su filial en el país exporta anualmente 8.000 toneladas. El cacao representa el tercer rubro de exportación agrícola del país y constituye una fuente de ingreso para más de 100 000 pequeños productores de Esmeraldas, la Amazonía, Los Ríos, Guayas y Manabí (Teneda, 2016).

En la provincia de Zamora Chinchipe se siembra cacao en los valles del corredor fluvial del río Zamora – Nangaritza, microrregión con gran potencial para la producción de este cultivo, constituida políticamente por los cantones Centinela del Cóndor, Yanzatza, Nangaritza y El Pangui, en los que la producción de cacao se ha convertido en una actividad económica importante para los pequeños productores, sin embargo el cultivo enfrenta dificultades como la falta de crédito para incrementar el área de cultivo y el manejo de las plantaciones, la débil organización de los productores para comercializar el producto, el bajo nivel de producción y productividad, la falta de fuentes proveedoras de plantas certificadas, débiles procesos de capacitación y técnicas de mejoramiento de suelos y control de plagas y enfermedades; así como la ausencia de buenas prácticas desde la siembra hasta la cosecha del producto (Ramirez, 2009).

Este cultivo bajo la protección de la sombra demanda menos cantidad de nutrimentos debido a las cantidades bajas de los productos de la fotosíntesis. El cultivo bajo sombra requiere una menor cantidad de nitrógeno y fósforo para formar proteínas, y menos potasio para estimular el crecimiento y la translocación de carbohidratos hacia el sistema radicular, por esta razón bajo sombra intensa el cacao tiene menores rendimientos, y la adición de fertilizantes no da una respuesta positiva. La sombra sin embargo protege las hojas del cacao contra el efecto directo del sol, el cual ejerce una acción restrictiva sobre su crecimiento. Además, la sombra también disminuye la incidencia de ciertas plagas y enfermedades (Torres, 2012).

De lo anterior, se puede vislumbrar que aún existe variabilidad en las investigaciones, en cuanto a las condiciones óptimas que se requieren para establecer para este cultivo. En variedades ecuatorianas de cacao, como el clon CCN51, se ha observado que, en alta luminosidad, hay incrementos de hasta un 35% en la tasa fotosintética neta (Jaimez *et al* 2008).

Por otro lado, el MAGAP (2013) menciona que el cacao debe ser cultivado bajo condiciones de sombra, y sostiene que su fisiología es funcional si crece en un entorno ambiental parecido a montes y llanuras de la región amazónica, no obstante, no existen estudios que respalden dicha afirmación.

Por lo tanto, este proyecto generara información necesaria para que los productores a nivel nacional, puedan utilizarlos para incrementar sus rendimientos mediante el manejo óptimo de la sombra en el cacao, por lo cual, se plantearon los siguientes objetivos para la presente investigación.

Objetivo General

- Determinar el efecto de la sombra sobre parámetros morfo-fisiológicos en plantas de cacao (*Theobroma cacao* L.) clon CCN51 en la provincia de Zamora Chinchipe, Sector “El Padmi”.

Objetivos específicos

- Definir el efecto de la sombra sobre parámetros morfológicos en plantas de cacao clon CCN51, en las condiciones ambientales de la zona “El Padmi” provincia de Zamora Chinchipe.
- Determinar el impacto de la sombra sobre parámetros fisiológicos en plantas del clon de cacao CCN51.

4. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1 Cacao (*Theobroma cacao* L.)

Theobroma cacao L. es el nombre científico que recibe el árbol del cacao, que en griego significa “alimento de los dioses”; pero cacao viene del maya Ka’kaw. El cacao es originario de América del Sur, del alto Amazonas y Orinoco, al este de la cordillera de los Andes, que corresponden a Colombia, Ecuador, Perú, Brasil, Venezuela y las Guayanas. Actualmente se extiende desde Brasil a México en zonas tropicales, y también se lo siembra en el oeste de África (Bartley, 2005).

Este clon de cacao fue seleccionado y estudiado por Homero Castro hace casi 30 años mediante una investigación en una población de cacao del alto Amazonas del Ecuador, coleccionando material genético para cruzarlo con variedades Trinitarias de cacao y otros cultivos con la finalidad de generar un clon con alta calidad y resistente a plagas y enfermedades; finalmente se obtuvo en el cantón naranjal en la hacienda “Sofía” el Clon CCN-51 proveniente del cruce de los clones ICS-953 y IMC-674 , siendo actualmente este clon el más productivo en todo el mundo (Quintana & Gomez, 2011).

Esta variedad de cacao tiene un rendimiento muy alto a diferencia del cacao de tipo criollo que además es muy susceptible al ataque de hongos, con un adecuado manejo desde su siembra hasta el secado puede ser empleado como cacao de calidad en la elaboración de chocolate. Contiene un índice de semilla de 1.54 g y un alto contenido de grasa convirtiéndolo apto para la extracción de manteca, favoreciendo de esta manera un alto rendimiento industrial (Carrion, 2012).

4.2 Morfología y fisiología del cacao clon CCN51

4.2.1 Morfología.

4.2.1.1 Habito de crecimiento

Es un árbol de talla pequeña, perennifolio, de cuatro a siete metros de altura cuando es cultivado y silvestre puede crecer hasta 20 m o más (Lopez P. , 2011).

Pertenece al Orden Malvales, Familia Malvacea, subfamilia Esterculiáceas, Genero *Theobroma*, especie *Theobroma cacao* L. la denominación de la clasificación taxonómica científica fue dada por el botánico Carlos Linneo, quien lo llamó *Theobroma*. La especie *Theobroma cacao* es la más conocida del género debido a su actual distribución e importancia económica y social en el mundo (Córdova, 2011).

4.2.1.2 El tallo

El tallo en su primera fase de crecimiento es ortotrópico, condición que perdura de 12-15 meses. Luego, este tipo del crecimiento se interrumpe para dar lugar a la aparición de 4 - 5 ramitas secundarias denominadas “horquetas”, que crecerán de forma plagiotrópica. Debajo de la horqueta, aparecen con frecuencia brotes ortotrópicos, denominados “chupones” que dan lugar a nuevas horquetas y este evento puede repetirse por 3 a 4 veces consecutivas en el tiempo (Pinto, 2012).

4.2.1.3 Las hojas

Sus hojas son coriáceas simples, enteras-grandes, alternas, colgantes, elípticas y pecioladas, de 20 a 35 cm de largo por 4 a 15 cm de ancho.; De puntas largas, con margen liso, de color verde oscuro en el haz y más pálidas en el envés que cuelgan de un pecíolo. Varían dependiendo del tipo de tallo en el que se originen y el color de sus retoños puede ser rojizo-violeta o verde claro, dependiendo de cada variedad (INTA, 2010).

4.2.1.4 La inflorescencia

La flor es hermafrodita, de color rosa, púrpura y blanca, de pequeña talla, en forma de estrella. Las inflorescencias después de producir flores durante varios años se convierten en tubérculos engrosados que reciben el nombre de "cojinetes florales" (Lopez & Deras, 2017)

4.2.1.5 Fruto

Los frutos son bayas, con tamaños que oscilan de 10 – 42 cm, de forma variable (oblonga, elíptica, ovada, abovada, esférica y oblata); de superficie lisa o rugosa, y de color rojo o verde al estado inmaduro, según los genotipos. El ápice puede ser agudo, obtuso, atenuado, redondeado, apezonado o dentado; la cáscara gruesa o delgada, y los surcos superficiales o profundos El epicarpio y el endocarpio son carnosos estando separados por un mesocarpio fino y leñoso (Molina, 2012).

4.2.1.6 Semillas

Las semillas o almendras son de tamaño variable (1.2 - 3 cm), de longitud cubiertas con un mucílago o pulpa de color blanco cremoso, de distintos sabores y aromas (floral, frutal, nueces), y grados de acidez, dulzura y astringencia. Al interior están los cotiledones que pueden ser de color morado, violeta, rosado o blanco, según el genotipo (Gonzalez, 2010)

4.2.1.7 La raíz

La raíz principal es pivotante y puede alcanzar de 1.5 - 2.0 m. de profundidad. Las raíces laterales mayormente se encuentran en los primeros 30 cm. del suelo alrededor del árbol pudiendo alcanzar de 5 – 6 m de longitud horizontal (Mosquera, 2016).

4.2.2 Fisiología

La intensidad de la luz es uno de los factores determinantes en el cultivo del cacao, especialmente porque influye en la fotosíntesis. En etapas de establecimiento se recomienda la siembra de otras plantas para proporcionar sombra ya que las plantas de cacao en estas etapas son muy susceptibles a la acción directa de los rayos solares (Artica, 2008).

La luminosidad es variable dependiendo del ciclo productivo en el que se encuentre siendo del 40 al 50% para el cultivo en formación y del 60 al 75% para plantación adulta (Lopez P. , 2011).

El cacao es una planta umbrófila y requiere más sombra es sus primeros meses de desarrollo, ya que es afectada por la incidencia directa de la luz en estas etapas. Su fotosíntesis ocurre a una baja intensidad lumínica, las plantas se saturan a una intensidad de flujo fotónico de entre 400 y 600 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (25-30% de radiación máxima en un día despejado). La cantidad de luz que debe recibir un cultivo de cacao depende de la disponibilidad de agua y los nutrientes del suelo, altas intensidades en suelos pobres y sin fertilizar agotan a las plantas. Se necesita más sombra en suelos pobres y más luz en suelos fértiles; por lo que se estima que cinco horas de brillo solar, son las necesarias para el desarrollo óptimo de este cultivo (Jaimez *et al.*, 2009).

En Ecuador, el cacao tiene la capacidad de crecer a altas DFF. La evaluación de caracteres anatómicos (área foliar específica, AFE) y fisiológicos (actividad fotoquímica del PSII), del cacao elite ecuatoriano a diferentes intensidades lumínicas, podría ser una importante estrategia para mejorar la producción de este tipo de cacao, basándose en un manejo agrícola adecuado, trayendo mayores beneficios a los productores (Tezera *et al.*, 2015).

4.3 Tipos de cacao

4.3.1 Cacao Forastero

La variedad “Forastero” es la más cultivada en el mundo; se estima que ocupa alrededor del 80% del área en producción. Se caracteriza por su relativa resistencia a ciertas enfermedades y su alta productividad; sin embargo, en cuanto a calidad no se lo clasifica como “cacao fino”, por lo cual generalmente se lo utiliza mezclándolo con otras variedades de mayor calidad. (ANECACAO, 2015).

4.3.2 Cacao Trinitario

Se formó de manera espontánea de un cruce entre cacaos criollos y forasteros 11 amazónicos en la isla de Trinidad pasando luego a Venezuela, Colombia y el resto del mundo. De este cruce heterogéneo se presentan diversidad de formas intermedias de mazorcas al igual que su coloración rojizos. Por cuanto son más resistentes a enfermedades y han podido adaptarse mejor a muchos ambientes (Ayala, 2008).

4.3.3 Cacao Nacional

El cacao llamado “Nacional” que se produce en Ecuador, ha sido clasificado como del tipo “Forastero”, puesto que posee algunas características fenotípicas de éste, no obstante, se diferencia en que posee un sabor y aroma característicos, que son muy apreciados por las industrias de todo el mundo. Tradicionalmente se conoce al cacao ecuatoriano como “cacao de arriba”, debido a que se lo cultivaba en la zona superior del río Guayas (río arriba), denominación que se convirtió en sinónimo de buen sabor y aroma. La producción de esta variedad fluctúa entre 300 a 500 Kg por hectárea al año. (Perez J. , 2009).

4.3.4 Clon CCN-51

El clon CCN51 es fruto de varios años de investigación en hibridación de plantas, ejecutado de forma acertada por el agrónomo Homero Castro Zurita en la ciudad de Naranjal (Provincia del Guayas), en el año de 1965. El origen genético de este clon es fruto del cruzamiento entre IMC-67 (Amazónico) con ICS-95 (Trinitario), y la descendencia de estos fue cruzada con otro cacao del oriente que el agrónomo Castro colectó y denominó Canelos, por el lugar de origen, por lo tanto, el CCN51 corresponde a lo que se conoce como un híbrido doble. Hay que resaltar que solamente la planta número 51 fue la que se destacó por sus excelentes características agronómicas y sanitarias, motivo por el cual fue clonada en forma masiva; en la

actualidad, la cantidad de hectáreas totales de cacao CCN51 en Ecuador equivale al 10% de la producción nacional. 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 royeri*). Estos atributos genéticos junto a la implementación de buenas prácticas de manejo en la plantación han permitido que este clon exprese de mejor forma su potencial productivo (3 -4 tn/ha⁻¹). (Untuña, 2014).

4.4 Condiciones edafoclimáticas

4.4.1 Altitud

La zona tropical donde se dan condiciones para el cultivo del cacao se encuentra comprendida entre los 20° latitud Norte y 20° latitud Sur. En áreas cercanas al Ecuador las plantaciones desarrollan y producen normalmente hasta altitudes que llegan a 1,400 msnm. En cambio, en Centro América por estar a una mayor latitud (más lejos de la línea ecuatorial), la altura propicia para el desarrollo del cacao llega hasta los 900 msnm, en zonas de vida bh – T (bosque húmedo tropical) o bh – ST (bosque húmedo subtropical). Por encima de este límite se afecta su capacidad productiva y de adaptación, lo que se ve reflejado en reducción del rendimiento y pobre desarrollo (Infocacao, 2015).

4.4.2 Temperatura

La temperatura es un factor muy importante debido a su relación con el desarrollo, floración y fructificación del cacao. El clon CCN51 presenta floración normal y abundante a una temperatura óptima de 25°C. La temperatura para el cultivo de cacao fluctúa de una mínima de 23°C a una máxima de 32°C (Paredes, 2004).

4.4.3 Precipitación

El cacao se cultiva en zonas donde la precipitación se encuentra por encima de los 1,200 mm, llegando en algunos casos hasta los 4,000 mm; pero más importante que el volumen total de lluvias, es una buena distribución del agua durante el año, ya que el cacao es muy sensible a la falta de humedad en el suelo (Sullca, 2013).

4.4.4 Suelo

El cacao requiere suelos muy ricos en materia orgánica, profundos, francos arcillosos, con buen drenaje y topografía regular. El factor limitante del suelo en el desarrollo del cacao es la delgada capa húmica. Esta capa se degrada muy rápidamente cuando la superficie del suelo queda expuesta al sol, al viento y a la lluvia directa. Por ello es común el empleo de plantas leguminosas auxiliares que proporcionen la sombra necesaria y sean una fuente constante de sustancias nitrogenadas para el cultivo. El pH óptimo oscila entre 6,0 y 6,5, aunque tolera rangos de 4,5 hasta 8,5, donde la producción es decadente (Quiroz, 2002).

4.4.5 Humedad relativa

El cacao requiere de un ambiente húmedo, que oscile entre el 70% y 80% anual, generado por los bosques tropicales o la sombra artificial. En periodos secos puede ayudar a cubrir parte de la demanda de agua, reduciendo el estrés de la planta y la evapotranspiración. Este factor no debe ser menor al 60% en estos periodos (INTA, 2010).

4.4.6 Luminosidad

El cacao es una planta umbrófila y requiere más sombra en sus primeros meses de desarrollo, ya que es afectada por la incidencia directa de la luz en estas etapas. Su fotosíntesis ocurre a una baja intensidad lumínica (Paredes *et al.*, 2004), las plantas se saturan a una intensidad de flujo fotónico entre los 400 y 600 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (25-30% de radiación máxima en un día despejado) (Jaimez *et al.*, 2009). La cantidad de luz que debe recibir un cultivo de cacao depende de la disponibilidad de agua y los nutrientes del suelo, altas intensidades en suelos pobres y sin fertilizar agotan a las plantas. Se necesita más sombra en suelos pobres y más luz en suelos fértiles; por lo que se estima que cinco horas de brillo solar, son las necesarias para el desarrollo óptimo de este cultivo (Lopez & Deras, 2017).

4.5 Sombreo en el cultivo de cacao.

El cacao es un cultivo típicamente umbrófilo. El objetivo de la sombra al inicio de la plantación es reducir la cantidad de radiación que llega al cultivo para reducir la actividad de la planta y proteger al cultivo de los vientos que la puedan perjudicar. Cuando el cultivo se halla establecido se podrá reducir el porcentaje de sombra hasta un 25 o 30 %. La luminosidad deberá estar comprendida más o menos al 50 % durante los primeros 4 años de vida de las plantas, para

que estas alcancen un buen desarrollo y limiten el crecimiento de las malas hierbas (Somarriba, 2006)

La sombra cumple la función como elemento regulador de las actividades fisiológicas de planta de cacao, para el establecimiento de una plantación se consideran dos tipos de sombra:

La Sombra provisional o temporal durante un período corto sirve de protección a las plantas jóvenes de la excesiva luminosidad y genera rentas al productor hasta que el cacao entre en producción, pues generalmente entre los espacios utilizados se siembra plátano (*Musa paradisiaca*), yuca (*Manihot esculenta*), papaya (*Carica papaya*), higuera (*Ricinus communis*), entre otras especies.

La Sombra permanente óptima proviene de la vegetación nativa y de especie leguminosa con copa alta y amplia, como la del guabo (*Inga edulis*) (Suarez *et al*, 2017).

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 Área de estudio

El estudio se llevó a cabo en la provincia de Zamora Chinchipe, cantón Yanzatza, en la Estación Experimental “El Padmi” de la Universidad Nacional de Loja, ubicada en las coordenadas geográficas 3°51’S 78°45’O, a una altura de 820 m.s.n.m., bajo un clima cálido húmedo, con presencia de lluvias durante todo el año. La temperatura media anual del cantón Yanzatza es de 22,7° C, con un promedio de precipitación anual de 1959 mm, siendo el mes más seco agosto y el más húmedo abril, con promedios mensuales de 132 mm y 212 mm respectivamente (Sullca, 2013).

5.2 Materia vegetal

El material vegetal corresponde a plantas de 14 meses de edad, las cuales fueron adquiridas en el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) el cual puede garantizar el origen y las características de estas. Los clones que se adquirió son: EETP – 800, EETP – 801 y CCN51; siendo este último, el clon con el que se trabajó.

5.3 Análisis de suelo

Antes de comenzar con el ensayo, se realizó un análisis de suelo, para lo cual se tomaron de forma aleatoria 8 sub-muestras, las cuales, se mezclaron y homogenizaron. La muestra resultante, fue enviada al Laboratorio de Manejo de Suelos y Aguas de la Estación Experimental “Santa Catalina” del INIAP, para su análisis físico y químico (Anexo 1).

5.4 Manejo del experimento

El manejo agronómico del cultivo incluyó el control de plagas, enfermedades y malezas, y la suplementación de fertilizantes acorde a los requerimientos nutricionales de la especie.

A partir de los resultados obtenidos del análisis de suelo, y en base a los requerimientos nutricionales del cacao, se presentó una deficiencia en el contenido de Boro (B), y para su corrección se utilizaron 14 gramos de ácido bórico por planta, en dos dosificaciones con un intervalo de 21 días (Anexo 1).

Con relación a los tratamientos, para establecer los diferentes niveles de sombra, se emplearon métodos artificiales, utilizando malla sarán, logrando así niveles de 35% y 80% de sombra. La malla sarán, se encuentra a 1.5 m de altura desde el suelo, y se mantuvo así durante todo el tiempo de ejecución del ensayo. (Figura 16).

La recolección de datos se realizó desde el 20 de marzo hasta el 24 de septiembre del 2021 para las variables morfológicas (fase campo) (Figura 19).

Para la variable de concentración de clorofila, las muestras se recolectaron el 26 de septiembre del 2021, 180 días después del tratamiento (DDT) y para densidad estomática las muestras se recolectaron el 03 de octubre del 2021 (187 DDT) (fase laboratorio) (Figura 20).

5.5 Diseño experimental

El diseño experimental que se aplicó fue un diseño completamente al azar (DCA), con tres tratamientos, 0% como control y dos niveles de sombra de 35% y 80%, y 6 repeticiones por tratamiento (Figura 1). La unidad experimental (UE) corresponde a cada planta de cacao. El modelo matemático considerado para el análisis estadístico se expresa como:

5.5.1 Modelo matemático del diseño experimental

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

Dónde:

Y_{ij} . Variable de respuesta.

μ . Media global de la variable respuesta

τ_i . Efecto del tratamiento (i: 1, 2, 3).

ε_{ij} . Error experimental

5.5.2 Esquema del diseño experimental

A continuación, se presenta el esquema del diseño experimental aplicado en campo:

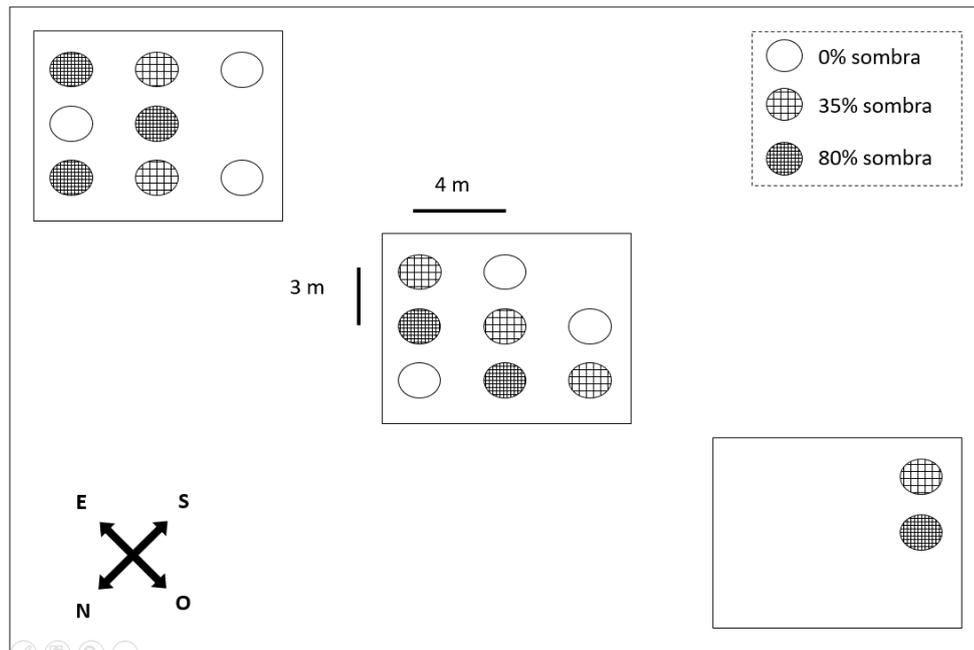


Figura 1. Esquema de campo

- Tres tratamientos (0% testigo y dos niveles de sombra de 35 y 80 %).
- 6 repeticiones.
- 18 unidades experimentales (UE)
- El marco de plantación fue de 3 m entre hilera y de 4 m entre planta.

5.6 Variables evaluadas

5.6.1 Altura de la planta

Con una cinta métrica, se midió la longitud desde el cuello de la planta, hasta el ápice de la planta; la frecuencia de medición fue cada 20 días y los datos se expresaron en cm.

5.6.2 Longitud del brote.

Se etiquetó un brote del tercio superior de la planta, se midió desde la base hasta el ápice de este, y se evaluaron todas las plantas de los tres tratamientos. Los datos se recolectaron cada 20 días, y se expresaron en cm.

5.6.3 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 20 días y se expresó en cm.

5.6.4 Área de sección transversal del tronco (ASTT).

Se midió el diámetro del tronco a 3 cm sobre el sitio de injerto y 5cm del porta injerto de la planta, de todas las unidades experimentales, se midió al inicio y al final de la fase de campo, con ayuda de un pie de rey y luego aplicando la fórmula del área de la circunferencia a partir del diámetro se obtuvo el ASTT, y se lo expresó en cm². Se utilizó la siguiente fórmula.

$$ASTT = \frac{C^2}{4\pi}$$

5.6.5 Área foliar (AF) e índice del área foliar (IAF)

Para el área foliar, se tomaron en cuenta las ecuaciones ajustadas del área foliar tanto de largo y ancho de las hojas del clon de cacao CCN51 (Anexo2), realizadas por Espinoza (2021) en el periodo agosto – diciembre, en estudios de interacción sombra/nutrición, del mismo macro proyecto de la Universidad Nacional de Loja. Con base en ello, se consideró el largo de todas las hojas de cada planta de cacao. Y se empleó la siguiente ecuación:

$$AF = 0.3146X^{1.9241}$$

Para determinar el IAF se sumó el AF de todas las hojas de la planta y se la dividió para la superficie que ocupa en el suelo (Acosta, 2008).

$$IAF = \frac{AF(\text{de la planta})}{\text{superficie del suelo}}$$

Estas variables fueron medidas de todas las UE al final de la fase de campo.

5.6.6 Densidad estomática (DE) e Índice estomático (IE)

Tanto el conteo de los estomas para la densidad estomática, como el conteo de las células epidérmicas para el índice estomático, se realizó por el método de la impronta descrito por Barrientos *et al.* (2003), el cual consistió en aplicar esmalte cosmético de uñas transparente en un área pequeña del envés de la hoja; una vez seco se retiró y se colocó en un portaobjeto para ser observadas en un microscopio Olympus CX31 con el objetivo 10x, y mediante el uso del programa MicroCam 5.7 se capturaron seis imágenes de tres campos por muestra, obteniendo 18 repeticiones por tratamiento.

Para el conteo de estomas y células epidérmicas, se marcó en cada microfotografía un área de 120 000 μm² y se contaron los estomas y células epidérmicas de dicha área, el resultado final se expresó mm⁻².

Para obtener el índice estomático se aplicó la siguiente fórmula (Salas *et al*, 2001).

$$IE = \frac{Es}{Es + Ep} (100)$$

Donde:

I.E: Índice estomático

Es: Número de estomas

Ep: Número de células epidérmicas

5.6.7 Concentración de clorofila

La concentración de clorofila se determinó según el protocolo descrito por Rodés y Collazo. Para ello, se colectaron alrededor de 10 hojas sanas de cacao, con cuatro repeticiones por tratamiento, se las envolvió en toallas de papel humedecidas y se guardaron en una hielera para su transporte al Laboratorio de Análisis Químico de la Universidad Nacional de Loja. Una vez en el laboratorio, se lavaron cortaron secciones sin nervaduras de cada una de las hojas, clasificándolas por tratamiento y repetición. Para extraer los pigmentos, se pesó un gramo de hoja, se sumergió en seis mililitros de etanol al 90 % dentro de un tubo de ensayo previamente envuelto en papel aluminio, para evitar que penetren los rayos del sol. Seguidamente, se llevó a baño maría a 80 °C durante 20 minutos para que los pigmentos (clorofila) salgan de la muestra vegetal; Luego de este tiempo los pigmentos se diluyeron en el solvente y, por último, se retiró el material vegetal de los tubos (Rodés & Collazo, 2006). Para cuantificar los pigmentos, se tomó un mililitro del sobrenadante de cada uno de los extractos y se diluyó hasta 10 ml con el solvente utilizado (blanco), después se midió en un espectrofotómetro UV Hach DR 2800, taponado de tal manera que no se volatilice, las longitudes de onda para medir la cantidad de absorbancia fueron 645 y 663 nm (Mackinney, 1941), para expresar los resultados se emplearon las siguientes fórmulas:

$$Ca \frac{ml}{g} = \frac{[(12,7 * A663) - (2,69 * A645)] * vol. del extracto(ml)}{peso de la hoja (g)}$$

$$Cb \frac{ml}{g} = \frac{[(22,9 * A645) - (4,68 * A663)] * vol. del extracto(ml)}{peso de la hoja (g)}$$

$$C total \frac{ml}{g} = \frac{[(20,2 * A645) - (8,02 * A663)] * vol. del extracto(ml)}{peso de la hoja (g)}$$

5.6.8 Determinación de pH y conductividad eléctrica del suelo

El pH y la Conductividad Eléctrica (CE) se midieron cada 20 días durante la fase de campo. Para ello, se tomó una muestra de suelo de 130 g, 100 g para CE y 30 g para pH, de tres puntos alrededor del tronco de la planta en proyección de la copa del árbol a una profundidad de entre 5cm y 10cm. Las muestras fueron etiquetadas a razón de cuatro repeticiones por tratamiento (12 muestras en total) y enviadas al Laboratorio de Análisis Químico de la Universidad Nacional de Loja para su análisis.

5.7 Análisis Estadístico.

Se realizó un Análisis de Varianza (ANOVA) al 95%, para determinar si existen, o no, diferencias significativas entre los tratamientos; en el caso en la cual encontramos diferencias significativas entre los tratamientos, se realizó pruebas de comparación múltiple como TUKEY y DGC al 95% de confiabilidad y así determinar cuál fue el mejor tratamiento. Además, para determinar una relación entre variables cuantitativas se realizaron pruebas de Correlación de Pearson al 95%. Todos los análisis se los realizaron con el Software InfoStat Versión 2019 (Di Rienzo *et al*, 1982).

6. RESULTADOS

6.1 Variables morfológicas

Las plantas de cacao clon CCN51, sometidas a los dos niveles de sombra y el testigo no mostraron diferencias significativas para los parámetros morfológicos, estos fueron: altura, ASTT, longitud de brote, diámetro de copa y AF e IAF. Esto puede estar ligado al poco tiempo de evaluación de las variables (100 días), lo que quizá no es suficiente para evidenciar las diferencias en el crecimiento de esta especie. Además que el objetivo de la sombra al inicio de la plantación es reducir la cantidad de radiación que llega al cultivo para reducir la actividad de la planta y proteger al cultivo. Cuando el cultivo se haya establecido se podrá reducir el porcentaje de sombra hasta un 25 o 30 %. La luminosidad deberá estar comprendida más o menos al 50 % durante los primeros 4 años de vida de las plantas, para que estas alcancen un buen desarrollo y limiten el crecimiento de las malas hierbas (Somarriba, 2006).

6.1.1 Altura de planta

La altura de las plantas de cacao CCN51, no presentó diferencias significativas entre sus tratamientos ($P = 0.3632$; $P > 0.05$) (Figura 2).

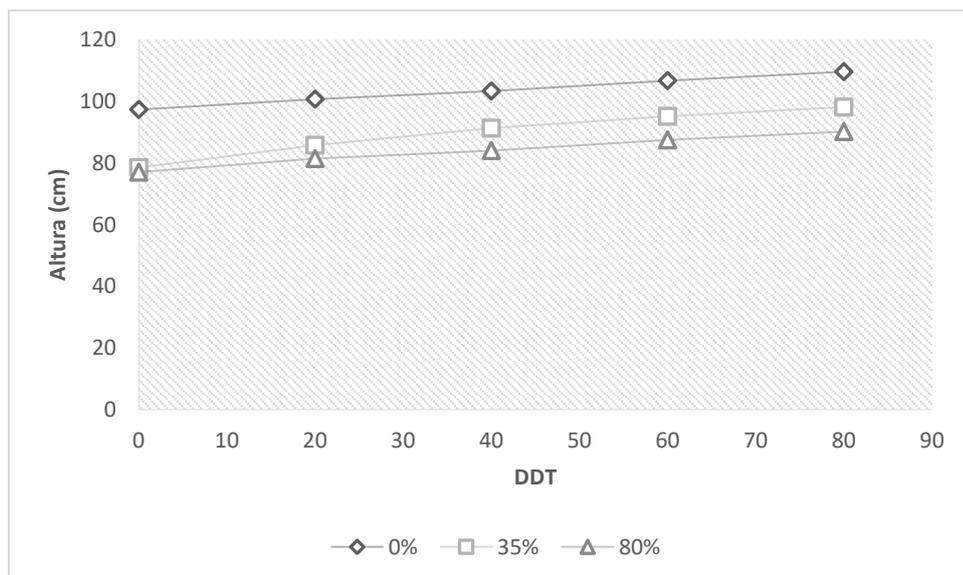


Figura 2. Altura del cacao CCN51 a los 20, 40, 60 y 80 días después de iniciado los tratamientos sin sombra (0%), con sombra (35% y 80%).

6.1.2 Longitud de brote

La longitud del brote presentó un crecimiento similar entre los tratamientos, por lo que no existieron diferencias significativas entre ellos ($P = 0.0625$; $P > 0.05$) (Figura 3).

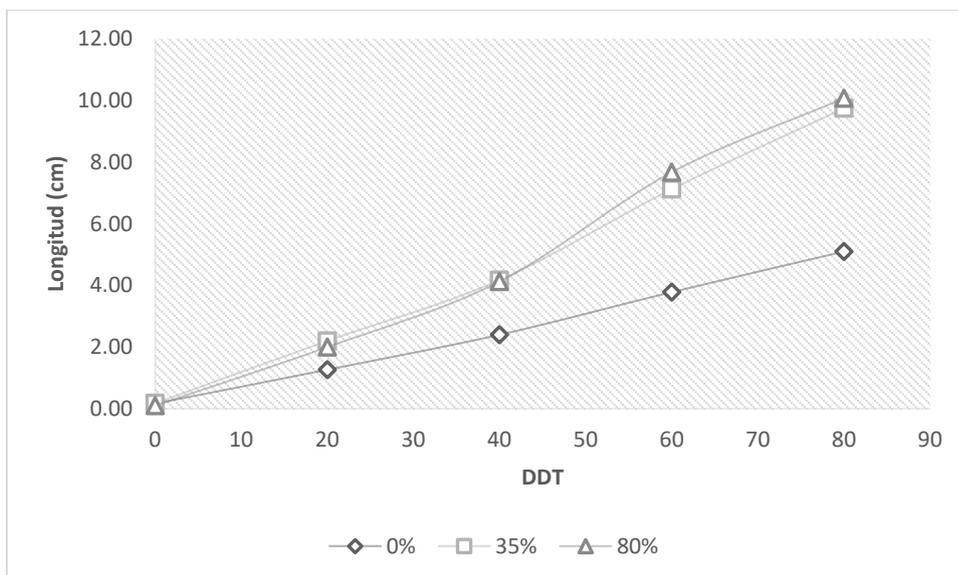


Figura 3. Longitud del brote del cacao CCN51 a los 20, 40, 60 y 80 días después de iniciado los tratamientos sin sombra (0%), con sombra (35% y 80%).

6.1.3 Diámetro de copa

El diámetro de copa de las plantas de cacao CCN51, no presento diferencias significativas entre sus tratamientos ($P = 0.5176$; $P > 0.05$). Mostrando una dinámica de crecimiento del diámetro de la copa similar en los tres tratamientos de sombra (Figura 4).

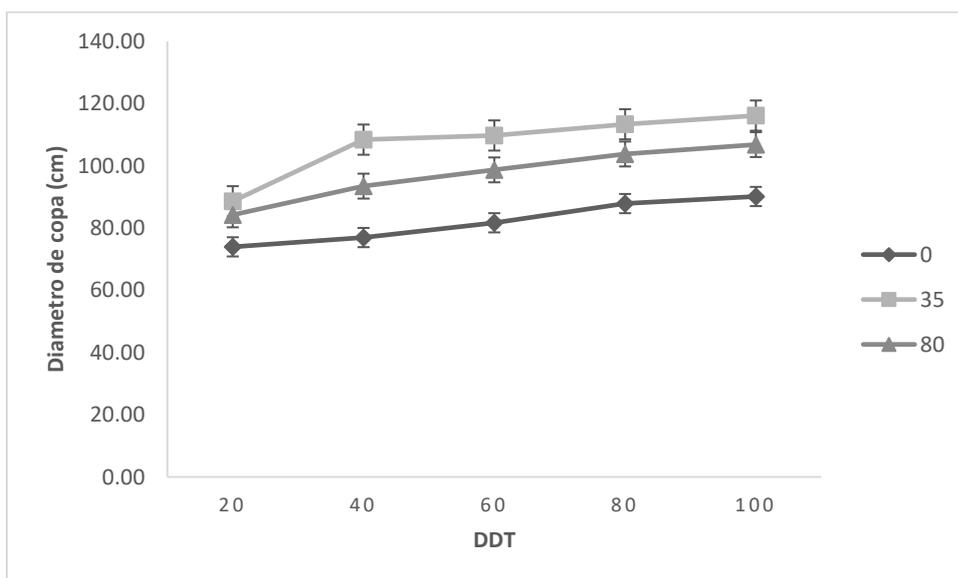


Figura 4. Diámetro de la copa del cacao CCN51 a los 20, 40, 60, 80 y 100 días después de iniciado los tratamientos sin sombra (0%), con sombra (35% y 80%). Barras verticales representan el error estándar.

6.1.4 Área de sección transversal de tronco (ASTT)

El ASTT no presentó diferencias significativas ($P = 0.8629$ para Porta Injerto (P.I) y $P=0.7548$ para la Baretta (B) ($P >0.05$), tanto al inicio como al final del ensayo. Según la morfología propia de la planta, el ASTT P.I (Figura 5) fue mayor al ASTT B. (Figura 6).

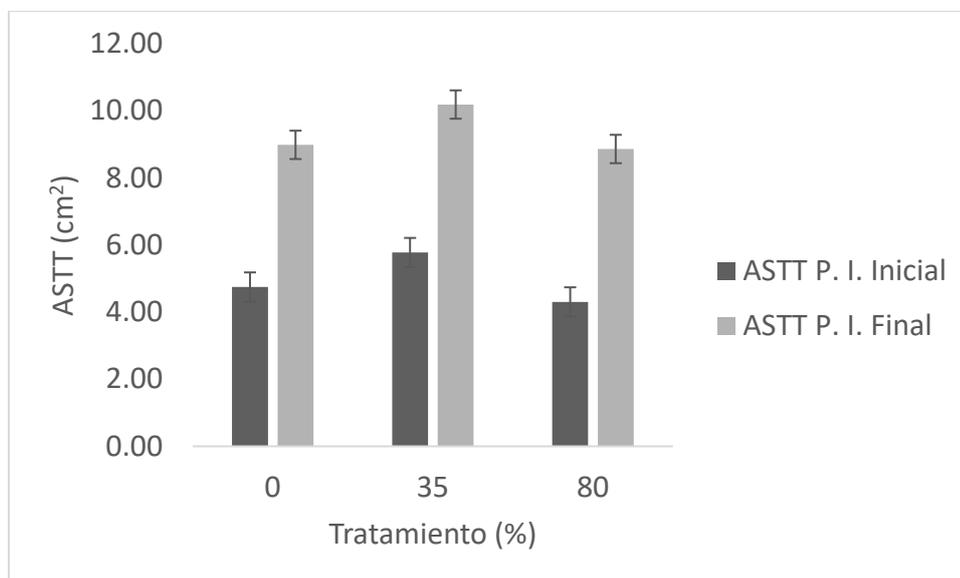


Figura 5. Área de sección transversal del tronco del porta injerto (ASTT P.I) del cacao CCN51 después de 80 días de ser expuestos a un ambiente sin sombra 0% y 35% y 80% de sombra. Barras verticales representan el error estándar.

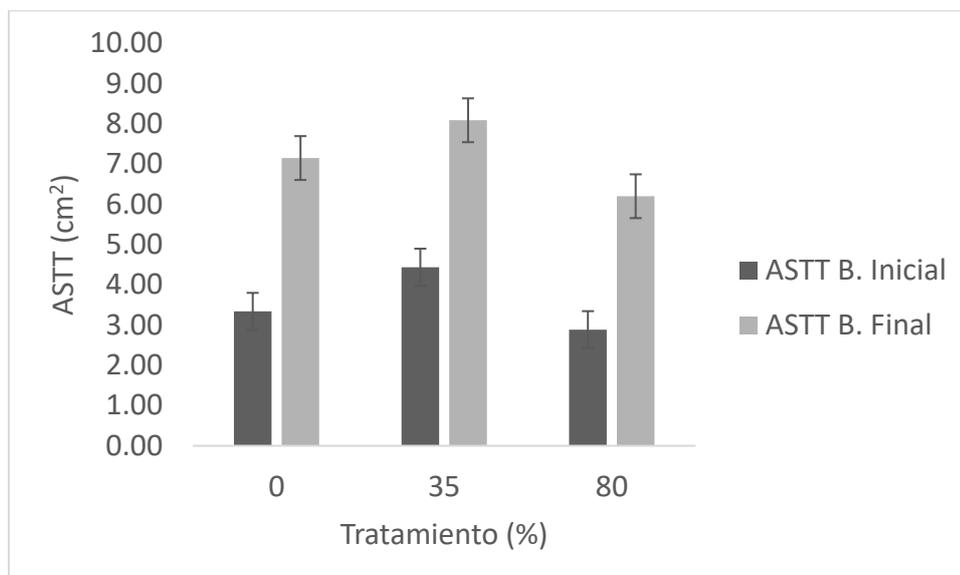


Figura 6. Área de sección transversal del tronco de la baretta (ASTT B) del cacao CCN51 después de 80 días de ser expuestos a un ambiente sin sombra 0% y 35% y 80% de sombra. Barras verticales representan el error estándar.

De igual manera, el incremento de ASTT tanto para el porta injerto como de la baretta no mostraron diferencias significativas ($P = 0.9233$ incremento de P.I. y $P = 0.8933$ incremento de B.) ($P > 0.05$) y tuvieron la misma tendencia observada en el incremento de altura (Figura 7).

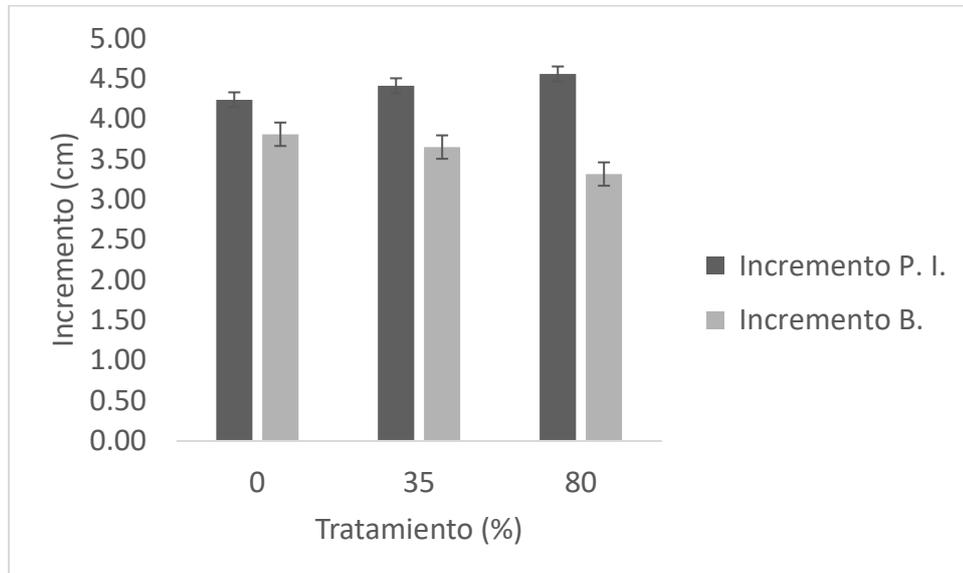


Figura 7. Incremento en el ASTT tanto del porta injerto (PI) y baretta (B) de cacao CCN51 después de 80 días de ser expuestos a un ambiente sin sombra 0% y 35% y 80% de sombra. Barras verticales representan el error estándar.

6.1.5 Área foliar

De acuerdo con la gráfica obtenida con los resultados del AF, se observó que no hubo diferencias estadísticamente significativas ($P = 0.6456$; $P > 0.05$) (Figura 8).

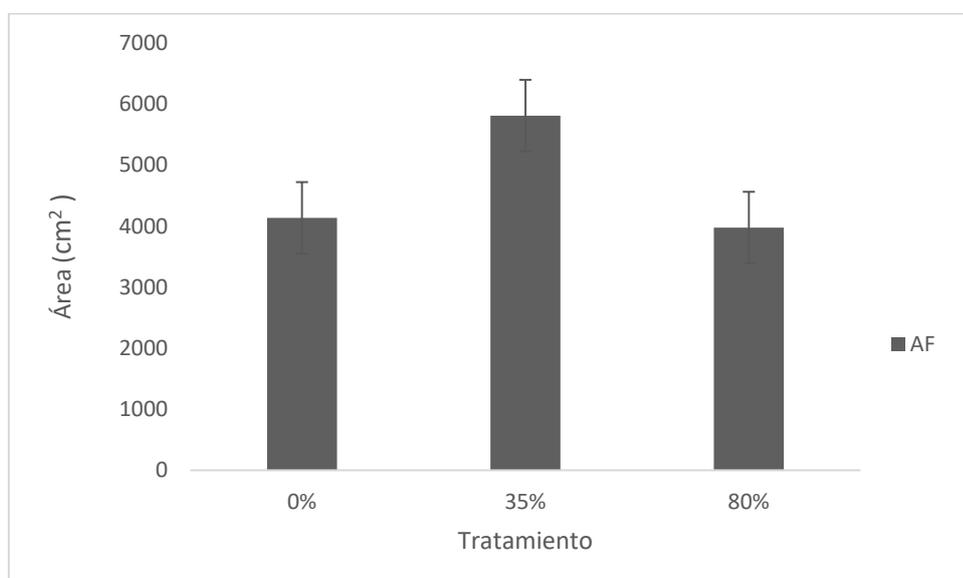


Figura 8. Área foliar (AF) del cacao CCN51 después de 180 días de ser expuestos a un ambiente sin sombra 0% y 35% y 80% de sombra. Barras verticales representan el error estándar.

Con los promedios obtenidos, se puede mencionar que la longitud de las hojas en los tratamientos 80% (T3) y 35% (T2) de sombra, fueron los que obtuvieron mayor longitud. Por otro lado, el T3, presentó menor número de hojas en comparación con los otros tratamientos y mostro similar AF que el control (T1) presentando mayor longitud en las hojas. El T2 es el más efectivo, aunque tiene similar longitud de hojas con el T3, y tuvo mayor número de hojas, y por ende, una mejor AF (Tabla 1).

Tabla 1. Longitud y número de hojas, área foliar e índice de área foliar del cacao CCN51 después de 180 días de ser expuestos a un ambiente sin sombra 0% y 35% y 80% de sombra.

Tratamiento (%sombra)	Longitud de hoja (cm)	Numero de hojas	AF	IAF
0	14.10 B	65.29 A	4133.78	0.03
35	17.73 A	60.50 A	5808.12	0.04
80	19.59 A	36.83 B	3975.17	0.03

6.1.5.1 Índice de área foliar (IAF)

Con respecto al índice de área foliar, no existen diferencias significativas entre los tratamientos de sombra y el control ($P = 0.6456$; $P > 0.05$) (Figura 9).

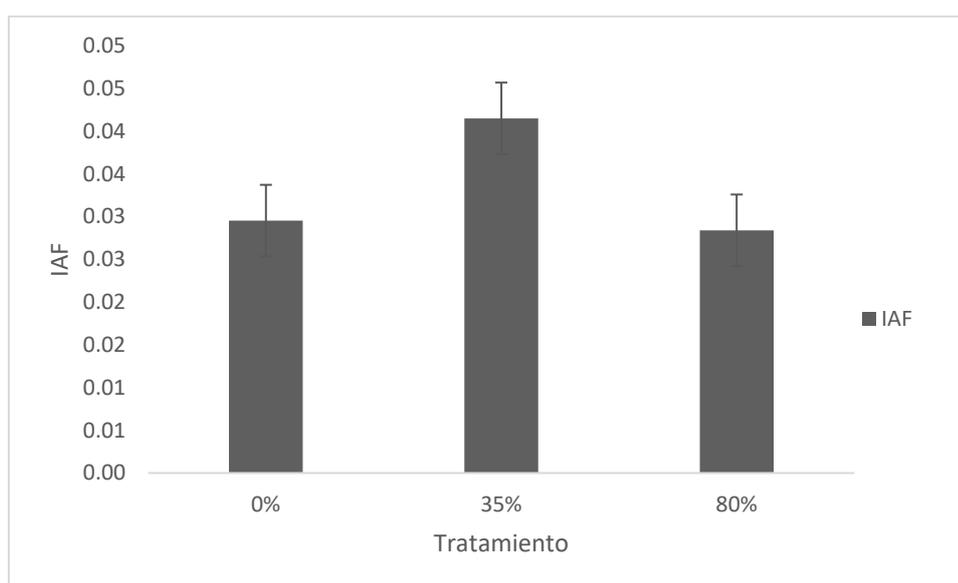


Figura 9. Índice de área foliar del cacao CCN51 después de 180 días de ser expuestos a un ambiente sin sombra 0% y 35% y 80% de sombra. Barras verticales representan el error estándar.

6.2 Variables fisiológicas

6.2.1 Concentración de clorofila

Con respecto a los resultados del análisis de clorofila A, B y total, evaluadas a los 180 DDT, no se encontraron diferencias significativas ($P = 0.5592$ $P = > 0.05$) (Figura 10).

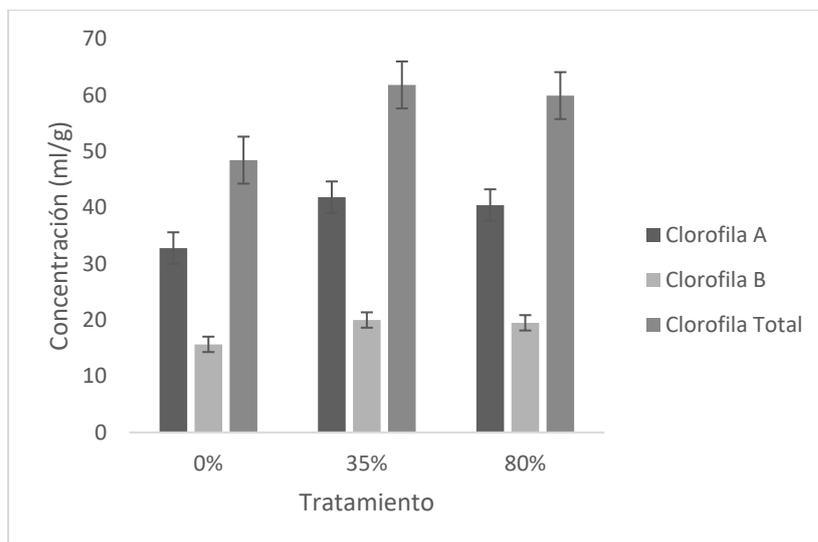


Figura 10. Concentración de clorofila en el cacao CCN51 después de 180 días de ser expuestos a un ambiente sin sombra (0%) y 35% y 80% de sombra. Barras verticales representan el error estándar.

6.2.2 Densidad estomática

La densidad de estomas mm^{-2} , a los 187 DDT, no presentó diferencias significativas entre tratamientos ($P = 0.1707$) ($P > 0.05$).

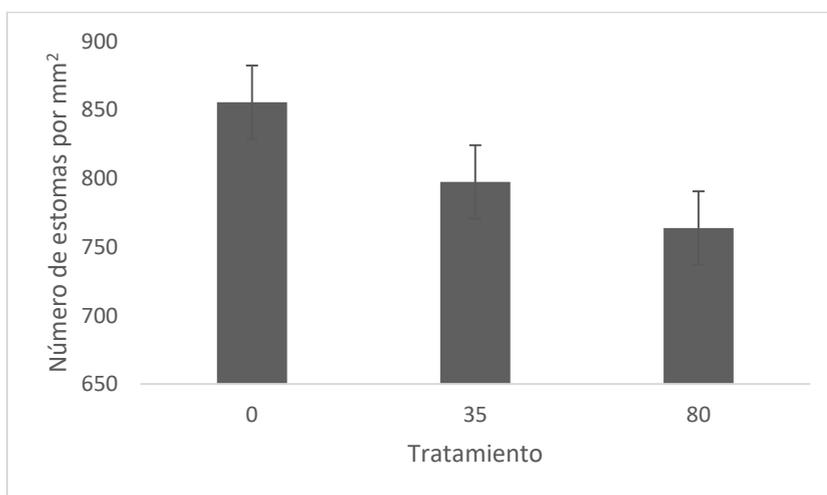


Figura 11. Densidad estomática en el cacao CCN51 después de 187 días de ser expuestos a un ambiente sin sombra 0% y 35% y 80% de sombra. Barras verticales representan el error estándar.

6.2.3 Índice Estomático

El índice estomático, en mm^{-2} , a los 187 DDT, no presentó diferencias significativas entre tratamientos ($P = 0.1633$; ($P > 0.05$) (Figura 12).

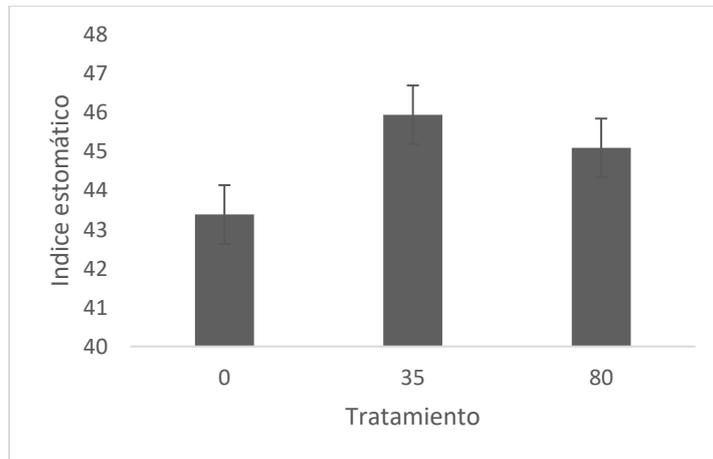


Figura 12. Índice estomático en el cultivo de cacao CCN51 después de 187 días de ser expuestos a un ambiente sin sombra 0% y 35% y 80% de sombra. Barras verticales representan el error estándar.

6.2.4 Análisis de pH y conductividad eléctrica (CE) del suelo

En cuanto a pH, no se encontraron diferencias significativas ($P = 0.1146$; $P > 0.05$), partiendo desde un pH de 5.40 (Análisis inicial-Anexo1), y terminando con un pH promedio de 5.46 (Figura 13).

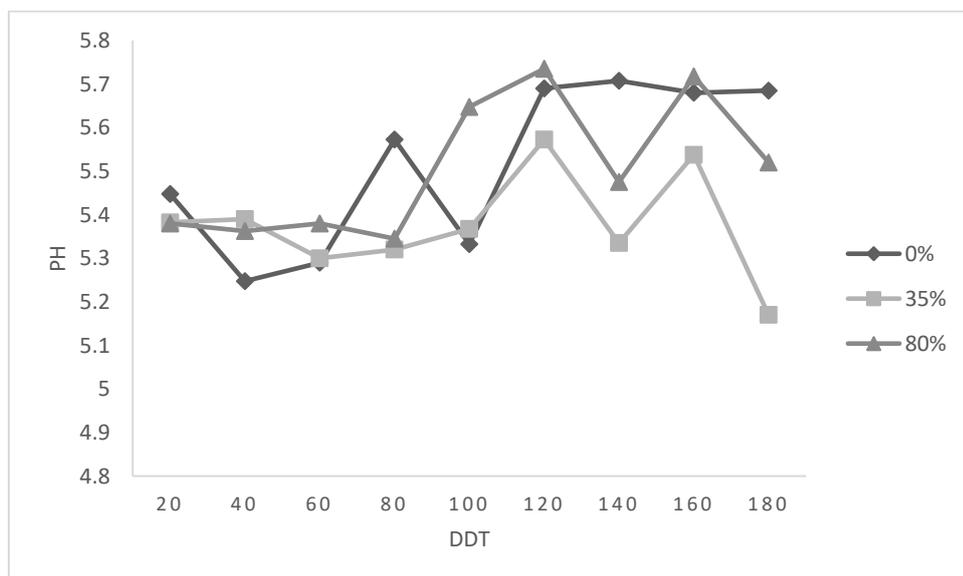


Figura 13. pH del suelo en el cultivo de cacao CCN51 después de 180 días de ser expuestos a un ambiente sin sombra 0% y 35% y 80% de sombra.

De la misma manera, la conductividad eléctrica (CE), tampoco presento diferencias significativas ($P = 0.3672$; $P > 0.05$), por lo que se puede asegurar que la sombra no altera ni el pH ni el CE del suelo (Figura 14).

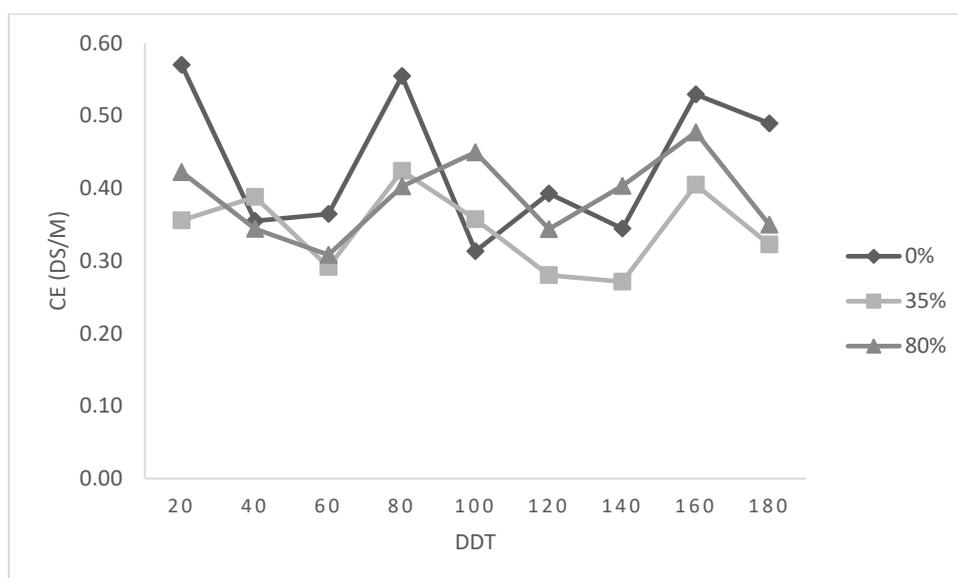


Figura 14. Conductividad eléctrica (CE) en el cultivo de cacao CCN51 después de 180 días de ser expuestos a un ambiente sin sombra 0% y 35% y 80% de sombra.

6.3 Correlaciones

Mediante análisis de correlación de Pearson, los resultados que dieron la relación positiva más alta fue entre la variable altura y ASTT con un $r=0.87$, seguido de la relación entre CE y pH con un $r=0.84$. Mientras que la correlación negativa más alta se dio entre diámetro de copa y CE con un $r=-0.81$ (Tabla 2).

Tabla 2. Correlaciones entre variables morfológicas y fisiológicas

Variable 1	Variable 2	Coefficiente de correlación de Pearson (r)	p-valor
Altura	Área de sección Transversal del Tronco	0.87	<0.0001
	Área Foliar	0.48	0.03
	Índice de Área Foliar	0.47	0.03
	Longitud de brote	0.30	0.26
Área de sección Transversal del Tronco	Área Foliar	0.69	<0.0001
	Índice de Área Foliar	0.69	<0.0001
	Longitud de brote	0.17	0.55
Longitud de brote	Índice de Área Foliar	0.11	0.68
	Área Foliar	0.11	0.68
AF	Índice de Área Foliar	1	0
Diámetro de Copa	Densidad Estomática	-0.72	0.03
	Conductividad Eléctrica	-0.81	0.01
Densidad Estomática	Longitud de hojas	-0.52	0.04

Conductividad Eléctrica	Densidad Estomática	0.71	0.03
	pH	0.84	0
Clorofila total	Longitud de hojas	-0.08	0.84
	Área Foliar	-0.17	0.59
	Densidad estomática	-0.06	0.91

7. DISCUSIÓN

A los 100 días de evaluación de los tratamientos se registró el mayor valor de altura de planta, correspondiente al T1 (148 cm). La similitud presentada de la altura entre tratamientos puede deberse a que las plantas son de un mismo clon, en este caso el CCN51, que presenta poca variabilidad entre sus características. Los resultados con relación a altura pueden asociarse con el hecho de que los diferentes clones de cacao expresan sus potencialidades fisiológicas de acuerdo al clima, luz y humedad, y en el caso de CCN51, podría no haberse desarrollado en toda su magnitud, debido a que es un clon que se adapta mejor a las condiciones ambientales de la costa ecuatoriana, las cuales, son muy distintas a las que presenta la amazonia (Perez & Jose, 2017).

De la misma manera, en lo que respecta a la longitud del brote, no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos, con la característica de que el T2 y T3 (35 % y 80 % de sombra) fueron ligeramente mayores al T1 (0 % de sombra). En consecuencia, (Dubon, 2011), asegura que en las plantas de cacao existe un marcado dimorfismo de crecimiento en las ramas, es decir, en primer lugar, presentan un crecimiento vertical (ortotrópico) y constituye a este, el tallo y los chupones en la etapa vegetativa temprana, seguido del crecimiento de las ramas verticiladas hacia los lados (crecimiento plagiotrópico).

Los resultados muestran que la elongación de los brotes está relacionada con las condiciones climáticas bajo las que se desarrolla el cultivo, ya que el crecimiento del árbol de cacao es mayor durante los meses más cálidos del año, que también traen mayor luminosidad (Gonzalez, 2010).

Las plantas al presentar un crecimiento no solo longitudinal, si no también diametral, tanto la altura, el ASTT y el diámetro de copa muestran una correlación positiva; por lo tanto, al no encontrarse efecto de la sombra sobre la altura, el ASTT y el diámetro de copa tampoco presenta diferencias significativas en los tratamientos y los valores tanto iniciales como finales se deben al desarrollo natural del cacao (Márquez *et al*, 2017).

Los resultados obtenidos en cuanto a ASTT y diámetro de copa son apoyados por los estudios realizados por (Perez & Jose, 2017) donde encontraron resultados que aseguran, que además de la altura pequeña del clon CCN51, no es posible observar un crecimiento tradicional de este clon en la amazonia, por lo mencionado anteriormente y al no presentarse influencia de la sombra sobre la mayoría de variables evaluadas, el desarrollo de la planta está condicionado al clima, precipitación y humedad del sector, esto es lo que interfiere para que los clones muestren su potencial en esta región, como es el caso del CCN51 que se expresa de mejor manera en la región de la costa, que fue donde se adaptó este clon en el año de su liberación en 1965.

El área foliar (AF) e índice de área foliar (IAF), no estuvieron influenciados por la sombra, pero cabe recalcar que el T2 al 35% de sombra alcanzo un AF de 5808.12, acompañado de un IAF de 0.04, lo cual difiere con (Gomez, 2002) quien realizo una investigación en el cultivo de cacao en donde evaluaron el efecto de las diferentes intensidades de luz sobre el intercambio gaseoso y desarrollo del cacao criollo, probando diferentes niveles de sombra 0%, 60% y 80%, donde el valor más alto correspondiente al área foliar fue en el tratamiento de sombra al 80%. En cuanto al manejo de niveles de sombra en el cacao (Arvelo *et al*, 2017) señalan que el cultivo de cacao requiere de una adecuada sombra al inicio de su desarrollo y esta puede ser temporal durante los primeros años de plantación o permanente, pero a su vez refiere los efectos y beneficios que trae el uso de la sombra al inicio de cultivado el cacao, ya que esta reduce la exposición directa de la luz solar y así evitar daños físicos a la plantación. En la investigación se utilizó malla sarán al 35% y 80% como sombra temporal, aunque (Córdova, 2011) señala que para aportar de sombra al cultivo de caco se emplea generalmente árboles frutales intercalados en el marco de plantación. Las especies más utilizadas son las musáceas (plátano, banano) para sombreo temporal y especies del género Inga para sombreo permanente.

Por consiguiente, si bien la sombra no afecto en el AF e IAF de los tratamientos, se observó que sí afecto a la longitud de las hojas, en consecuencia, a plena luz del sol las hojas de cacao se desarrollan de manera diferente que cuando están en la sombra; las hojas sombreadas suelen tener una mayor superficie que las hojas a plena luz; además, en pleno sol, la transpiración excesiva puede causar estrés hídrico, lo cual puede explicar la reducción de la expansión foliar, aunque en forma antagónica, las hojas sombreadas pueden presentar mayor contenido de clorofila como efecto para tratar de incrementar la fotosíntesis, y las hojas en pleno

sol, envejecen y mueren más rápido como resultado del aumento de temperatura y la transpiración excesiva (Gerritsma, 1995)

En cuanto a concentración de clorofila, a los 10 DDT, se observó que el T2 de 35% de sombra, tanto para clorofila A, B y total tuvo una mayor concentración en comparación T3 de 80% de sombra. No obstante, los resultados del T2 y T3, permitieron evidenciar una variabilidad para este parámetro; esto es apoyado por (Tezera & Valencia, 2015), que afirma que los clones de cacao poseen alta plasticidad fisiológica aun cuando crecen en condiciones lumínicas diferentes; por ello, Jaimez *et al* (2018) en sus estudios expone que, los resultados de mayor fotosíntesis neta y cantidad de clorofila, fueron los expuestos a una alta intensidad de luz, además el clon CCN-51 no presentó fotoinhibición; por lo que se presume que este clon es tolerante a la sombra y a alta exposición solar, ajustando sus niveles de concentración de clorofila.

Por otro lado en lo que refiere a densidad estomática a los 187 DDT en el clon CCCN51, se observó afectación de la sombra; pues el T1 (0%; plena luz) presento una cantidad superior de estomas (855.55 mm^{-2}) que los que presentaron tanto el T2 como el T3 (Tabla 6), el promedio de estomas se presentó desde 763.77 hasta 855.55 mm^{-2} , estos rangos promedios son ligeramente iguales a los reportados por (Zambrano, 2017), quien mostro promedios de 877.50 estomas mm^{-2} , en el mismo clon en Quevedo- Ecuador , región costa, esta pequeña diferencia del CCN51 en diferentes regiones, se puede deber a que varía frente a diferentes condiciones ambientales; adicional a esto para el índice estomático el T2 fue relativamente mayor a los demás tratamientos (T1 y T3), y como indica Jaimez *et al* (2018), la regulación estomática, depende de la respuesta de cada clon o híbrido a las condiciones ambientales en las que se desarrolla; adicional en sus estudios encontraron que, al haber un intercambio de gases a una alta radiación solar, aumenta en un 35% la tasa de fotosíntesis neta, lo que puede explicar el contenido de clorofila del T1, ya que su densidad estomática también fue mayor que los tratamientos T2 y T3.

En cuanto a pH, tampoco presento diferencias significativas entre los tratamientos, siendo el pH inicial de 5.40 (Anexo 1) y terminando en un pH promedio de 5.46, la variabilidad de los valores del pH es apoyado por (Tezera, 2015), que indicaron que los valores de pH varían en cada uno de los momentos de evaluación por el contenido de sales, actividad biológica del suelo y épocas de verano o invierno. Por consiguiente, el rango de pH observado en nuestro

trabajo de investigación es adecuado para la alta asimilación de nutrientes por parte del clon CCN51.

Con respecto a CE tampoco se observaron diferencias significativas (Figura 17), lo que puede asegurar que la sombra no altera esta variable, 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 (Patrick, 1985); en el caso particular de este trabajo, el alto contenido de MO (Anexo 1), permitió un incremento en la CE y en el mantenimiento de un estable rango de pH.

8. CONCLUSIONES

- ✓ La sombra no influye directamente en aspectos morfológicos como: el crecimiento de tallos y ramas, así como en la producción de hojas y brotes del cacao clon CCN51.
- ✓ Las variables fisiológicas implicadas en los procesos fotosintéticos de la planta que fueron afectadas son: de forma indirecta, AF e IAF y de forma directa la longitud de las hojas, concentración de clorofila y densidad estomática; siendo los tratamientos de sombra los de mayor longitud de hojas; T3 y T2 mayor cantidad de clorofila A, B y total y el T1 con mayor densidad de estomas.
- ✓ Por la acción de la sombra sobre las variables fisiológicas, se debe mantener un sombreado leve (35 % de sombra), ya que permite aumentar la longitud de las hojas, la concentración de clorofila y mantener la densidad estomática, al encontrar un punto intermedio entre las características de un 80% de sombra y a pleno sol, que se presentaron en este trabajo.
- ✓ La sombra no provocó variabilidad en CE y pH, por lo que se puede asegurar que esta no influye en estas variables.

9. RECOMENDACIONES

- ✓ Continuar con la investigación hasta llegar a la etapa reproductiva y a su vez evaluar variables de rendimiento y producción; y describir la manera mediante la cual influyen dos niveles de sombra en el rendimiento de cacao clon CCN51.
- ✓ Realizar análisis de contenidos nutricionales en hojas de cacao clon CCN51 para determinar el grado de asimilación de nutrientes que contienen las hojas de cacao ante la aplicación los diferentes niveles de sombra

10. Bibliografía

- Acosta, E. (2008). Relacion entre el índice de área foliar y el rendimiento en frijol bajo condiciones de secano . Nuevo Leon, Mexico: INTAGRI S.C.
- Almeida, A., & Valle, R. (2007). Ecofisiologia del cacao. Revista Brasileña de Fisiologia Vegetal, 425-430.
- ANECACAO. (2015). Cacao Nacional- Cacao de Exportacion-CCN51.
- Artica, M. (2008). Cultivo de Cacao . Peru: Editorial MACRO.
- Arvelo, M., Tomas, D., & Pedro, M. (2017). Manual tecnico del cultivo de cacao; practicas latinoamericanas. San Jose: IICA. 165p.
- Ayala, F. (2008). Manejo intregrado de de Moniliasis en el cultivo de Cacao mediante el uso de fungicidas. Guayaquil, Ecuador .
- Barrientos, A., Michal , B., Trejo, C., & López, L. (2003). Índice y densidad estomática foliar en plántulas de tres razasd de aguacatero. México: Revista Fitotecnica. Vol.26.
- Bartley, B. (2005). The Genetic Diversity of Cocoa and its Utilization. CABI Publishing Oxfordshire.
- Carrion, J. (2012). Estudio de la factibilidad para la produccion y comercializacion de cacao (*Theobroma cacao* L.) variedad CCN51. Jama- Manabi: Universidad San Francisco de Quito.
- Córdova, C. (2011). Efecto de la estructura de sistemas agroforestales de cacao y de su contexto local, sobre la poblacion de dípteros polinizadores de cacao y su relacion con la produccion. Panama .
- Di Rienzo, J. A., Balzarini, M., Gonzalez, L., Casanoves, F., & Robledo , C. (1982). InfoStat . Cordoba, Colombia: Univeridad Nacional de Cordoba.
- Dubon, A. (2011). Manuel de produccion de cacao. Lima-Cortes: HN.FHIA. 208p.
- Enriquez, G. (2010). Cacao Organico- Guia para Productores Ecuatorianos . Quito .
- FAO. (2018). Organizacion de las Naciones Unidas para la Alimentacion y la Agricultura .

- Gerritsma, W. (1995). *Physiological aspects of cocoa agronomy and its modelling*. Wageningen: Wageningen University.
- Gomez, A. (2002). *Efecto de diferentes intensidades de luz sobre el intercambio gaseoso y desarrollo del Cacao Criollo Guasare*. Tesis de Posgrado de Ecología Tropical, Facultad de Ciencias- Universidad de los Andes.
- Gonzalez, E. (2010). *Cacao Organico-Guia para productores Ecuatorianos*. Quito-Ecuador: INIAP-Estacion Pichilingue.
- INEC. (2018). Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. *Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua*.
- Infocacao. (2015). *Ciencia y tecnología para los cacaoteros*. PROCACAO.
- INTA. (2010). *Guía Tecnológica del Cultivo de Cacao*. Managua, Nicaragua .
- Jaimez, R., Tezara, W., Corone, I., & Urich, R. (2008). *Ecofisiología del cacao: su manejo en el sistema agroforestal. Sugerencias para su mejoramiento en Venezuela*. *Revista Forestal Venezolana*, 253-258.
- Jose Suarez, E. D. (2017). *Pigmentos fotosintéticos y conductancia estomática en ecotipos de cacao*. *Agronomía, Mesoamericana* , 199-206.
- Lopez, M., & Deras, E. (2017). *Caracterización morfoagronómica in situ de cacao criollo (Theobroma cacao L.) en lugares de prevalencia natural y su incidencia en la selección de germoplasma promisorio en El Salvador* . El Salvador : Universidad El Salvador. Recuperado de <http://ri.ue.edu.sv/id/eprint/16511/>.
- Lopez, P. (2011). *Paquete Tecnológico Cacao (Theobroma cacao L.) Producción de Planta*. Tabasco.Mexico.
- Mackinney, B. (1941). *Absorption of light by chlorophyll solutions*. Estados Unidos: J. Biol. Chem.
- MAGAP. (2013). *Proyecto de Reactivación del Café y Cacao Nacional Fino de Aroma*. Quito.
- Marquez, J., Carlos, B., & Gonzalez. (2017). *Influencia de las temperaturas y precipitaciones en el desarrollo de índices morfológicos del cacao en Jibacoa*.

- Molina, M. E. (2012). Caracterización agromorfológica del cacao (*Theobroma cacao* L.) en la parcela Internacional de la Estacion Experimental de Sapecho alto de Beni . Bolivia: Universidad Mayor de San Andres. Recuperado de <http://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/4374/T1755.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Mosquera, M. (2016). Efectos del fósforo y el Azufre sobre el rendimiento de mazorcas, en una plantacion de cacao CCN51 en Babahoyo. Babahoyo: Obtenido de <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/3358/E-UTB-FACIAGING%20AGROP000009.pdf?sequence=1>.
- Paredes, M. (2004). Programa par el desarrollo de la Amazonia, Proamazonia " Manual del cultivo de cacao". Peru: Ministerio de agricultura Peru.
- Patrick, F. (1985). Suelos en formacion, clasificacion y distribucion. Continental S.A.
- Perez, A., & Jose, F. (2017). Adaptabilidad de clones promisorios de cacao nacional (*Theobroma cacao* L.). Canton Tola Arosemena- Ecuador: Centro Agricola, 44-51.
- Perez, J. (2009). Evaluacion y caracterizacion de selecciones clonales de cacap del programa de mejoramiento del CATIE.
- Pinto, M. (2012). Tecnologia para la produccion de Cacao como sistema agroforestal en regiones potenciales de Colombia . Colombia: PRODUMEDIOS .
- Porta Jaume, L. M. (2003). Edafologia para la agricultura y el medio ambiente. Madrid: MundiPrensa.
- Quintana, L., & Gomez, S. (2011). Perfil del sabor del clon CCN51(*Teobroma cacao* L.). Producido en tres fincas del municipio de San Vicente de Chucur. Bucaramanga, Colombia: Universidad abierta y a Distancia.
- Quiroz, J. (2002). Caracterizacion moecular y morfologica de genotipos superiores con características de Cacao Nacional. Costa Rica .
- Ramirez, T. (2009). Situacion de la produccion de cacao en la provincia de Zamora Chinchipe: linea base 2009. CEDAMAZ.

- Rodés, R., & Collazo, M. (2006). Manual de prácticas de fotosíntesis. Mexico: Primera edición. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Salas, J., Sanabria, M., & Pire, R. (2001). Variación en el índice y la densidad estomática en plantas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) sometidas a tratamientos salinos. Barquisimeto, Venezuela: Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado.
- Somarriba, E. (2006). Como analizar y mejorar la sombra en los cacaotales. Taller regional Andino de aplicacion tecnológica en el cultivo de cacao. Ecuador.
- Sullca, B. (2013). Paquete tecnologico de manejo integrado de cacao.
- Teneda, W. (2016). Mejoramiento del proceso de fermentacion del cacao (*Theobroma cacao* L.) variedad Nacional y CCN51. Sevilla, España: Universidad Internacional de Andalucía.
- Tezera. (2015). Actividad fotoquímica de clones elites de cacao ecuatoriano en el norte de Esmeralda. Esmeralda, Ecuador.
- Tezera, W. A., & Valencia, E. (2015). Actividad fotoquímica de clones elites de cacao (*Theobroma cacao* L.) Ecuatoriano en el norte de la provincia Esmeraldas. Esmeraldas: Investigacion y saberes.
- Torres, L. (2012). Manual de produccion de cacao fino de aroma.
- Untuña, J. (2014). Niveles de fertilizacion en clones de cacao asociados. Quevedo. Ecuador.
- Velez, J. (2018). Evaluacion de la respuesta de cacao CCN51 a plena exposicion solar a las aplicaciones de Azufre (S) y Magnesio (Mg) en la zona de Zapotal, Provincia de Los Rios(Bachelors thesis, Quevedo-UTEQ). Quevedo- Los Rios.
- Zambrano, J. (2017). Relaciones filogeneticas entre tipos de cacao forastero, trinitario y nacional, basadas en marcadores morfologicos y secuencias nucleotidicas de la region ITS; y su posible uso en la identificacion de clones . Quevedo- Los Rios : Previo a la obtencion de tiitulo de Ingeniero Agropecuario.

11. ANEXOS

11.1 Anexo 1. Análisis de suelo previo a la evaluación de las variables morfo-fisiológicas.

MC-LASPA-2201-01

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

INFORME DE ENSAYO No: 21-0234

NOMBRE DEL CLIENTE: Jimenez Jimenez Elias Joel
PETICIONARIO: Jimenez Jimenez Elias Joel
EMPRESA/INSTITUCIÓN: Jimenez Jimenez Elias Joel
DIRECCIÓN: Esteban Godoy Loja

FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA: 31/03/2021
HORA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA: 12:45
FECHA DE ANÁLISIS: 05/04/2021
FECHA DE EMISIÓN: 09/04/2021
ANÁLISIS SOLICITADO: S4 + CIC

Análisis	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	A	M	ppm	A	M	ppm	A	M	meq/100g	A	M	meq/100g	A	M	ppm	A	M	ppm	A	M	ppm	A	M	meq/100g	%	%	Arena	Limo	Arcilla	Clase Textural					
21-0903	5,42	Ac	198	A	13	M	10	B	0,15	B	0,35	M	5,99	A	1,07	A	3,2	M	5,5	A	456	A	58,0	M	5,60	3,03	19,98	7,41	7,7	A	37	34	29	FRANCO ARCILLOSO	Elias Lote 1		

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

OBSERVACIONES:

METODOLOGIA USADA	
pH = Suelo: Agua (1:2,5)	P K Ca Mg = Olsen Modificado
S, B = Fosfato de Calcio	Cu Fe Mn Zn = Olsen Modificado
B =	Curcumina

*** Ensayos no solicitados por el cliente**

INTERPRETACION		
pH	Elemento	
Ac = Acido	N = Neutro	B = Bajo
LAc = Liger. Acido	LAI = Lige. Alcalino	M = Medio
PN = Prac. Neutro	AI = 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. =	Dicromato de Potasio
Al+H =	Titulación NaOH

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

 Firmado electrónicamente por:

 Firmado electrónicamente por:

11.2 Anexo 2. Ecuación ajustada a lo largo para AF de cacao clon CCN51.

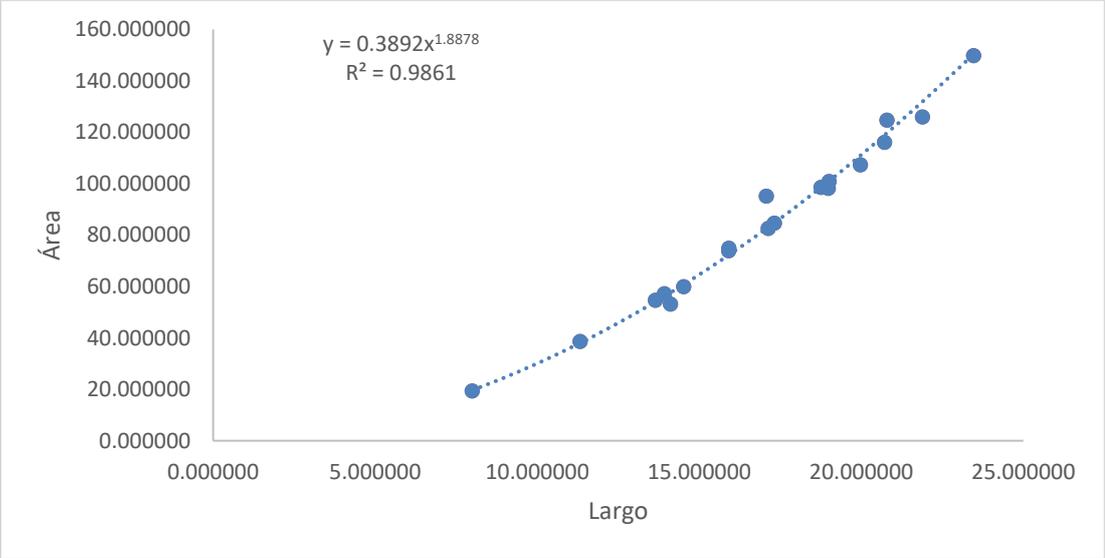


Figura 15. Ecuación ajustada con el largo de la hoja para determinar el AF del cacao CCN51

11.3 Anexo 3. Fotografías del experimento en campo



Figura 16. Plantas de cacao clon CCN51



Figura 17. Corrección de Boro antes de empezar la evaluación de variables



Figura 18. Toma de datos de campo



Figura 19. Colecta de muestras para análisis de laboratorio

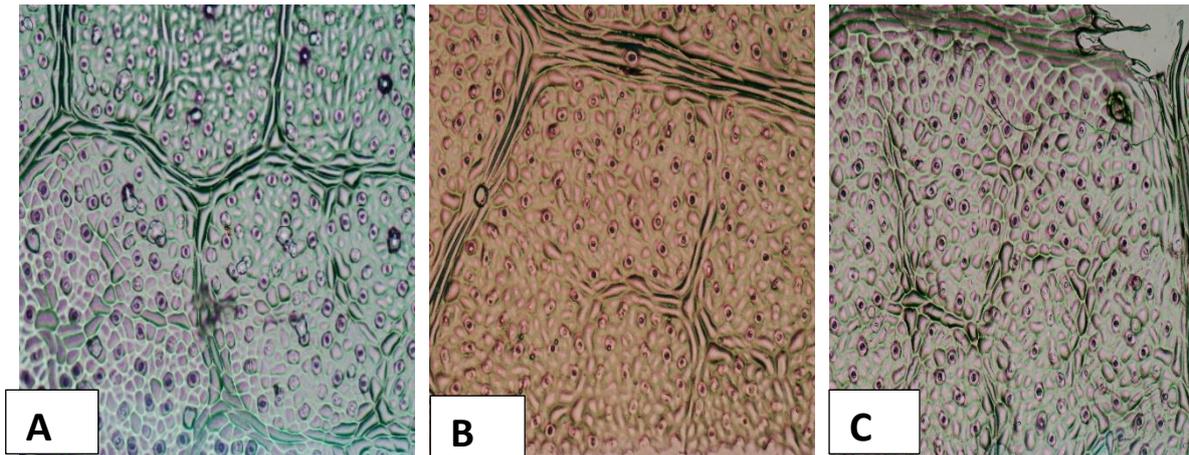


Figura 20. Trabajos de laboratorio en improntas

11.4 Anexo 4. Certificación de traducción del Abstract.

ABSTRACT

Cocoa (*Theobroma cacao* L.) is a tropical tree species, generally It grown in shaded conditions, although genotypes grown in full sun exposure have been reported. The effect of shade in the field is complex, therefore it is necessary to have knowledge of the effects of shade, to maximize plant growth in its early stages and subsequently increase production. Based on the above, the objective of this research was to determine the effect of shade on morpho-physiological parameters in cocoa plants (*Theobroma cacao* L.) clone CCN51 in the province of Zamora Chinchipe, Sector el Padmi. The study was carried out at the "El Padmi" Experimental Station of the National University of Loja, using 14-month-old plants, planted at a planting density of 3x4 m, under a completely randomized experimental design, with three treatments. (0% control; 35 and 80% shade) and six repetitions. The morphological variables height, shoot length, crown diameter, trunk section area, leaf area and leaf index were evaluated every 20 days, while the physiological variables: chlorophyll concentration, stomatal density, stomatal index, were measured at end of the field trial. The pH and electrical conductivity of the soil were evaluated every 20 days. The results suggest that shade partially influences AF and IAF and directly influences leaf length, chlorophyll concentration and stomatal density, with treatments T2 and T3 having the longest leaves and the greatest amount of chlorophyll and T1 with higher density of stomata. The other variables did not present statistically significant differences. We can say that the clone CCN51 adapts acceptably to the conditions of the Amazonian climate, in conditions of medium and/or intense shade and in full light.

Keywords: Cocoa CCN51, Shade, effect, development.

Yo, Alexandra Zúñiga Ojeda, por la presente certifico que traduje el documento adjunto del idioma inglés al español y que, es una traducción correcta de acuerdo a los documentos originales. Así lo certifico, en base a la formación de grado y posgrado en la Enseñanza del Inglés como lengua extranjera.


Mgs. Alexandra Zúñiga Ojeda
Directora Académica de CADIL English Center
Registros SENESCYT: 1031-07-785803 1031-11-725056