



Universidad
Nacional
de Loja

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

**FACULTAD AGROPECUARIA DE RECURSOS
NATURALES RENOVABLES**

CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

**Evaluación de tres niveles de sombra sobre parámetros
fisiológicos y productivos en cacao, clon CCN 51 y EETP
800 en Zamora Chinchipe**

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

AUTORA:

Yoisy Tatiana Guarderas Yuu.

DIRECTOR:

Ing. Johnny Fernando Granja Trávez Mg. Sc.

Loja – Ecuador

2022

CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DE TESIS

Ing. Johnny Fernando Granja Trávez Mg.Sc

DIRECTOR DE TESIS

CERTIFICA:

Que luego de haber dirigido y revisado el trabajo de tesis titulado: **Evaluación de tres niveles de sombra sobre parámetros fisiológicos y productivos en cacao, clon CCN 51 y EETP 800 en Zamora Chinchipe** previo a la obtención del título de **Ingeniera Agrónomo**, de la egresada: **Yoisy Tatiana Guarderas Yuu**, se autoriza su presentación debido a que el mismo se sujeta a las normas y reglamentos generales de graduación exigido por la Carrera de Ingeniería Agronómica.

En mi calidad de director de Tesis certifico que la investigación realizada ha sido trabajo propio de la egresada.

Loja, 18 de julio de 2022.



Ing. Johnny Fernando Granja Travez Mg.Sc

DIRECTOR DE TESIS

AUTORÍA

Yo, Yoisy Tatiana Guarderas Yuu declaro ser el autor del presente trabajo de tesis 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 tesis en el Repositorio Institucional-Biblioteca Virtual.

Firma: 

Cedula de identidad: 1900758168

Fecha: 9 de septiembre del 2022

Correo electrónico: yoisy.guarderas@unl.edu.ec

Celular: 0967137280

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

Yo, Yoisy Tatiana Guarderas Yuu, declaro ser autora de la tesis titulada “Evaluación de tres niveles de sombra sobre parámetros fisiológicos y productivos en cacao, clon CCN 51 y EETP 800 en Zamora Chinchipe” como requisito para optar el título de Ingeniera Agrónomo, autorizo al sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que con fines académicos muestre la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido 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 a los siete días del mes de septiembre del dos mil veintidós.

Firma:



Autor: Yoisy Tatiana Guarderas Yuu

Cédula: 1900758168

Dirección: La Argelia, Teodoro Wolf y Albert Einstein. Loja-Ecuador.

Correo electrónico: yoisy.guarderas@unl.edu.ec

Celular: 0967137280

DATOS COMPLEMENTARIOS

Director del trabajo de titulación: Ing. Johnny Fernando Granja Mgs.sc

Tribunal de grado:

Mg.Sc. Edmigio Valdivieso Caraguay

Presidente

Mg.Sc. Paulina Fernández Guarnizo

Vocal

PhD. Jorge Armijos Rivera

Vocal

DEDICATORIA

Primeramente, a Dios, por ser mi guía espiritual, y darme la fortaleza tan abnegada en los tiempos difíciles.

A mi madre Olga María, por velar mis sueños, enseñarme el valor del esfuerzo, sacrificio y entrega. Mi vida entera es suya.

A mi padre Pedro Francisco, mis hermanos Hilda, Verónica, Fernando, Jaqueline, Cristian y Elvis, gracias por el cúmulo de sorpresas y emociones que me han brindado y por ser mi inspiración para culminar mi carrera profesional.

A mis tíos, por todo el cariño y consejos.

Yoisy Tatiana Guarderas Yuu

AGRADECIMIENTO

A Dios Todopoderoso, por haberme dado la vida, salud y sabiduría necesaria para culminar con éxito y satisfacción mi etapa universitaria.

Mi profundo agradecimiento a mis queridos padres Pedro y Olga, quienes con sacrificio y esfuerzo me brindaron su apoyo incondicional para seguir adelante y con ello lograr esta anhelada meta, gracias por sus sabios consejos y por ser el ejemplo de esfuerzo y valentía; a mis hermanos quienes han sido mi inspiración, motivación y ejemplo de lucha para seguir adelante hasta verme realizado como profesional.

Mi sincero agradecimiento a la Universidad Nacional de Loja y en especial a la Carrera de Ingeniería Agronómica por haberme abierto las puertas y formarme académica y profesionalmente; a los docentes por el apoyo brindado a lo largo de mi formación académica, por su tiempo, conocimientos y experiencias impartidas, durante toda mi vida universitaria. Un especial agradecimiento al Ing. Johnny Granja, por compartir sus conocimientos y ser mi guía en la culminación del presente trabajo, también, al personal y directivos de la Estación Experimental “El Padmi”, por haberme brindado el espacio donde se desarrolló el ensayo de la investigación de la presente Tesis.

Yoisy Tatiana Guarderas Yuu

ÍNDICE DE CONTENIDOS

PORTADA	i
CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DE TESIS	ii
AUTORÍA	iii
CARTA DE AUTORIZACIÓN	iii
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vi
ÍNDICE DE CONTENIDOS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	x
ÍNDICE DE TABLAS	xi
ÍNDICE DE ANEXOS	xii
1. TÍTULO	1
2. RESUMEN	2
2.1. ABSTRACT	3
3. INTRODUCCIÓN	4
Objetivo general.	5
Objetivos específicos	5
4. MARCO TEÓRICO	6
1.3. Generalidades del cultivo de cacao	6
1.4. Origen	6
1.5. Taxonomía	6
1.6. Morfología del cacao	6
1.1.1. Morfología	6
1.1.1.1. Árbol.....	6
1.1.1.2. Raíz.....	7
1.1.1.3. Tallo.....	7
1.1.1.4. Hojas.....	7
1.1.1.5. Inflorescencia.....	7
1.1.1.6. Flor.	7

1.1.1.7.	Fruto	7
1.1.1.8.	Semillas	8
1.7.	Cultivares de cacao	8
1.7.1.	Criollos	8
1.7.2.	Trinitarios	8
1.8.	Clones ecuatorianos recientemente liberados	9
1.8.1.	Clon Estación Experimental Tropical Pichilingue (EETP 800)	9
1.8.2.	Clon Colección Castro Naranjal “CCN 51”	9
1.9.	Condiciones edafoclimaticas	10
1.9.1.	Suelos	10
1.9.2.	Clima	11
1.10.	Fisiología del cacao	12
1.10.1.	Luminosidad	12
1.10.2.	Radiación y sombra	12
1.11.	Fenología del crecimiento reproductivo del cacao.	14
5.	METODOLOGÍA	16
3.1.	Ubicación del área de estudio	16
3.2.	Establecimiento y manejo del ensayo	16
3.3.	Diseño experimental	17
3.4.	Variables evaluadas	18
3.4.1.	Área de la sección transversal del tronco (ASTT)	18
3.4.2.	Diámetro de la copa	18
3.4.3.	Índice de área foliar (IAF)	18
3.4.4.	Concentración de clorofila.	19
3.4.5.	Densidad estomática	19
3.4.6.	Entrada en producción	20
3.4.7.	Fenología del cacao	20
3.4.8.	Evolución de la longitud del fruto	20
3.4.9.	Tasa de crecimiento absoluto (TCA) y tasa de crecimiento relativo (TCR) del fruto	

20	
3.4.10.	Peso de la mazorca.....21
3.4.11.	pH y conductividad eléctrica (CE) del suelo21
3.5.	Análisis Estadístico21
6.	RESULTADOS22
3.6.	Área de la sección transversal del tronco (ASTT).....22
3.7.	Diámetro de la copa.....22
3.7.1.	Incremento del diámetro de copa23
3.8.	Índice de área foliar (IAF)24
3.9.	Densidad estomática25
3.10.	Entrada en producción.....26
3.11.	Fenología del fruto de cacao27
3.12.	Curva del crecimiento del fruto (longitud del fruto).....28
3.13.	Tasa de crecimiento absoluto (TCA) y tasa de crecimiento relativo (TCR) del fruto28
3.14.	Peso de la mazorca.....29
3.15.	pH y conductividad eléctrica (CE) del suelo30
7.	DISCUSIÓN35
8.	CONCLUSIONES44
9.	RECOMENDACIONES45
10.	BIBLIOGRAFÍA46
11.	ANEXOS56

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación del lugar de estudio (Estación Experimental "El Padmi").	16
Figura 2. Esquema del diseño experimental.	18
Figura 3. Evolución del diámetro de copa después de la aplicación de tratamientos (DDAT), factor clon.	23
Figura 4. Evolución del diámetro de copa después de la aplicación de tratamientos (DDAT), factor sombra.	23
Figura 5. A. Medias de la densidad estomática (estomas/mm ²) evaluadas el final del ensayo en hojas del clon CCN 51 y EETP 800; y, B. Índice estomático (%).	26
Figura 6. A. Medias de la densidad estomática (estomas/mm ²) evaluadas al final del ensayo y, B. Índice estomático (%) en el factor sombra.	26
Figura 7. Desarrollo del fruto de Theobroma cacao L, clon EETP 800 a los 105 días desde la antesis.	27
Figura 8. Desarrollo del fruto de Theobroma cacao L, clon CCN 51 a los 105 días desde la antesis.	28
Figura 9. Curva de crecimiento del fruto para el clon EETP 800 después de la aplicación de los tratamientos (DDT).	28
Figura 10. A. Producción estimada de mazorcas por planta (kg) del clon EETP 800 y B. Peso promedio del fruto (g) a los 84 días después de la antesis.	30
Figura 11. Expresión de la variación del pH del suelo en el cultivo de cacao, factor clon.	31
Figura 12. Expresión de la variación del pH del suelo en el cultivo de cacao, factor sombra.	31
Figura 13. Índice de correlación para las siguientes variables A. TCA (Tasa de crecimiento absoluto) del diámetro de copa e incremento diámetro de copa; B. CE (Conductividad eléctrica del suelo) y IAF (Índice de área foliar) C. DE (Densidad estomática) y pH; D. CE y pH; E. Peso del fruto y pH; F. Densidad estomática y CE.	33

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Principales estadios de crecimiento reproductivo 5-8 de cacao var. TSH, según escala BBCH modificada (Bridgemohan et al.,2016).	14
Tabla 2. Área de la sección transversal del tronco (ASTT) de los clones.	22
Tabla 3. Área de la sección transversal del tronco (ASTT) del factor sombra.	22
Tabla 4. Incremento del diámetro de copa del factor clon.	24
Tabla 5. Incremento y TCA del diámetro de copa del factor sombra.....	24
Tabla 6. Índice de área foliar, a los 105 días después de la aplicación de los tratamientos.	24
Tabla 7. Concentración de clorofila después de la aplicación de los tratamientos, factor clon.	25
Tabla 8. Concentración de clorofila después de la aplicación de los tratamientos, factor sombra.	25
Tabla 9. Tasa de crecimiento absoluta y relativa del fruto a los 84 días después de anthesis, clon EETP 800.	29
Tabla 10. Conductividad eléctrica del suelo después de la aplicación de los tratamientos.	32
Tabla 11. Correlaciones de variables fisiológicas y productivas evaluadas en el clon CCN 51 y EETP 800.	33

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Evidencias fotográficas.....	56
Anexo 2. Resultados del ANOVA de las diferentes variables.	58
Anexo 3. Análisis de suelo en el cultivo de cacao al inicio del ensayo	61
Anexo 4. Certificación de traducción del Abstract.....	63

Evaluación de tres niveles de sombra sobre parámetros fisiológicos y productivos en cacao, clon CCN 51 y EETP 800 en Zamora Chinchipe

2. RESUMEN

A nivel mundial existe una creciente demanda de cacao (*Theobroma cacao* L.) sin embargo, en Ecuador se registran bajos rendimientos, asociados principalmente al desconocimiento de la influencia de la sombra en el cultivo, especialmente en las condiciones climáticas de la provincia de Zamora de la Amazonia Ecuatoriana, donde la información es escasa. El objetivo de la presente investigación consistió en evaluar el efecto de tres niveles de sombra sobre parámetros fisiológicos y productivos en cacao, clon CCN 51 y EETP 800. El ensayo se llevó a cabo en la quinta Experimental “El Padmi” (820 msnm), en Zamora Chinchipe, en plantas de dos años de edad. El diseño experimental fue completamente al azar (DCA) con arreglo bifactorial. Se midieron variables morfofisiológicas como diámetro de la copa, área de la sección transversal del tronco (ASTT), índice de área foliar (IAF), contenido de clorofila y densidad estomática. Para variables productivas se determinó el tiempo de entrada de producción, fenología del cultivo, evolución de la longitud del fruto, tasa de crecimiento absoluto (TCA) y tasa de crecimiento relativo (TCR) del fruto y peso de la mazorca. Además, se evaluó el pH y conductividad eléctrica (CE) en el suelo. No se encontró interacción entre el factor clon y sombra en las variables morfofisiológicas, excepto en IAF; al analizar de manera independiente se encontró diferencias significativas en el factor clon, donde el EETP 800 presentó mayor ASTT, así mismo mayor diámetro de copa con un promedio de 443.23 cm² en comparación al clon CCN 51 con 132.31 cm², esto puede estar ligado al tamaño de las plantas de los diferentes genotipos. En IAF hay interacción, donde el T6 es más grande que el T1, esto puede ser dependiendo del genotipo y el porcentaje de sombra, ya que a menor exposición lumínica mayor índice de área foliar. El mayor contenido de clorofila y densidad estomática se encontró en el clon EETP 800, mientras, que en el factor sombra para la concentración de clorofila no se encontró diferencias significativas ($p > 0.05$), pero, en la densidad estomática se halló diferencias en plantas sometidas al 35 % de sombra, debido a que las plantas necesitan aclareos para evitar autosombreamiento e incidencia de plagas y enfermedades. En las variables productivas independientemente del sombreado, la entrada de producción para el CCN 51 fue de 24 meses; la fenología del fruto del clon CCN 51 llegó al estadio 77 y el EETP 800 al estadio 79. En general no se evidenció diferencias estadísticas significativas en el factor sombra para las variables productivas.

Palabras claves: *Theobroma cacao* L., sombra, fisiología, productividad.

2.1. ABSTRACT

Worldwide demand for organic cocoa (*Theobroma cacao* L.) is growing in high quality. However, Ecuador presents low yields associated with the lack of knowledge of the influence of shade on the crop, mainly in the climatic conditions of the Zamora province of the Ecuadorian Amazon, where information about this topic is scarce. Therefore, the objective of this research was to evaluate the effect of three levels of shade on physiological and productive parameters in cocoa, clone CCN 51 and EETP 800. The test was carried out in two-year-old plants, in the fifth Experimental "El Padmi" (820 masl), in Zamora Chinchipe. The experimental design was randomized (CRD) with a bifactorial arrangement. Morphological variables such as crown diameter, trunk cross-sectional area (ASTT), leaf area index (LAI), chlorophyll content and stomatal density were measured. For productive variables, the production entry time, crop phenology, evolution of fruit length, absolute growth rate (ACT) and relative growth rate (RGR) of the fruit and ear weight were determined. In addition, the pH and electrical conductivity (EC) in the soil were evaluated. No interaction was found between the clone and shade factor in the morphological variables, except in IAF; when analyzed independently, significant differences were found in the clone factor, in this case EETP 800 presented greater ASTT, as well as greater crown diameter with an average of 443.23 cm² compared to clone CCN 51 with 132.31 cm²; this factor may be linked to the size of the plants of the different genotypes. In IAF there is interaction, T6 is larger than T1, this would depend on the genotype and the percentage of shade, since the lower the light exposure the higher the leaf area index. The highest content of chlorophyll and stomatal density was found in clone EETP 800, but no significant differences were found in the shade factor for chlorophyll concentration ($p > 0.05$), but differences were found in stomatal density in plants subjected to 35% shade, because the plants need thinning to avoid self-shading and incidence of pests and diseases. Regardless of shading, the production input for CCN 51 was 24 months; the phenology of the fruit of clone CCN 51 reached stage 77 and EETP 800 reached stage 79. In general, there were no significant statistical differences in the shade factor for the production variables.

Key words: *Theobroma cacao* L., shade, physiology, productivity.

3. INTRODUCCIÓN

La producción actual a nivel mundial de cacao es de 5 252 377 t con rendimientos promedio de 470 kg ha⁻¹, donde África es el principal productor de cacao y aporta con el 67.1 % de la producción mundial, mientras tanto América contribuye con un 17.0 % de la producción mundial (FAOSTAT, 2020).

El cacao (*Theobroma cacao* L.) es un cultivo perenne de gran importancia socioeconómica en Ecuador, que proporciona fuentes de ingresos a 100 000 familias; principalmente en las provincias de Manabí, Los Ríos, Guayas y El Oro que ha permitido generar múltiples beneficios, además, el país ocupa el tercer lugar en exportaciones mundiales con un total de 315 toneladas métricas, contribuyendo con un 6 % a la producción mundial de granos de cacao (Pabón *et al.*, 2016; Cuenca *et al.*, 2019).

Ecuador es el primer productor mundial de cacao (*Theobroma cacao* L.) de alta calidad, conocido como “Sabor Arriba” en los mercados internacionales, es uno de los principales cultivos de interés comercial en la región Según el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC, 2020); el sector cacaotero contribuye con el 5 % de la población económicamente activa nacional (PEA) y el 15 % de la PEA rural, formando una base esencial de la economía familiar (ANECACA0, 2019).

En la provincia de Zamora Chinchipe, la superficie cultivada de cacao es de 848.8 ha, su manejo y actividades agrícolas es orgánico; se encuentra distribuida en tres sistemas de siembra: el 62.42 % está bajo sistema de siembra asociado principalmente con plátano, el 21.42 % están en asocio con maíz tusilla y frejol, el 16.32 % se establece bajo un sistema agroforestal principalmente (guabos, porotillos y laurel) (PDOT, 2019). El rendimiento del clon CCN 51 es de 1,55 t/ha y de EETP 800 es de 2 t de cacao seco/ha (INIAP, 2018). En la Provincia de Zamora Chinchipe la productividad del clon CCN 51 en el 2019 fue de 0.66 t de almendra seca/ha, muy por debajo de su potencial y de la producción de cacao a nivel nacional (INIAP, 2019).

Las variedades que están trabajando los agricultores es “cacao fino y de aroma” (INIAP, 2019), su producción es limitada y no satisface la demanda local, por lo que se requiere implementar actividades agronómicas que mejoren el rendimiento. El cultivo de cacao es una especie umbrófila a la sombra, es decir “El cacao es un árbol tolerante a la sombra, pero no es específicamente un árbol de sombra”; las plantas de cacao se saturan a densidades de flujo fotónico comprendidas entre 400 a 600 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$, intensidades lumínicas que constituyen

entre 25 y 30 % de la radiación máxima en un día despejado. La misma que permite mantener las plantas de cacao bajo sombra parcial, tanto en la etapa de crecimiento como de producción (Tinoco y Vargas, 2018). La sombra por lo general es variable en cada localidad (Banguero *et al.*, 2015).

En base a lo anterior, el bajo rendimiento a nivel nacional es un problema evidente y de gran magnitud. Otro factor que limitan la producción de cacao es el inadecuado manejo del cultivo debido al desconocimiento de criterios técnicos sobre el efecto que causaría el uso de la sombra sobre el crecimiento vegetativo, rendimiento y calidad de los frutos, siendo este último una de las interrogantes más frecuentes. También es posible que, por las características meteorológicas en ciertos lugares del sur del Ecuador, las condiciones de radiación sean apropiadas, y no sea necesario usar sombra, además, no existen estudios que indiquen cuánta radiación fotosintéticamente activa está presente en esta localidad.

El presente estudio busca generar información acerca del uso de sombra en el cultivo de cacao en etapa de crecimiento y producción, lo que podría ayudar a mejorar los conocimientos e implementar un buen potencial uso agronómico, enfocado a incrementar la productividad de este cultivo. Todo ello tendrá un impacto social y económico en los productores de Zamora Chinchipe y en zonas con condiciones edafoclimáticas similares, para lo cual se propusieron los siguientes objetivos:

Objetivo general.

Evaluar el efecto de tres niveles de sombra sobre parámetros fisiológicos y productivos de cacao (*Theobroma cacao* L.), clon CCN 51 y EETP 800 en la provincia de Zamora Chinchipe.

Objetivos específicos

- Determinar la influencia de los diferentes niveles de sombra sobre parámetros fisiológicos en el cultivo de cacao, clon CCN 51 y EETP 800.
- Identificar el efecto de los diferentes niveles de sombra sobre parámetros productivos en el cultivo de cacao, clon CCN 51 y EETP 800.

4. MARCO TEÓRICO

1.3.Generalidades del cultivo de cacao

El cacao es un cultivo tropical que se desarrolla en regiones cálidas y húmedas de Ecuador. (*Theobroma cacao* L.), es un cultivo perenne y pertenece a la familia de las *Malvaceae*, subfamilia Sterculioideae. Se trata de un cultivo que se está extendiendo ampliamente en África, Asia, Oceanía y América en plantaciones destinadas a la producción de almendras que son utilizadas en la elaboración de chocolates, grasas para industrias alimentarias o cosmetológicas (Arvelo *et al.*, 2017). Hoy en día existe una gran demanda a nivel mundial (Estrada *et al.*, 2011).

1.4.Origen

El cacao es originario probablemente de la región amazónica, ubicada en la cuenca alta del río Amazonas que comprende países como Colombia, Ecuador, Perú, Bolivia y Brasil, en estas regiones se presenta la diversidad de la especie (Valenzuela *et al.*, 2012).

1.5.Taxonomía

Avendaño *et al.*, (2011) detalla la siguiente clasificación taxonómica:

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliópsida

Orden: Malvales

Familia: Malvaceae

Género: *Theobroma*

Nombre científico: *Theobroma cacao* L.

1.6.Morfología del cacao

1.1.1. Morfología

1.1.1.1. Árbol.

Es un árbol pequeño, perennifolio, con una altura de 4 a 7 m cuando es cultivado. El cacao silvestre puede crecer hasta 20 m o más. Es hermafrodita, angiosperma y dicotiledónea. Su tamaño depende de las condiciones edafoclimáticas en las que se desarrolla (Lopez, 2011).

1.1.1.2. Raíz.

La raíz principal es pivotante y puede alcanzar de 1.5 - 2 m de profundidad. Las raíces laterales se encuentran en los primeros 30 cm del suelo alrededor del árbol pudiendo alcanzar de 5 - 6 m de longitud horizontal (Enríquez, 2010).

1.1.1.3. Tallo.

El tallo de cacao en etapa de crecimiento es ortotrópico (vertical), que perdura entre 12 a 15 meses. Este tipo del crecimiento interrumpe la aparición de 4 - 5 ramitas secundarias denominada "horqueta", que crecen de forma plagiotrópica (horizontal). Debajo de la horqueta aparecen brotes ortotrópicos (verticales), denominados "chupones" dando lugar a nuevas horquetas, la misma que se puede repetir por 3 a 4 veces consecutivas (Dosert, 2012).

1.1.1.4. Hojas.

Las hojas de cultivo de cacao son coriáceas simples, enteras, grandes, alternas, colgantes y elípticas, de 20 a 35 cm de largo por 4 a 15 cm de ancho; posee un margen liso, color verde oscuro en el haz y verde claro en el envés que cuelgan de un pecíolo. El color de sus retoños puede ser rojizo-violeta o verde claro, dependiendo de la variedad (INTA, 2010).

1.1.1.5. Inflorescencia.

Las inflorescencias del cacao se localizan en el tallo y en las ramas principales (cauliflor), las misma que después de producir flores durante varios años se convierten en tubérculos engrosados denominados "cojinetes florales" (Gonzales, 2012).

1.1.1.6. Flor.

La flor del cacao es hermafrodita; es decir, cuenta con ambos sexos, son de color rosa, púrpura y blanca pequeñas, en forma de estrella, su polinización es estrictamente entomófila, la flor inicia su proceso de apertura del botón floral en horas de la tarde y en horas de la mañana la flor ya está abierta en su totalidad (Estrada *et al.*, 2011).

1.1.1.7. Fruto.

Los frutos de cacao son bayas que oscilan de 10 - 42 cm, de forma variable (oblonga, elíptica, ovada, esférica y oblata); con una superficie lisa o rugosa, de color rojo o verde (estado

inmaduro), según los genotipos. El ápice tiene varias formas como 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 las mismas que están separados por un mesocarpio fino y leñoso (Pinto, 2012).

1.1.1.8. Semillas.

El tamaño de las almendras de cacao varía entre 1.2 - 3 cm, cubiertas con un mucílago de color blanco cremoso, posee distintos sabores, aromas, grados de acidez, dulzura y astringencia. Al interior de los cotiledones, cada semilla puede ser de color morado, violeta, rosado o blanco, según el genotipo (Enriquez, 2010).

1.7.Cultivares de cacao

Existen tres tipologías de cultivares a partir de los cuales se desprenden las variedades, híbridos y clones, tales como criollos, forasteros y trinitarios (Arvelo *et al.*, 2017).

1.7.1. Criollos

Originario del norte de Sudamérica y Centroamérica, caracterizado por poseer un sabor suave y aromático, se encuentran principalmente en Venezuela, América Central, Papua Nueva Guinea, Las Antillas del Caribe, Sri Lanka, Timor Oriental y Java. Debido a su alta susceptibilidad a enfermedades y a su baja productividad han venido reduciendo su presencia como cultivo y en el mercado. Se caracterizan por poseer frutos alargados de punta pronunciada, doblada y aguda; frutos generalmente rugosa, delgada, de color verde con manchas en forma de salpicaduras que van desde los colores rojo a púrpura oscuro; sus granos son grandes, gruesos, casi redondos, de cotiledones blancos o poco pigmentados, con bajo contenido de taninos; ricos en aromas y sabores. De estos cacaos se obtiene chocolate de gran calidad (Ramos *et al.*, 2020).

1.7.2. Trinitarios

Originario de la cuenca amazónica y se produce en cuatro continentes (África, Asia, América y Oceanía). Se caracteriza por su fruto ovaladas y cortos, de color que varía entre verde y amarillo, de superficie lisa, corteza gruesa y lignificada en su interior; tiene granos pequeños y aplanados, colores que van desde purpura oscuro intenso hasta violeta pálido, dependiendo del contenido de sus taninos. El cacao trinitario posee una gran biodiversidad de la especie en

la población silvestre; sin embargo, se ha determinado que la base genética de la población cultivada es reducida, es decir; tiene un alto porcentaje del subtipo forastero amelonado (Quevedo *et al.*, 2020).

1.8. Clones ecuatorianos recientemente liberados

El Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) del Ecuador, como resultado de nuevas estrategias de mejoramiento genético viene realizando investigaciones para crear nuevas variedades, híbridos y clones (Loor-Solórzano *et al.*, 2019) resultado de ello se liberaron los clones EETP 800 y EETP 801, que se los considera como cacao fino de aroma de alto rendimiento (INIAP, 2016). En Ecuador existen dos clones reconocidos en el mundo por sus altos índices de calidad denominados “Nacional Fino de Aroma y CCN 51”.

1.8.1. Clon Estación Experimental Tropical Pichilingue (EETP 800)

El clon de cacao EETP 800 (Estación Experimental Tropical Pichilingue) fue desarrollado por INIAP de Quevedo en Ecuador, como resultado de un cruce (CCN 51 × EET 233), fue liberada el 27 de octubre del año 2016, cuya demanda es principalmente para la elaboración de chocolate a nivel nacional e internacional, adaptado a las zonas agroecológicas del Ecuador y posee un rendimiento de más de 2 t/ha (FAO, 2016).

Este clon se caracteriza por ser cacao tipo Nacional fino y de aroma cuyo fin es aportar al crecimiento de la productividad y la oferta exportable de cacaos finos, contribuyendo a la valorización de la cadena productiva y aumentando las divisas que ingresan al país. Las principales características de este clon son: crecimiento semi-erecto, floración en el primer y tercer trimestre del año, mazorca inmadura color verde y amarilla en su madurez fisiológica, además, tiene un alto grado de auto compatibilidad y producción precoz (14 meses), según INEC le ubica en la categoría Arriba Superior Summer Selecta (ASSS) se (Loor-Solórzano *et al.*, 2019).

1.8.2. Clon Colección Castro Naranjal “CCN 51”

El clon CCN 51 es de origen ecuatoriano, desarrollado por el ingeniero agrónomo Homero Castro Zurita, como resultado del híbrido entre los clones ICS 95 x IMC 67 (*Imperial College Selection e Iquitos Mixed Cabacillo*), fue declarado el 22 de junio del 2005 mediante acuerdo ministerial, se caracteriza por ser un clon tolerante a las enfermedades, de alta productividad y calidad. Con esta declaratoria, el Ministerio de Agricultura brindar apoyo para fomentar la

producción, comercialización y exportación de este clon (ANECACAO, 2015).

Una de las características más importantes del clon CCN 51 es su notable productividad, alta heterocigidad al 80 % (Boza *et al.*, 2014); sin embargo, actualmente se considera como un cacao tipo “a granel” que carece del valioso perfil de sabor fino de los tipos Nacional, el cultivar CCN 51 se distingue por sus frutos de forma oblonga, semillas moradas (longitud promedio de 25 mm y un diámetro de 14 mm), ápice obtuso, rojos cuando están inmaduros y anaranjados cuando alcanzan la madurez, además se reconoce por tener granos más pesados con fuerte acidez, amargor y astringencia con la presencia adicional de sabores verdes indeseables en comparación a otros clones con descendencia criollas (Jaimez *et al.*, 2022).

1.9. Condiciones edafoclimáticas

El crecimiento, desarrollo, producción y rendimiento del cultivo están estrechamente relacionados con las condiciones medioambientales de la zona donde se cultiva (Arvelo *et al.*, 2017).

1.9.1. Suelos

El cultivo de cacao requiere de suelos muy ricos en materia orgánica, profundos, francos arcillosos, con buen drenaje y topografía regular. Un suelo se considera adecuado para el cultivo cuando tiene una buena capacidad de retención de humedad, buena aireación, buen drenaje, con una capa radical de 1 m de profundidad en donde las raíces se puedan desarrollar con toda normalidad, y un pH entre 5.5 y 6.5 (Batista, 2009).

El pH en el suelo tiene influencia en la disponibilidad y absorción de nutrientes, ya que muchos nutrientes se vuelven menos disponibles con acidez creciente mientras que otros se vuelven más disponibles, lo que puede conducir a toxicidad de estos nutrientes. El rango óptimo de pH para el cultivo de cacao es de 6.0 a 7.5 (Quiroz y Mestanza, 2012). Sin embargo, el cacao es muy sensible a la acidez, un problema asociado con la acidez del suelo es la toxicidad del aluminio (Al), un factor limitante en la producción. La acidez del suelo limita la disponibilidad, absorción y concentración de nutrientes y por ende el rendimiento del cultivo (Rosas-Patiño *et al.*, 2021). El cacao es un cultivo sensible al aluminio la misma que se da por el impacto combinado de deficiencias de calcio y magnesio, debido a la excesiva fijación de hierro y Al. Estos efectos combinados pueden provocar un retraso en el crecimiento del cacao (Briones *et al.*, 2021; Carreño y Chaparro-Giraldo, 2013).

El factor limitante del crecimiento y desarrollo del cacao en el suelo es la delgada capa húmica. La misma que se degrada fácilmente cuando la superficie del suelo queda expuesta al sol, al viento y la lluvia directa. Por ello es común la combinación con SAF (empleo de plantas leguminosas) que proporcionen la sombra necesaria y sean una fuente constante de sustancias nitrogenadas para el cultivo (Quiroz y Mestanza, 2012).

Si la plantación cacaotera está ubicada en área de montaña la recomendación es que la pendiente no sea mayor a 15 %, ya que pendientes superiores favorecen la erosión del suelo y dificultan la realización de las diferentes labores, lo cual resulta mayores costos de producción. Además, se debe tener en cuenta la intensidad de los vientos y la inclinación del terreno ya que puede provocar daños mecánicos y fisiológicos en las hojas, frutos y la arquitectura general de las plantas (Batista, 2009).

La conductividad eléctrica (CE), mide la concentración de sales solubles presentes en el suelo, pues a mayor CE, mayor es la concentración de sales, mientras que en suelos con CE menores a 1 dS m^{-1} son suelos libres de sales y por tanto no existe restricción para ningún cultivo. El cultivo de cacao es sensible a la presencia de sales en el suelo (Toledo *et al.*, 2017).

La ventaja de la capacidad de intercambio catiónico (CIC) alta, las tierras pueden retener los elementos fertilizantes y devolverlos posteriormente a la planta, además, puede regular o resistir un cambio en el pH. Generalmente, los suelos con alta CIC, son aquellos que tienen altos contenidos de arcilla y/o materia orgánica (Meneses y Soto, 2019).

1.9.2. Clima

Los factores climáticos de mayor consideración son la temperatura, la precipitación y la humedad relativa, en tal sentido, el cacao se cultiva en temperatura promedio anual entre 24.5 y 25.6 °C, precipitación promedio anual de 1 200 mm y humedad relativa de 80 %. El cacao no soporta temperaturas bajas tampoco temperaturas muy altas por que pueden provocar alteraciones fisiológicas en el árbol, debido a que es un cultivo umbrófila (Rojas y Sánchez, 2013). Por otra parte, Sullca (2013) indica que las precipitaciones anuales superiores a 2 500 mm aumentan la incidencia de enfermedades fúngicas. El cacao se cultiva en zonas con presencia de agua durante el año, ya que el cacao es muy sensible a la falta de humedad en el suelo.

El cultivo de cacao se adapta a zonas tropicales, comprendida entre los 20° latitud Norte y 20°

latitud Sur. En áreas cercanas al Ecuador las plantaciones se desarrollan y producen normalmente hasta altitudes que llegan a 1 400 msnm. En cambio, en Centro América por estar a mayor latitud (lejos de la línea ecuatorial), la altura propicia para el desarrollo del cacao es de 900 msnm, por encima de este límite afecta su capacidad productiva y adaptación, lo que se ve reflejado en reducción del rendimiento. La zona de vida para el óptimo crecimiento y desarrollo del cultivo son bh-T (bosque húmedo tropical) o bh-ST (bosque húmedo subtropical) (Infocacao, 2015).

1.10. Fisiología del cacao

La fisiología es un tema extenso, la misma que habla acerca de los procesos que se producen en la planta como: fotosíntesis, ciclo y translocación de nutrientes, efecto de la radiación, déficit hídrico en la planta. El cacao exhibe variabilidad genética en rasgos morfológicos y fisiológicos (Almeida y Valle, 2007).

1.10.1. Luminosidad

La intensidad de la luz es un factor importante en el cultivo del cacao porque influye en la fotosíntesis (Paredes, 2003). Para ello se recomienda la siembra de otras plantas para proporcionar sombra ya que las plantas de cacao son muy susceptibles a la acción directa de los rayos solares. La luminosidad es variable dependiendo del ciclo productivo, para el cultivo en formación necesita entre 40 % a 50 % y para plantación adulta entre 60 % a 75 % (Lopez, 2011).

1.10.2. Radiación y sombra

En el cultivo de cacao es necesario considerar el efecto de la Radiación Fotosintéticamente Activa (PAR) (*Photosynthetically Active Radiation*). Se denomina PAR a la cantidad de radiación integrada del rango de longitudes de onda que son capaces de producir actividad fotosintética en las plantas. Este rango está comprendido entre los 400 y los 700 nanómetros y puede ser medido en densidad de flujo de fotones, la misma que se encuentra en la zona visible del espectro, esta radiación es absorbida por las plantas, almacenada y transformada a través de sus sistemas fotosintéticos (Escobedo *et al.*, 2018).

Las plantas de cacao se saturan a densidades de flujo fotónico comprendidas entre 400 a 600 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, intensidades que constituyen entre 25 y 30 % de la radiación máxima en un día despejado, donde las tasas máximas de asimilación de CO_2 no sobrepasan los 6 a 7 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$

¹. La misma que comprueba la necesidad de mantener las plantas de cacao bajo sombra parcial, tanto en etapa de crecimiento y producción (Álvarez-Carrillo *et al.*, 2015). Por otro lado, Almeida y Valle (2007) afirman que los aspectos más importantes en los parámetros del rendimiento están relacionados con: la interceptación de luz, fotosíntesis, capacidad de distribución de la fotosíntesis, respiración de mantenimiento, morfología del fruto y la fermentación de la semilla, rasgos que pueden ser modificados por factores abióticos. El cacao es considerada una especie tolerante a la sombra, que conduce a tasas relativamente altas de fotosíntesis, crecimiento y rendimiento de semilla debido al adecuado sombreado. Sin embargo, si hay excesiva sombra reduce el rendimiento de semillas y aumenta la incidencia de enfermedades, concluyendo que la producción de cacao y la interceptación de luz están relacionados, cuando la disponibilidad de nutrientes no es limitante.

En Ecuador, el cacao tiene la capacidad de crecer a altas DFF (densidad de flujo fotónico). 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, basándose en un manejo agrícola adecuado, trayendo beneficios a los productores (Tezara *et al.*, 2015).

La sombra en el cultivo de cacao es necesario para regular la luminosidad, temperatura, viento excesivo y evitar deficiencias de humedad en épocas de sequía. Sin embargo, necesita del manejo adecuado, porque, en condiciones de mucha sombra, el cacao apenas sobrevive, y en condiciones de poca sombra, se envejece rápidamente y se vuelve poco productivo (Castillo *et al.*, 2021). La sombra modifica el régimen de entrada y salida de luz, temperatura, humedad y movimiento del aire dentro de la plantación, que afectan directamente a la fotosíntesis, crecimiento y producción de cacao (Álvarez *et al.*, 2012), dando como consecuencia la incidencia de *Monalonion dissimulatum* D. (chinche de cacao) y *Phytophthora palmivora* B. (mazorca negra), disminuyendo la tasa de metabolismo, floración y productividad mismas que fueron reportados por (Gutiérrez *et al.*, 2015).

Por otro lado, Ordoñez-Espinosa *et al.* (2021) encuentra que las sombras en cacao mejoran las condiciones micro climáticas, favorecen el balance hídrico del cultivo y reducen el estrés hídrico para que no se limite el flujo de savia, la fotosíntesis y por ende el rendimiento del cultivo, también menciona que los SAF en una estrategia adecuada de adaptación al cambio climático por mantener y enriquecer la biodiversidad que están asociada con plantaciones de cacao. Según Briones *et al.* (2021) la producción y rendimiento del cacao dependen del suelo y

de ciertos factores del medio ambiente como son luminosidad, temperatura y humedad.

En este aspecto un estudio realizado por Sánchez *et al.* (2018) la sombra con SAF en cacao permitió incrementar la biodiversidad, captura de carbono y acrecentó la productividad del cultivo del cacao, en cambio López *et al.* (2016) encontró, incrementos en la productividad en cultivos de cacao a pleno sol. Tales contradicciones surgen debido a que las investigaciones se han llevado a cabo en áreas restringidas de determinados entornos y regiones, por tanto, las conclusiones extraídas de estos estudios pueden ser válidas solo para las circunstancias en las que se han llevado a cabo dichos estudios (Pocomucha *et al.*, 2016). La gran mayoría de estudios utilizan sombra a través de sistemas agroforestales, lo cual ha mostrado resultados poco claros debido a la interacción de distintos factores como el tipo de sistema agroforestal, la edad de las plantas, el tipo de suelo, entre otros, lo que dificulta la comprensión del efecto de la sombra (Hernández *et al.*, 2015).

1.11. Fenología del crecimiento reproductivo del cacao.

Según Bridgemohan *et al.* (2016) las etapas fenológicas y claves de identificación de la escala BBCH modificadas del crecimiento reproductivo de cacao (*Teobroma cacao* L.) se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Principales estadios de crecimiento reproductivo 5-8 de cacao var. TSH, según escala BBCH modificada (Bridgemohan *et al.*, 2016).

Etapas de crecimiento	FBV (D)	Código	Descripción
Etapa 5: inflorescencia	0-30	52	Yemas florales expandidos, emergencia del primordio sepal (yema <1 mm de largo).
		55	Yemas florales expandidas, sépalos encierran la yema (yema 1-2 mm de largo).
		56	Yemas florales expandidas, emergencia del pedúnculo (yema 2-3 mm de largo).
		58	Yema floral expandida, yema que cambia de verde a blanco (yema 2-4 mm de largo)
		59	Crecimiento completo de las yemas florales (yemas de 6 mm de largo y 3 mm de largo; pedículo 14 mm, yemas cerradas.
Etapa 6: floración	30-31	61	Inicio de la floración.
		62	10 % de flores abiertas.
		65	50 % de flores abiertas.
		69	90 % de flores abiertas.

Etapa 7: desarrollo del fruto	32-75	71	Comienza a crecer el fruto; celularización del endospermo; desarrollo de óvulo y pericarpio; comienzo de la fase de marchitez de la querella; los frutos han alcanzado el 10 % del tamaño final (cigoto latente).
		72	División del cigoto y desarrollo preliminar del embrión; los frutos se hinchan; los frutos han alcanzado el 20 % del tamaño final.
		75	Fin de la fase de marchitez del fruto; diámetro/longitud 0.35; frutos del 50 % del tamaño final.
		76	Comienzo de la fase de no marchitamiento; óvulo lleno de gelatina como endospermo; las frutas han alcanzado el 60 % del tamaño final.
		77	Grasa, proteínas de almacenamiento y antocianinas acumuladas en los cotiledones; el endospermo es gradualmente reabsorbido por el embrión; los frutos han alcanzado el 70 % del tamaño final.
		79	Embriones completamente desarrollados, con restos de endospermo alrededor de los cotiledones carnosos; aumento en los externos.
Etapa 8: maduración del fruto y semilla	75-225	81	Cambio de color de la fruta de verde a amarillo o naranja.
		85	Aumento de la intensidad del color de la fruta.
		89	La fruta está completamente madura, adherida al tallo principal o las ramas y se puede cosecharse con un cuchillo o machete.

5. METODOLOGÍA

3.1. Ubicación del área de estudio

La presente investigación se realizó en la Estación Experimental “El Padmi” de la Universidad Nacional de Loja, ubicada en la parroquia “Los Encuentros” perteneciente al cantón Yantzaza, provincia de la Zamora Chinchipe, cuyas coordenadas geográficas son 3° 43' 0" Latitud Sur y 78° 37' 59" Longitud Oeste. La estación posee una extensión de 102.95 ha y está ubicada a una altitud entre 775 y 1 150 msnm (Figura 1). De acuerdo con Köppen y Geirger el clima varía entre tropical subhúmedo y tropical húmedo; es cálido y lluvioso con una temperatura media anual de 22.8 °C y una precipitación de 1 950 mm, repartidas de forma homogénea durante todo el año (Climate-data.org, 2021). La zona de vida corresponde a bosque muy húmedo premontano (bh-PM) y bosque húmedo tropical (bh-T) (Palacios *et al.*, 2015).

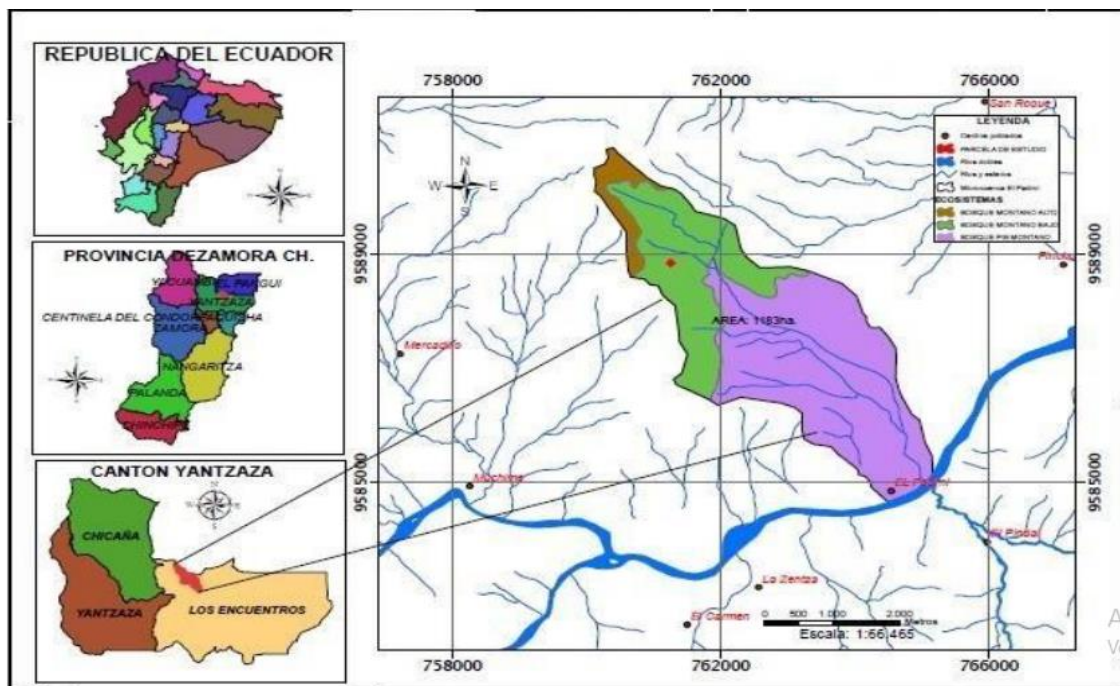


Figura 1. Ubicación del lugar de estudio (Estación Experimental "El Padmi").

3.2. Establecimiento y manejo del ensayo

El presente trabajo se ejecutó en dos etapas: fase de campo y de laboratorio. La fase de campo se llevó a cabo en un cultivo de 2 años, con la aplicación de tres niveles de sombra al 0 %, 35 % y 80 %; y, dos Clones CCN 51 y EETP 800 provienen del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), durante el periodo noviembre del 2021 - febrero del 2022. Además, se realizó el análisis de suelo y corrección de suelo con ácido bórico 13 g/planta, misma que se realizó por dos ocasiones, cabe indicar que el cultivo se desarrolló

bajo condiciones potenciales en manejo de arvenses, plagas y enfermedades.

La segunda etapa se llevó a cabo en el laboratorio de Suelos y Aguas, Bromatología y Sanidad vegetal de la Universidad Nacional de Loja. En esta instancia, se midió el pH del suelo, conductividad eléctrica, concentración de clorofila, densidad estomática.

3.3.Diseño experimental

El ensayo evaluó el efecto de la disminución de la radiación solar incidente mediante sombreo, para la modificación de la radiación se colocaron cubiertas de malla sarán que interceptaba el 80 % de la radiación solar incidente, la misma que se midió a tres niveles: 0 %, 35 % y 80 % de sombra.

Se estableció el ensayo según el diseño experimental completamente al azar (DCA) con arreglo bifactorial para lo cual se usó el siguiente modelo estadístico:

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

en donde: Y_{ij} = variable respuesta; μ = media general; α_i = efecto del factor sombra; β_j = efecto del factor variedades; $(\alpha\beta)_{ij}$ = efectos de la interacción entre el factor A y el factor B; ε_{ij} = error experimental.

Además, se estableció un esquema del diseño para la implementación del ensayo en campo (figura 2), en donde:

Factor A: 3 niveles de sombra (0 %, 35 %, 80 %).

Factor B: 2 Clones de cacao (CCN 51 Y EETP 800).

Unidad experimental: 1 planta.

Numero de repetición: 4.

FACTOR A X FACTOR B = 3 (Niveles de sombra) x **2** (Clones de cacao) = **6 x 4** (Repeticiones) = **24** Unidad experimentales.

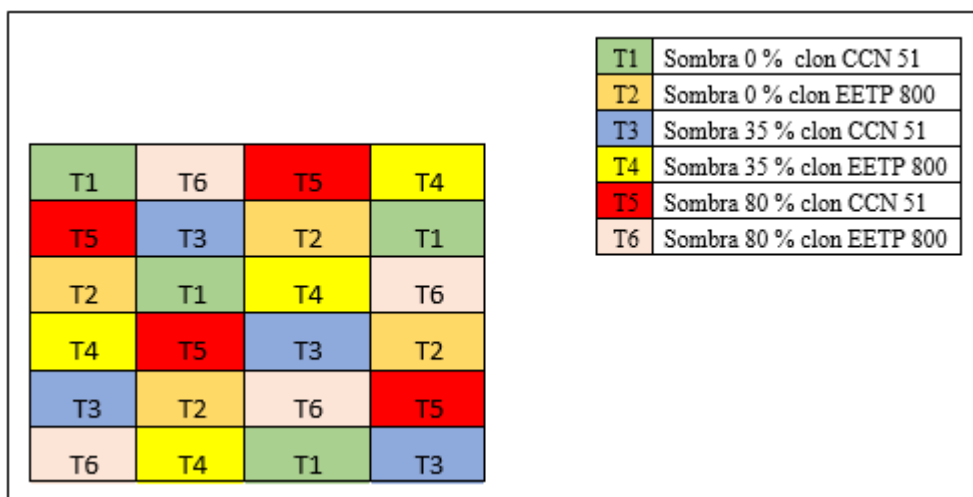


Figura 2. Esquema del diseño experimental.

3.4. Variables evaluadas

3.4.1. Área de la sección transversal del tronco (ASTT)

Se midió el diámetro del tronco a 10 cm desde el suelo con una cinta métrica. A partir de estas medidas y con la siguiente fórmula se calculó el área de la sección transversal del tronco:

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

Dónde: C=circunferencia del tronco, C= diámetro x π , el resultado se expresó en cm^2 (Romero *et al.*, 2017). Esta variable se midió al inicio y al final del ensayo.

3.4.2. Diámetro de la 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 expresado en cm , esta medición se realizó cada mes.

3.4.3. Índice de área foliar (IAF)

Se seleccionaron 20 hojas de cacao al azar y se midió el largo de la hoja con una cinta métrica graduada en centímetros, posteriormente se contabilizó el número total de hojas por planta, y con estos datos se determinó el área total de la cobertura foliar, el IAF indica la relación entre el área foliar total y la superficie del suelo que ocupa dicha área, la cual al dividir área/área es adimensional es decir no presenta unidades (Almenares *et al.*, 2015). Esta medición se realizó al final del ensayo y se calculó con la siguiente fórmula:

$$IAF = \frac{\text{Área foliar}}{\text{Superficie del suelo}}$$

3.4.4. Concentración de clorofila.

Se midió la concentración de clorofila A (Ca), clorofila B (Cb) y clorofila Total (C total), mediante el uso del protocolo de análisis de clorofila por Espectrometría (Suárez *et al.*, 2017).

Se tomaron 12 muestras de hojas totalmente funcionales (cuatro hojas por tratamiento) ubicadas en el segundo tercio de la planta, las cuales se lavaron, secaron y cortaron en secciones sin nervadura. Para la extracción de pigmentos se pesará 0.5 g de hoja, luego se introdujo la muestra en un tubo de ensayo con 6 ml de etanol al 90 % de modo que los segmentos quedo sumergidos en el solvente orgánico, posterior a ello se llevó a la incubadora por 20 minutos a baño maría a 80 °C para que los pigmentos fotosintéticos (clorofila) 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, y finalmente se sacaron los restos de las muestras de los tubos, se filtraron, centrifugaron y se llevaron al espectrómetro para realizar las lecturas.

Según Mackinney (1941) las ondas para medir la cantidad de absorbancia fueron 645 y 663 nm, así mismo se hizo el uso de las siguientes formulas:

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

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

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

En donde: Ca. Concentración de clorofila a, Cb. Concentración de clorofila b, Ctotal. Concentración de clorofila total. A645 y A 663. Longitudes de onda de luz medidas en nanometros (nm) para medir la cantidad de absorbancia.

3.4.5. Densidad estomática

Se tomaron 12 hojas, cuatro por cada tratamiento, esta variable se midió mediante la técnica de Priego *et al.* (2003), la cual consistió en usar una capa fina de esmalte para uñas de color transparente, en un área de 50 mm² en la superficie abaxial de la hoja. Después que el barniz se

seca, la capa se remueve y monta en un portaobjetos.

Se tomó dos muestras de cada hoja, en la región de la parte central entre las venas secundarias. Las muestras se observaron en el microscopio OLYMPUS CX31 con un aumento de 10X y mediante el uso del programa Micro Cam Ver 5.7 se procedió a fotografiar 6 campos por muestra, luego para el conteo de estomas se procedió a marcar en cada fotografía un área de $120\ 000\ \mu\text{m}^2$, siendo ésta el área de conteo, el dato final se expresó en número de estomas por mm^2 .

3.4.6. Entrada en producción

Se determinó una sola vez durante el ensayo y consiste en la primera fecha de producción; en la cual un determinado tratamiento produjo, lo que sirvió para encontrar posibles diferencias respecto a las variables y al sistema de manejo.

3.4.7. Fenología del cacao

Se llevó un registro de los cambios que presentó el fruto, se tomó los datos de las distintas etapas, este registro contiene las características descritas en la escala BBCH del cacao para observar la fase del desarrollo del fruto; el registro se realizó mensualmente.

3.4.8. Evolución de la longitud del fruto

Se evaluó 3 frutos por unidad experimental y se midió con cinta métrica mensualmente desde el estadio 72 (20 % del tamaño final del fruto) de la escala BBCH modificada (Bridgemohan *et al.*, 2016).

3.4.9. Tasa de crecimiento absoluto (TCA) y tasa de crecimiento relativo (TCR) del fruto

Se evaluó mensualmente desde el estadio 72 mediante las siguientes formulas:

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

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

Donde:

TCA es la tasa de crecimiento absoluto ($\text{g} * \text{día} * 1$), TCR es la tasa de crecimiento relativo del fruto ($\text{mg} * \text{g} * 1 * \text{día} * 1$), Pt1 y Pt0 son las variables del peso fresco en la fecha actual (T1) y la anterior (T0) al muestreo (Bastías *et al.*, 2014).

3.4.10. Peso de la mazorca

Se determinó midiendo el largo de los frutos para establecer una ecuación de ajuste en base a medidas de longitud. Posteriormente se estimó el peso del fruto con la ecuación obtenida sobre los frutos marcados desde el estadio 72 mensualmente. Al final del ensayo, se seleccionaron 5 mazorcas por unidad experimental para obtener el peso de los frutos, encontrándose en el estadio 79 (Embriones completamente desarrollados, con restos de endospermo alrededor de los cotiledones carnosos; aumentando en los externos).

3.4.11. pH y conductividad eléctrica (CE) del suelo

Se realizó la determinación de pH y CE del suelo cada mes y se tomó muestras aproximadamente 20 g de suelo a 15 cm de profundidad las mismas que se envió al laboratorio de Dirección de Investigación de la Universidad Nacional de Loja.

3.5. Análisis Estadístico

Los datos ingresados en el programa estadístico Infostat fueron sometidos a un análisis de varianza (ANOVA) y su respectiva verificación de supuestos. Para las variables en donde se encontró diferencias significativas se realizó pruebas de comparación múltiple de Tukey al 95% de confianza. Pruebas adicionales de Pearson también fueron utilizadas para medir el nivel de correlación entre variables.

6. RESULTADOS

3.6. Área de la sección transversal del tronco (ASTT)

En la interacción de los factores clon y sombra, evaluados del 0 a 105 días después del inicio del ensayo en los meses noviembre 2021 a febrero 2022, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas (Anexo 2. Tabla 20). Sin embargo, al analizar de manera independiente sobre la variable ASTT se encontraron diferencias significativas para los clones (Tabla 2). Donde se observa que mayor ASTT presenta el clon EETP 800 con una media de 443.23 cm², así mismo un incremento de 69.83 cm² y un TCA de 0.67 cm².día⁻¹. Mientras que para el factor independiente sombra no se encontraron diferencias estadísticamente significativas, para las variables de ASTT, incremento y TCA como lo indica la Tabla 3.

Tabla 2. Área de la sección transversal del tronco (ASTT) de los clones.

Clon	ASTT (cm ²)		Incremento ASTT (cm ²)	TCA cm ² . día ⁻¹
	0 DDT	105 DDT		
CCN 51	101.91	142.52	40,60 b	0.39 b
EETP 800	372.20	443.23	69.83 a	0.67 a

Tabla 3. Área de la sección transversal del tronco (ASTT) del factor sombra.

% Sombra	ASTT (cm ²)		Incremento ASTT (cm ²)	TCA cm ² . día ⁻¹
	0 DDT	105 DDT		
0	202.84	249.63	44.94 ns	0.43 ns
35	234.81	300.29	65.47 ns	0.66 ns
80	273.51	328.71	51.80 ns	0.49 ns

3.7. Diámetro de la copa

En la interacción de los factores clon y sombra no se encontraron diferencias estadísticamente significativas (Anexo 2. Tabla 21). Sin embargo, al analizar de manera independiente en la variable diámetro de copa se encontraron diferencias significativas para los clones (Figura 3). Donde se observa que mayor diámetro de copa a los 105 días presentó el clon EETP 800 con una media de 244.53 cm, siendo significativamente superior al clon CCN 51 con una media de 132.31 cm.

En el factor sombra se encontraron diferencias estadísticamente significativas, evaluados del 0 a 105 días después de inicio del ensayo, sin embargo, al 35 y 80 % de la intensidad de sombra no se encontraron diferencias significativas, por otro lado, la sombra con menor diámetro es el testigo con una media (125.23 cm hasta 157.46 cm) como lo indica la Figura 4.

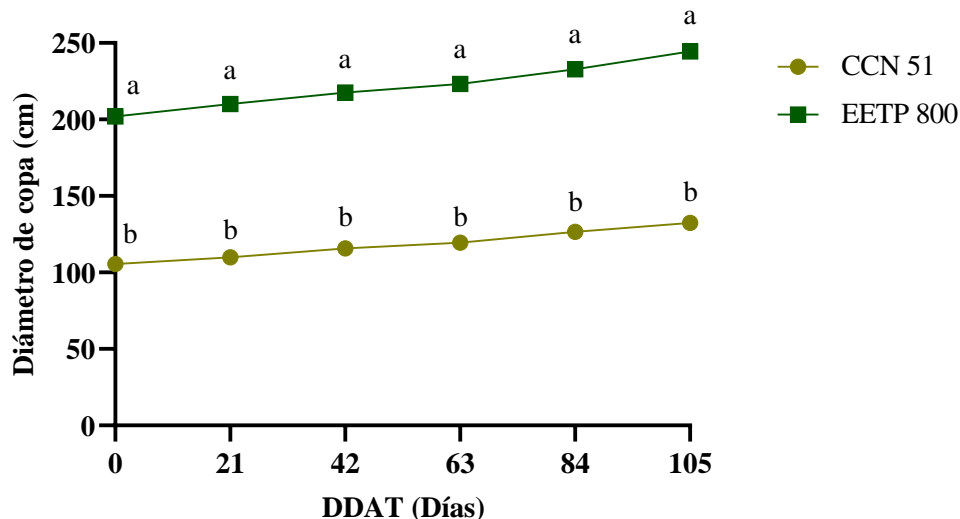


Figura 3. Evolución del diámetro de copa después de la aplicación de tratamientos (DDAT), factor clon.

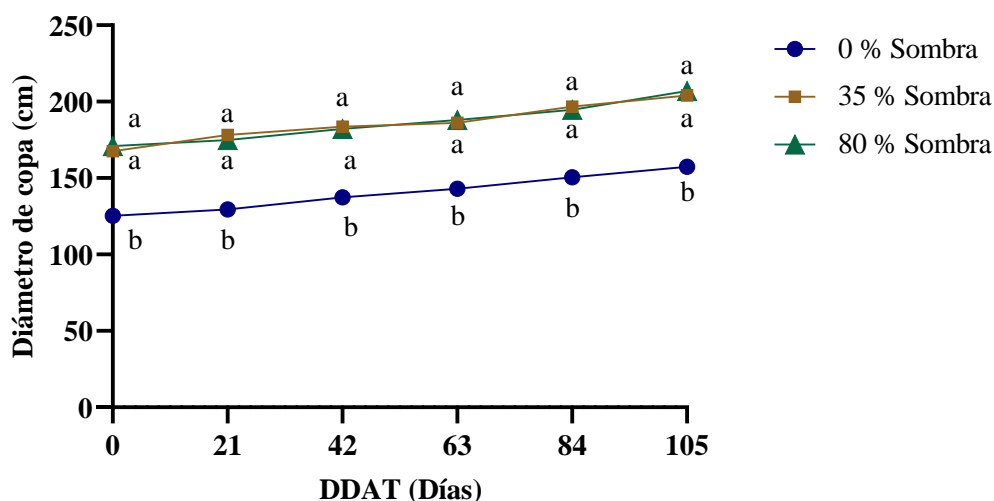


Figura 4. Evolución del diámetro de copa después de la aplicación de tratamientos (DDAT), factor sombra.

3.7.1. Incremento del diámetro de copa

En la interacción de los factores clon y sombra no se encontraron diferencias estadísticamente significativas (Anexo 2. Tabla 22). Sin embargo, al analizar de manera independiente sobre la variable del incremento del diámetro de copa se encontraron diferencias significativas para los clones (Tabla 4). Donde muestra que mayor incremento se evidenció en el clon EETP 800 con una media de 46.76 cm y menor incremento en el clon CCN 51 con una media de 26.76 cm; así mismo, mayor TCA se encontró en el clon EETP 800 (media de 0.41 cm.día⁻¹) y menor TCA

en el clon CCN 51 (media de 0.26 cm.día⁻¹). Mientras que para el factor independiente sombra no se encontraron diferencias estadísticamente significativas, para las variables del incremento del diámetro de copa y TCA como lo indica la Tabla 5.

Tabla 4. Incremento del diámetro de copa del factor clon.

Clon	Incremento del diámetro de copa (cm)	TCA cm. día ⁻¹
CCN 51	26.79 b	0.26 b
EETP 800	42.76 a	0.41 a

Tabla 5. Incremento y TCA del diámetro de copa del factor sombra.

% Sombra	Incremento del diámetro de copa (cm)	TCA cm ² . día ⁻¹
0	32.23 ns	0.31 ns
35	35.75 ns	0.34 ns
80	36.35 ns	0.35 ns

3.8. Índice de área foliar (IAF)

Se encontró diferencias estadísticamente significativas en la interacción clon y sombra para la variable del índice de área foliar (Anexo 2, Tabla 23). Donde se observa que el tratamiento T6 presentan mayor índice de área foliar con una media de 4.29 y menor índice de área foliar se muestra en el tratamiento T1 con una media de 0.38 como lo indica la Tabla 6.

Tabla 6. Índice de área foliar, a los 105 días después de la aplicación de los tratamientos.

Clon x Sombra	Tratamiento	Índice de área foliar (IAF)	
CCN 51 x 0 % de sombra	T1	0.38	d
CCN 51 x 35 % de sombra	T2	0.93	c d
CCN 51 x 80 % de sombra	T3	1.21	c
EETP 800 x 0 % de sombra	T4	2.91	b
EETP 800 x 35 % de sombra	T5	3.10	b
EETP 800 x 80 % de sombra	T6	4.29	a

4.4. Concentración de clorofila Ca, Cb y Clorofila Total

En la interacción de los factores clon y sombra no se encontraron diferencias estadísticamente significativas (Anexo 2. Tabla 24). Sin embargo, al analizar de manera independiente se encontraron diferencias significativas para los clones (Tabla 7). En la variable Ca con mayor concentración de clorofila se encontró el clon EETP 800 con una media de 53.27 ml g⁻¹ y menor concentración en el clon CCN 51 con una media de 37.49 ml g⁻¹; en la variable Cb no se encontraron diferencias significativas; y, en la variable de C total se encontraron diferencias significativas, donde, el clon EETP 800 tiene mayor concentración (media de 82.24 ml g⁻¹) y

menor concentración en clon CCN 51 (media de 61.34 ml g⁻¹). Mientras que para el factor independiente sombra no se encontraron diferencias estadísticamente significativas como lo indica la Tabla 8.

Tabla 7. Concentración de clorofila después de la aplicación de los tratamientos, factor clon.

Clon	Concentración de clorofila (ml g ⁻¹)		
	Clorofila a	Clorofila b	Clorofila total
CCN 51	37.49 b	23.87 ns	61.34 b
EETP 800	53.27 a	28.99 ns	82.24 a

Tabla 8. Concentración de clorofila después de la aplicación de los tratamientos, factor sombra.

% Sombra	Concentración de clorofila (ml g ⁻¹)		
	Clorofila a	Clorofila b	Clorofila total
0	35.91 ns	22.56 ns	58.46 ns
35	48.60 ns	25.77 ns	74.35 ns
80	51.63 ns	30.95 ns	82.56 ns

3.9.Densidad estomática

En la interacción de los factores clon y sombra no se encontraron diferencias estadísticamente significativas (Anexo 2. Tabla 25). Sin embargo, al analizar de manera independiente se encontraron diferencias significativas para los clones en la densidad estomática, donde se observa que mayor densidad se encontraron en el clon EETP 800 con una media de 987.83 estomas/mm² y menor densidad en el clon CCN 51 con 804.61 estomas/mm² (Figura 5. A). Mientras que en el índice estomático no se encontraron diferencias estadísticamente significativas como lo indica la Figura 5. B.

En el factor sombra en la variable de la densidad estomática se encontraron diferencias estadísticamente significativas, donde al 35 % de sombra se observa que hay mayor densidad estomática con una media 944.46 estomas/mm² y menor densidad al 80 % de sombra con una media de 856.99 estomas/mm² (Figura 6. A); mientras, que en el índice estomático se observa que al 0 y 35 % de sombra no hay diferencias significativas y al 80 % de sombra hay bajo índice estomático con el 23.25 % como lo indica la figura 6. B.

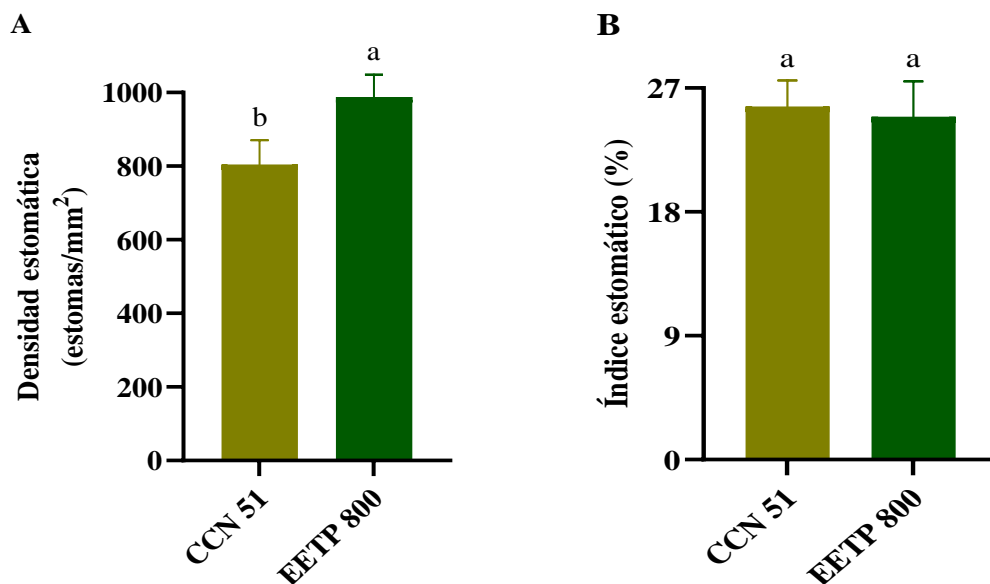


Figura 5. A. Medias de la densidad estomática (estomas/mm²) evaluadas el final del ensayo en hojas del clon CCN 51 y EETP 800; y, B. Índice estomático (%).

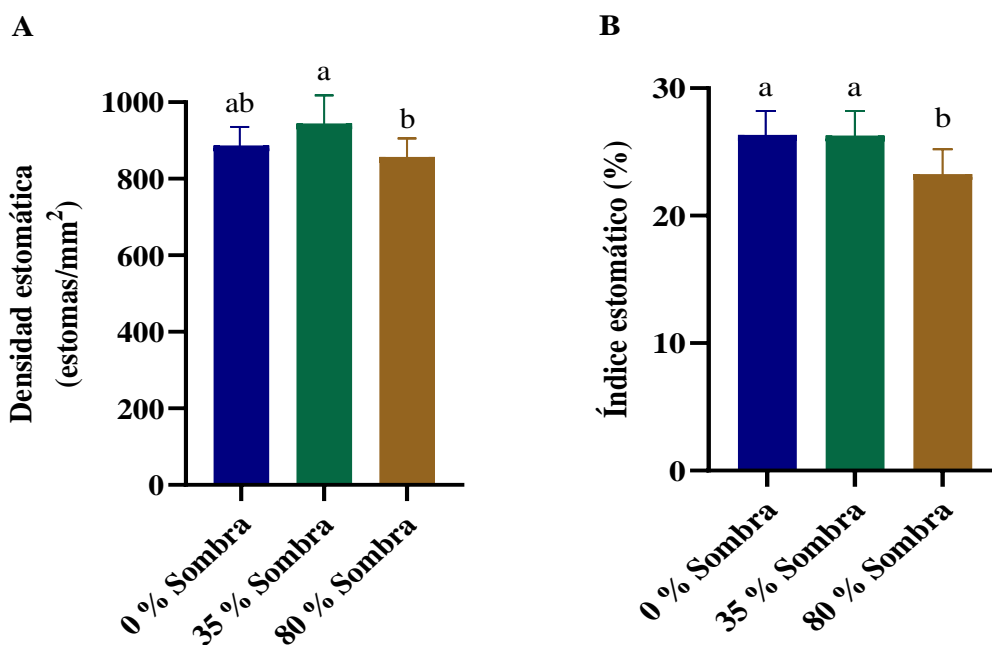


Figura 6. A. Medias de la densidad estomática (estomas/mm²) evaluadas al final del ensayo y, B. Índice estomático (%) en el factor sombra.

3.10. Entrada en producción

La siembra del cultivo de cacao en la estación experimental El Padmi se ha realizado el 17 de octubre del 2019, actualmente el cultivo tiene 2 años de edad; el clon CCN 51 inicio su producción a los 2 años después de la siembra y el EETP 800 continuo con la segunda producción en el mismo año.

3.11. Fenología del fruto de cacao

El crecimiento y desarrollo del fruto de cacao para el clon CCN 51 y EETP 800 comprende dos periodos: fase de crecimiento y fase de maduración durante la cual aumenta considerablemente la actividad metabólica.

En el clon EETP 800 se encontró que a partir de los 42 días después de antesis (dda) hasta el día 105 se presentó la etapa de mayor crecimiento caracterizada por un aumento exponencial del tamaño del fruto, presentando el 80 % del tamaño final del fruto; independientemente de la sombra todos los frutos llegaron al estadio 79 de manera similar alcanzando aproximadamente 18 cm de longitud, mismas que se evaluó durante los 105 días de haber iniciado el ensayo, como lo indica la Figura 7.

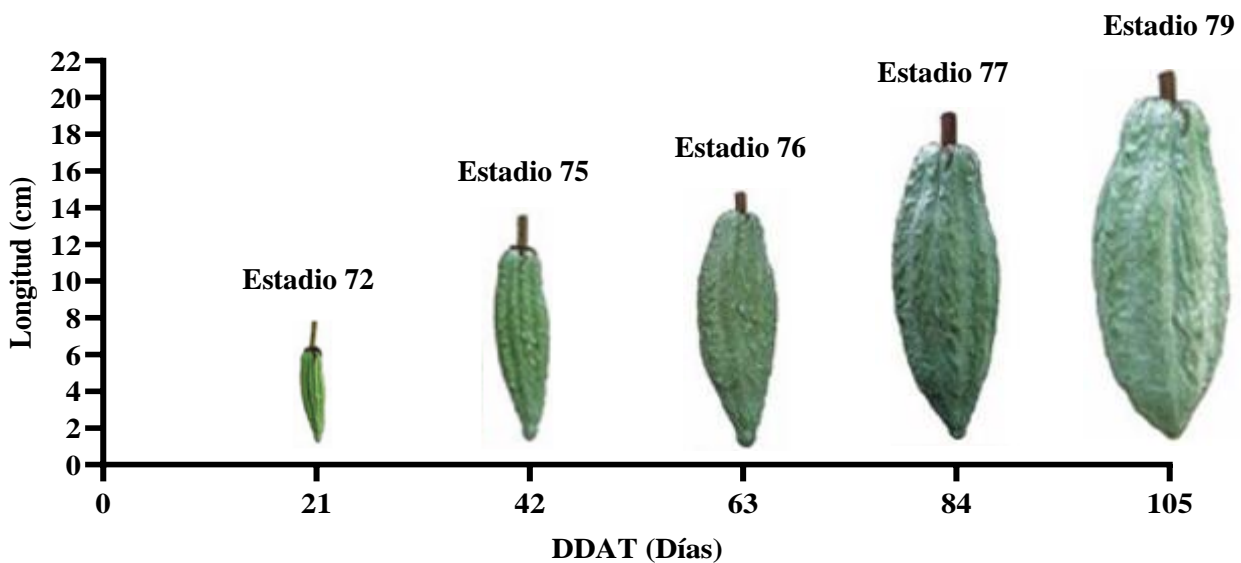


Figura 7. Desarrollo del fruto de *Theobroma cacao* L, clon EETP 800 a los 105 días desde la antesis.

En el clon CCN 51 se encontró que a partir de los 42 días después de antesis (dda) hasta el día 105 presentó un crecimiento exponencial del tamaño del fruto, llegando al estadio 77 y alcanzado el 70 % del tamaño final con aproximadamente 22 cm de largo del fruto; al analizar de manera independiente el factor sombra, apenas el 10 % de las plantas del clon CCN 51 llegaron a floración, razón por la cual no hubo suficiente muestra para realizar una comparación, pero si se realizó la descripción de la fenología que se muestra a continuación (Figura 8).

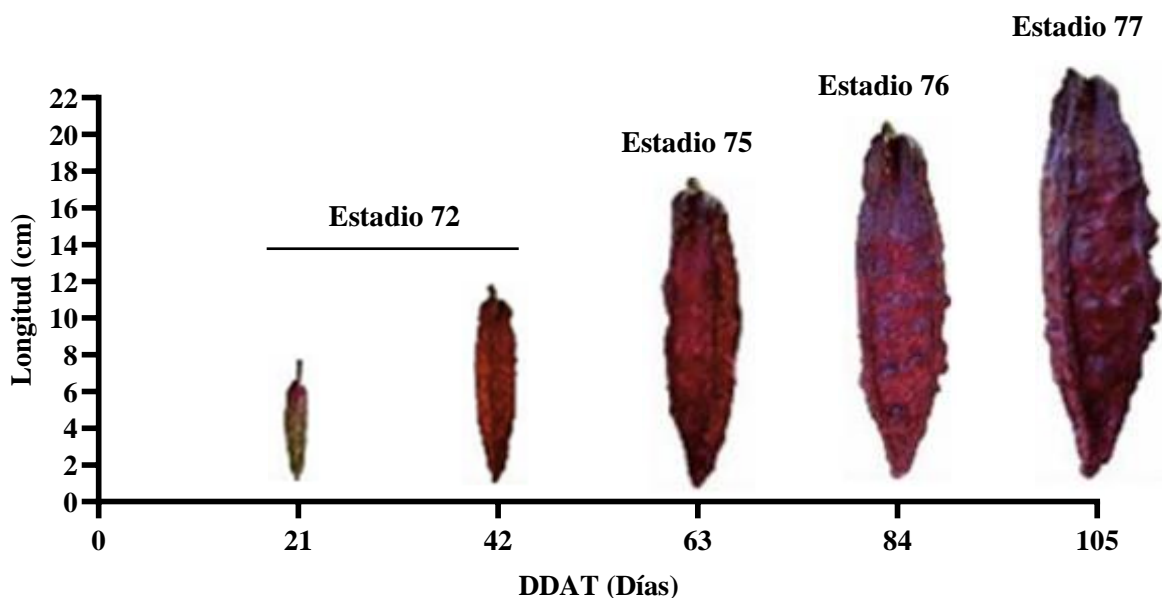


Figura 8. Desarrollo del fruto de *Theobroma cacao* L, clon CCN 51 a los 105 días desde la antesis.

3.12. Curva del crecimiento del fruto (longitud del fruto)

La curva de crecimiento del fruto en el clon EETP 800 evaluados del 0 a 84 días después de inicio del ensayo, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre tratamiento (Anexo 2. Tabla 26). En la figura 9 se observa una curva sigmoidea para la variable de longitud del fruto en cada tratamiento, llegando a un largo promedio entre 17.24 a 17.82 cm en el lapso de 84 días después de antesis.

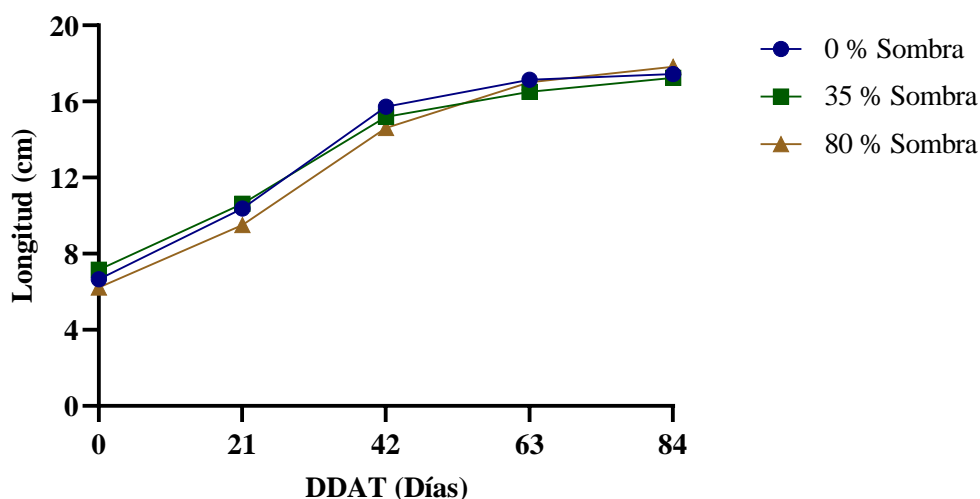


Figura 9. Curva de crecimiento del fruto para el clon EETP 800 después de la aplicación de los tratamientos (DDT).

3.13. Tasa de crecimiento absoluto (TCA) y tasa de crecimiento relativo (TCR) del fruto

La tasa de crecimiento absoluto y relativo (TCA y TCR) de los frutos para el clon EETP 800, a

los 84 días después de la aplicación de los tratamientos no expresaron diferencias estadísticamente significativas para ningún tratamiento como lo indica la Tabla 9.

Tabla 9. Tasa de crecimiento absoluta y relativa del fruto a los 84 días después de antesis, clon EETP 800.

% Sombra	TCA (g. día ⁻¹)	TCR (mg. g ⁻¹ . día ⁻¹)
0	0.13 ns	0.2 ns
35	0.12 ns	0.2 ns
80	0.14 ns	0.3 ns

3.14. Peso de la mazorca

El peso de la mazorca fue estimado a partir de una medida alométrica, basada en un análisis de regresión cuyo mejor ajuste fue el modelo potencial para el largo del fruto, es decir, el peso del fruto fue estimado mediante el largo del fruto. La ecuación que se derivó del análisis alométrico para el peso del fruto fue la siguiente: $0.0998x^{2.6806}$ con un R^2 de 0.9962.

Las variables medias a raíz del peso de la mazorca a los 84 días no se encontraron diferencias estadísticamente significativas (Anexo 1, Tabla 27). El peso de la mazorca en la producción estimada por planta/kg a los 84 días después de la antesis no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos; así mismo en el peso estimado promedio del fruto/g. Sin embargo, la producción de mazorcas por planta presento un promedio entre 1.79 a 2.5 kg (Figura 10.A) y el peso promedio del fruto entre 215.22 a 240.68 g/fruto (Figura 10.B).

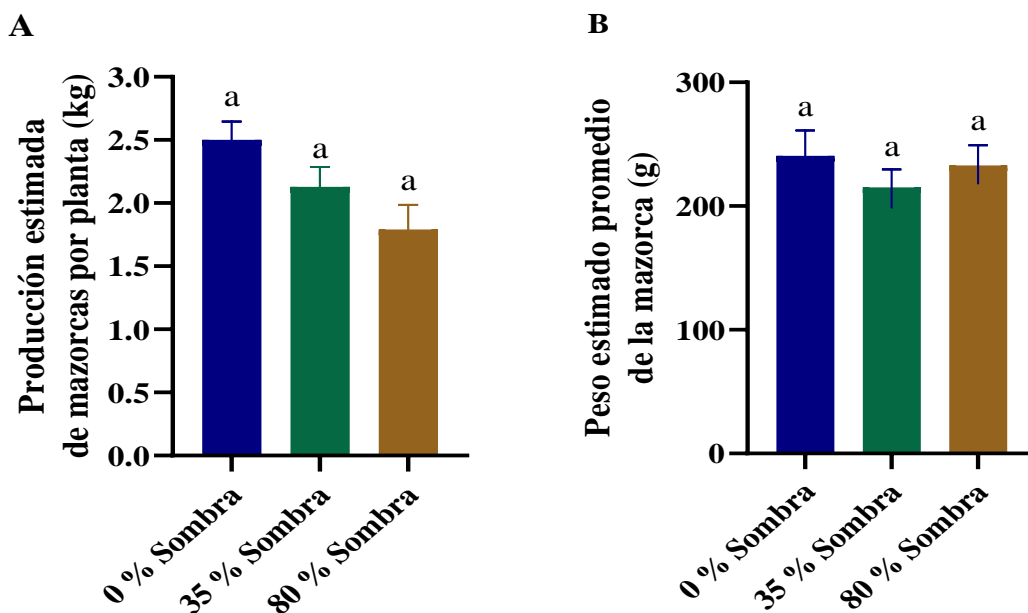


Figura 10. A. Producción estimada de mazorcas por planta (kg) del clon EETP 800 y B. Peso promedio del fruto (g) a los 84 días después de la antesis.

3.15. pH y conductividad eléctrica (CE) del suelo

La variable de pH del suelo al inicio del ensayo habiendo encalado, en la interacción de los factores clon y sombra no se encontraron diferencias estadísticamente significativas (Anexo 2. Tabla 28). Sin embargo, al analizar de manera independiente se encontraron diferencias significativas para los clones (Figura 11). Donde al 0, 21, 63 y 105 días de haber iniciado el ensayo se encontraron diferencias significativas, mientras que a los 42 y 84 días no existieron diferencias significativas. A los 21 días el mayor valor de pH obtuvo el clon EETP 800 con una media de 5,41 y el menor valor se registró en el clon CCN 51 con 5,15; así mismo, a los 63 días el mayor valor se encontró en clon EETP 800 con 5,62 y la media más baja en el clon CCN 51 con 5,41; a los 42 y 84 días presentaron el valor de pH similares. En cambio, a los 105 días el valor más elevado obtuvo el clon CCN 51 con 5,67 y el valor más bajo registro el clon EETP 800 con 5.28. Mientras que para el factor independiente sombra no se encontraron diferencias estadísticamente significativas como lo indica la Figura 12.

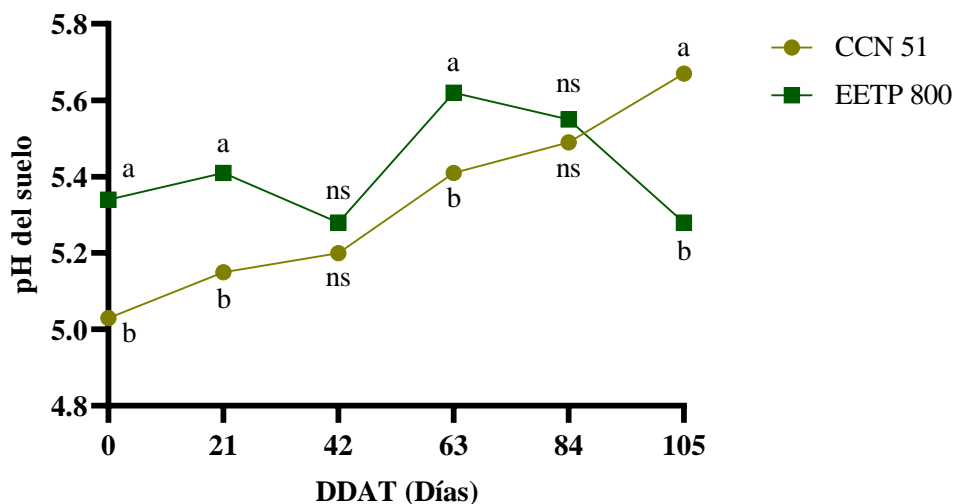


Figura 11. Expresión de la variación del pH del suelo en el cultivo de cacao, factor clon.

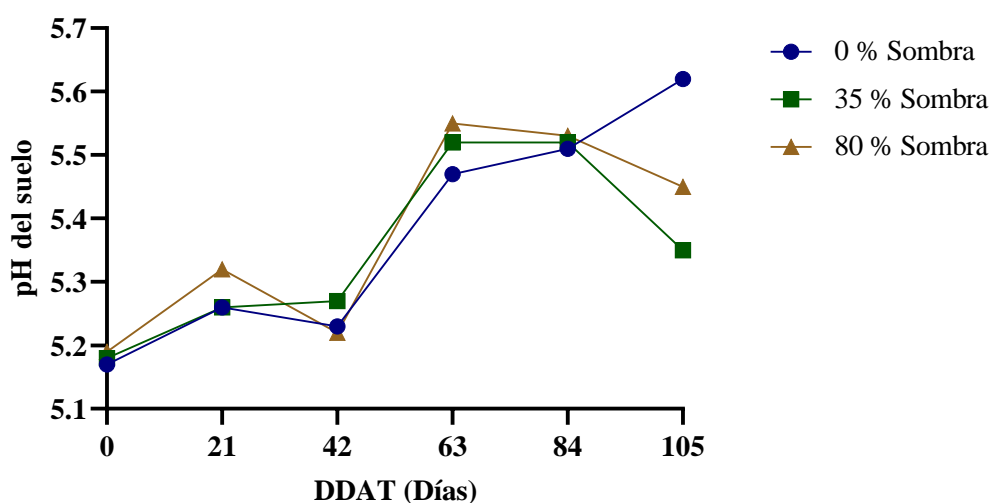


Figura 12. Expresión de la variación del pH del suelo en el cultivo de cacao, factor sombra.

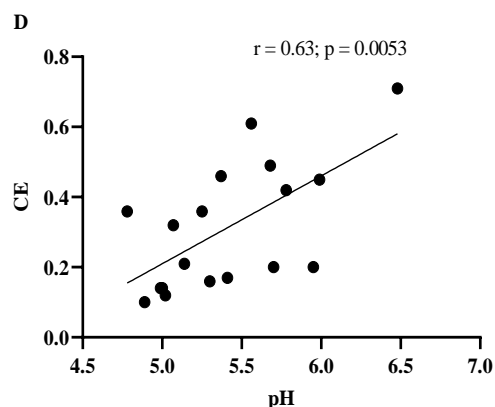
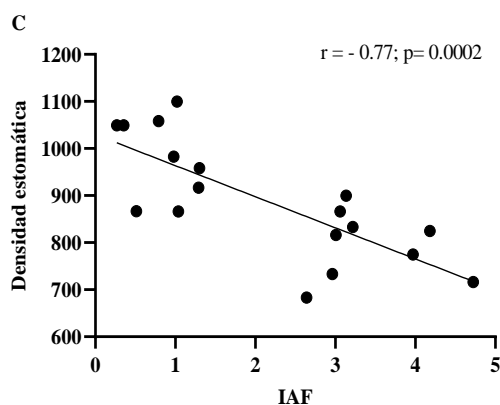
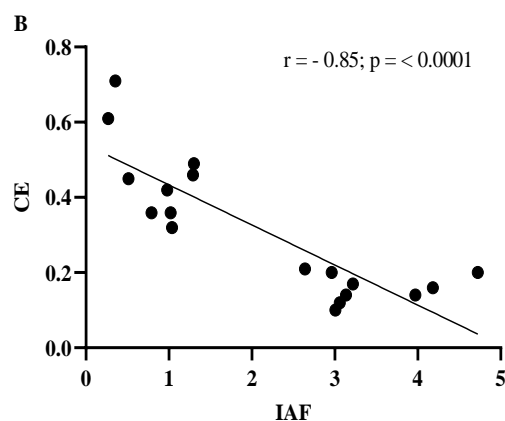
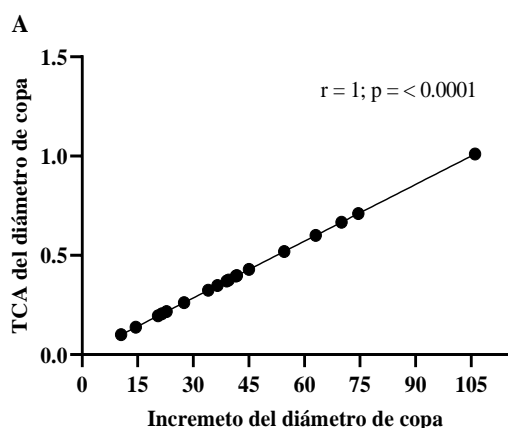
Las medias de conductividad eléctrica del suelo (CE) evaluadas en diferentes días de haber iniciado el ensayo se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la interacción clon y sombra (Anexo 2, Tabla 29). En la variable CE se encontraron diferencias estadísticas significativas a los 21 días (Tabla 10), el mayor valor se registró en el T1 con una media de $0,20 \text{ dS m}^{-1}$ y T6 con $0,19 \text{ dS m}^{-1}$, en cambio, el valor más bajo se obtuvo en T2 y T3 con una media de $0,13$ y $0,15 \text{ dS m}^{-1}$. Mientras que al 0, 42, 63, 84 y 105 días no se encontraron diferencias estadísticamente significativas.

Tabla 10. Conductividad eléctrica del suelo después de la aplicación de los tratamientos.

Clon x Sombra	Tratamiento	Conductividad eléctrica del suelo (dS/m)					
		0 DDT	21 DDT	42 DDT	63 DDT	84 DDT	105 DDT
CCN 51 x 0 % de sombra	T1	0.24 ns	0.2 a	0.39 ns	0.08 ns	0.1 ns	0.57 ns
CCN 51 x 35 % de sombra	T2	0.32 ns	0.13 c	0.31 ns	0.1 ns	0.09 ns	0.39 ns
CCN 51 x 80 % de sombra	T3	0.37 ns	0.15 bc	0.56 ns	0.1 ns	0.11 ns	0.45 ns
EETP 800 x 0 % de sombra	T4	0.18 ns	0.18 ab	0.25 ns	0.1 ns	0.09 ns	0.17 ns
EETP 800 x 35 % de sombra	T5	0.19 ns	0.18 ab	0.31 ns	0.08 ns	0.09 ns	0.14 ns
EETP 800 x 80 % de sombra	T6	0.31 ns	0.19 a	0.39 ns	0.08 ns	0.11 ns	0.16 ns

3.16. Correlaciones entre variables

La Tabla 11 muestra las correlaciones existentes entre las variables: incremento del diámetro de copa, TCA del diámetro de copa, incremento del ASTT, IAF, pH, conductividad estomática (CE), clorofila total, densidad estomática, TCA del diámetro de copa, peso del fruto.



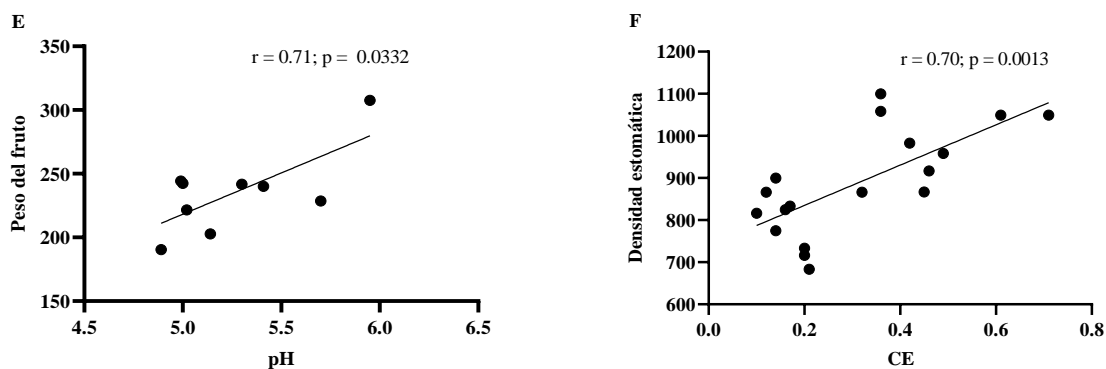


Figura 13. Índice de correlación para las siguientes variables **A.** TCA (Tasa de crecimiento absoluto) del diámetro de copa e incremento diámetro de copa; **B.** CE (Conductividad eléctrica del suelo) y IAF (Índice de área foliar) **C.** DE (Densidad estomática) y pH; **D.** CE y pH; **E.** Peso del fruto y pH; **F.** Densidad estomática y CE.

Los análisis de correlaciones se realizaron con el coeficiente de Pearson $> 0,6$ y un nivel significancia ($p < 0,05$). Las variables que presentaron una fuerte correlación positiva son: incremento del diámetro de la copa y TCA del diámetro de copa ($r = 1$; $p < 0,0001$), CE y densidad estomática ($r = 0.70$; $p = 0.013$), pH y peso del fruto ($r = 0.71$; $p = 0.0332$), pH y CE ($r = 0.63$; $p = 0.0053$).

En cuanto a las correlaciones negativas, se observó una asociación alta entre IAF y CE ($r = -0.85$; $p < 0,0001$), AIF y densidad estomática ($r = -0.77$; $p = 0,0002$).

Tabla 11. Correlaciones de variables fisiológicas y productivas evaluadas en el clon CCN 51 y EETP 800.

Variable (1)	Variable (2)	N	Pearson (r)	P-valor	Significancia
Incremento del diámetro de copa	TCA del diámetro de copa	18	1,00	< 0,0001	****
Incremento del diámetro de copa	Incremento del ASTT	18	0,37	0,1293	---
Incremento del diámetro de copa	IAF	18	0,51	0,0290	---
Incremento del diámetro de copa	pH	18	-0,44	0,0650	---
Incremento del diámetro de copa	CE	18	-0,55	0,0192	---
Incremento del diámetro de copa	Clorofila Total	18	0,39	0,1104	---
Incremento del diámetro de copa	Densidad estomática	18	-0,26	0,2984	---
Incremento del diámetro de copa	Peso del fruto	9	0,01	0,9873	---
TCA del diámetro de copa	Incremento del ASTT	18	0,37	0,1290	---
TCA del diámetro de copa	IAF	18	0,51	0,0290	---
TCA del diámetro de copa	pH	18	-0,44	0,0651	---
TCA del diámetro de copa	CE	18	-0,55	0,0192	---
TCA del diámetro de copa	Clorofila total	18	0,39	0,1102	---
TCA del diámetro de copa	Densidad estomática	18	-0,26	0,2988	---
TCA del diámetro de copa	Peso del fruto	9	0,01	0,9860	---
Incremento del ASTT	IAF	18	0,46	0,0546	---
Incremento del ASTT	pH	18	-0,21	0,3961	---

Incremento del ASTT	CE	18	-0,59	0,0102	---
Incremento del ASTT	Clorofila total	18	0,02	0,9271	---
Incremento del ASTT	Densidad estomática	18	-0,32	0,1884	---
Incremento del ASTT	peso del fruto	9	0,28	0,4590	---
IAF	pH	18	-0,32	0,2012	---
IAF	CE	18	-0,85	< 0,0001	****
IAF	Clorofila total	18	0,55	0,0193	---
IAF	Densidad estomática	18	-0,77	0,0002	***
IAF	Peso del fruto	9	0,08	0,8473	---
pH	CE	18	0,63	0,0053	**
pH	Clorofila total	18	-0,12	0,6478	---
pH	Densidad estomática	18	0,13	0,6165	---
pH	Peso del fruto	9	0,71	0,0332	*
CE	Clorofila total	18	-0,38	0,1185	---
CE	Densidad estomática	18	0,70	0,0013	**
CE	Peso del fruto	9	0,39	0,2962	---
Clorofila total	Densidad estomática	18	-0,43	0,0752	---
Clorofila total	Peso del fruto	9	-0,03	0,9307	---
Densidad estomática	Peso del fruto	9	-0,07	0,8622	---

Los valores son medias de tres repeticiones; * efecto significativo $p < 0,05$; ** efecto muy significativo $p < 0,01$; *** efecto altamente significativo $p < 0,001$.

7. DISCUSIÓN

Uno de los problemas del cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) es su limitada producción, por lo que se requiere implementar actividades agronómicas que mejoren el rendimiento del cultivo.

Al analizar el factor clon sobre la variable morfológica del ASTT, el incremento del ASTT y TCA, presentaron diferencias estadísticas entre sus medias, esto puede estar ligado al tamaño de la planta de los diferentes genotipos así lo afirma (Morales *et al.*, 2019), el comportamiento de las variables diámetro normal, altura total y volumen de *Pinus patula* Schl. et Cham, respectivamente están en función del diámetro del tronco.

En el diámetro de copa se encontró diferencias estadísticamente significativas, los valores para el clon CCN 51 es de 132.31 cm y para EETP 800 de 244.53 cm a los 105 días después de haber iniciado el ensayo demostrando un incremento de 26.76 cm y 46.76 cm, lo cual corrobora con los datos de Pérez y Freile (2017), donde en una plantación de 2 años y medio de establecida el diámetro de copa para CCN 51 fue de 160 cm y EET-95 de 250 cm.

En el factor sombra para la variable ASTT no presentaron diferencias estadísticas, pero en el diámetro de copa se encontraron diferencias significativas, donde al 80 y 35 % de sombra no presentaron diferencias significativas, pero al 0 % de sombra se encontró menor diámetro de copa, coincidiendo con lo reportado por Arvelo *et al.*, (2017) “brindar sombra temporal a las plantas de cacao jóvenes les ayuda acelerar su crecimiento, disminuir la evapotranspiración y generar cobertura ante la radiación solar directa”. Por otra parte, Castillo *et al.* (2021) afirma que la sombra en el cultivo de cacao es necesaria para regular la luminosidad, las condiciones de temperatura que rodean la planta, el viento excesivo y evitar deficiencias de humedad en épocas de sequía. Sin embargo, se debe realizar manejo de podas, porque, en condiciones de excesiva sombra, el cacao apenas sobrevive y en condiciones de poca sombra, se envejece rápidamente y se vuelve poco productivo. De hecho, la producción de este cultivo y la intercepción de luz están estrechamente relacionados cuando la disponibilidad de nutrientes no es limitante.

A los 105 días después de haber iniciado el ensayo en la variable del índice de área foliar se encontraron diferencias significativas, el valor alto se observó en las plantas del clon EETP 800 al 80 % de sombra con un promedio de 4.29 coincidiendo con lo reportado en la literatura por Leiva-Rojas *et al.* (2019), el IAF varía entre 1.5 y 6 dependiendo del genotipo, edad de la planta

y manejo agronomico del cultivo. Sin embargo, Banguero-Garcia *et al.* (2015) encontro que menor índice de área foliar se da pleno luz coincidiendo con el resultado obtenido en plantas de CCN 51 al 0 % de sombra con un promedio de 0.38, misma que puede ser debido a la reducción de número de hojas o tamaño de la planta.

Jaimez *et al.* (2008) recomienda que el nivel de sombrío para el cacao debe estar entre 50 y 70 % para que las plantas alcancen mayores tasas fotosintéticas, y asegura que la sombra influye en el ciclo de vida de las hojas; así se ha comprobado que bajo sombra las hojas tienen un tiempo de vida de 450 días, mientras que a plena luz solar su duración de vida es de 250 días. Esto explica en gran parte la razón del por qué las plantas bajo sombra tienen mayor área foliar.

Así mismo Encalada-Córdova *et al.* (2016) menciona que en el cultivo de café la baja disponibilidad lumínica optimiza la eficiencia de captación de luz y permite el aumento del área foliar, es decir mayor área foliar va aumentar la intercepción de luz y por ende va haber mayor actividad fotosintética.

Generalmente las plantas bajo sombra poseen mayor área foliar porque tienen mayor capacidad para adquirir luz solar y dióxido de carbono (CO₂), misma que le permite obtener mayor ganancia de carbono, a través de la fotosíntesis. Así mismo, el área foliar específica aumenta en la sombra, ya que las plantas tienen la capacidad de ajustarse a un ambiente de menor irradiación aumentando su área foliar (Villegas-Retana y Chavarría-Soto, 2016).

Las plantas de cacao se saturan a densidades flujo fotónico comprendidas entre 400 a 600 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, intensidades establecidas entre 25 y 30 % de radiación máxima en un día despejado (Tinoco y Vargas, 2018), donde las tasas máximas de asimilación de CO₂ no sobrepasan los 6 a 7 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. Sin embargo, Leiva-Rojas *et al.* (2019) dice que a mayor radiación hay mayor fijación de CO₂, con tasas relativamente altas entre 4 - 8 $\mu\text{mol CO}_2 \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$ para el cultivo de cacao; y, Jaimez *et al.* (2008) encontró que las plantas de cacao expuestas a intensidades de luz no deben sobrepasar los 1 000 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, ya que mayores intensidades de luz pueden traer efectos foto inhibitorios, menor duración de las hojas, bajo potenciales hídricos, cierres estomáticos y en consecuencia limitadas tasas de asimilación de CO₂.

El cultivar cacao en ambientes muy sombreados conlleva a bajas tasas de asimilación de CO₂, menor producción de frutos, alta población de insectos y enfermedades (Rada *et al.*, 2005), por lo tanto, es necesario realizar aclareos para evitar auto sombrea miento, mismas que comprueba la necesidad de mantener las plantas de cacao bajo sombra parcial, tanto en la etapa de

crecimiento y de producción (Jaimez *et al.*, 2008). Por otro lado, Almeida y Valle (2007) afirman que los determinantes más importantes en el parámetro del rendimiento de cultivo están relacionados con la interceptación de luz, fotosíntesis y la capacidad de distribución, la respiración, morfología del fruto y la fermentación de la semilla, rasgos que pueden ser modificados por factores abióticos. El cacao se considera una especie tolerante a la sombra, que conduce a tasas relativamente altas de fotosíntesis, crecimiento, desarrollo y rendimiento de las semillas debido al auto sombreado. Porque, si hay presencia de mucha sombra se reduce el rendimiento de semillas y aumenta la incidencia de enfermedades.

El comportamiento fisiológico de las plantas estuvo influenciado por el factor sombra, en este aspecto el mayor contenido de clorofila A se encontró en plantas sometidas al 80 % de sombra, esto coincide con Encalada-Córdova *et al.* (2016) quien realizó un estudio en café y encontró que el contenido de clorofila A fue mayor en las plantas bajo sombra, en comparación con las expuestas a pleno sol, además, observo una coloración verde más intensa en las hojas de las plantas que se encuentran bajo sombra. Así también un estudio realizado por Salazar *et al.* (2018) mostró que, las plantas sometidas a radiación incidente alta presentaron bajo contenido de clorofila.

Para el contenido de clorofila los mayores valores se obtuvieron en el clon EETP 800, en clorofila A un promedio de 53.27 ml g⁻¹ y clorofila total un promedio de 82.24 ml g⁻¹, en el factor sombra no presento diferencias estadísticas, sin embargo, el contenido alto de clorofila se evidencio al 80 % de sombra, demostrando que la sombra influye directamente en el contenido de pigmentos fotosintéticos. Esto lo explica Piña y Arboleda, (2010) quienes mencionan que los valores de clorofila total son controlados por la luz, de modo que en intensidades más elevadas de irradiación las moléculas de clorofila son más expuestas a procesos fotooxidativos y por ende tiene un menor contenido de clorofila (Ardisana *et al.*, 2018).

Los valores más bajos del contenido de clorofila se obtuvieron en plantas expuestas a pleno sol, esto explicaría en gran parte el poco crecimiento vegetativo de las plantas, tales resultados concuerdan con lo reportado por (Suárez-Salazar *et al.*, 2017) quienes encontraron que, bajos niveles de clorofila influyen en la reducción de la capacidad fotosintética de la hoja, debido a que limita el proceso fotoquímico.

Todas las plantas, algas y cianobacterias tienen clorofila A, mientras que la clorofila B tienen las plantas, algas verdes y algunas cianobacterias. La clorofila A y B absorben luz; sin embargo,

la clorofila A tiene la función de convertir la energía de la luz en energía química, mientras, que la clorofila B funciona como antena receptora de la energía de los fotones que luego transfiere a la clorofila A (Ardisana *et al.*, 2018).

El incremento de la clorofila está vinculado con la disponibilidad de nutrientes y el uso de la sombra, según Carvalho *et al* (2006) las plantas expuestas a baja radiación presentan mejor desarrollo de granos, lo que aumenta relativamente el contenido de clorofila. Hay una fuerte relación en el contenido de clorofila en las hojas y la edad de la plántula, misma que puede estar atribuido a la edad fisiológica, puesto que la eficiencia fotosintética incrementa con relación a la edad de las hojas en exposición a la luz. Carranza (2014) sostienen que el contenido de clorofila está determinado por el estado de la madurez de las hojas, de igual manera Darmond y Hadley, (2005) señalan que las condiciones ambientales controladas y la exposición de los genotipos a la baja tasa de luminosidad favorece la variación de clorofila en el tiempo; y, que la variación de la clorofila en las condiciones de invernadero se debe a la interacción de la temperatura y la luz.

En cuanto a la densidad estomática el mayor promedio se registró el clon EETP 800 con una media de 987.83 estomas/mm² y menor densidad en el clon CCN 51 con 804.61 estomas/mm², nuestros resultados coinciden con lo reportado por Petrova (2012) quien menciona que la cantidad de estomas presentes en una hoja depende de factores genéticos propios de cada especie, disponibilidad de agua y la intensidad lumínica que estas reciban. Por otro lado, Lahive *et al.* (2018) realizaron un estudio en cacao bajo condiciones de invernadero y encontraron que la densidad estomática en las hojas de cacao cultivadas con CO₂ ambientales fue de 786±31 estomas/mm⁻¹ y en condiciones de CO₂ elevado fue de 885±29 estomas/mm⁻¹, esto se debe a la interacción de las condiciones ambientales como temperatura y luminosidad interceptada por las plantas. Así mismo al 35 % de sombra hay mayor densidad estomática esto demuestra que las plantas necesitan sombra moderada para realizar sus procesos fotosintéticos, concordando con Romero-Romero *et al.* (2020) quien menciona que fisiológicamente mayor densidad estomática se encuentra en hojas con mayor exposición lumínica, misma que se podría explicarse en términos de balance energético, lo cual es necesario realizar aclareos para evitar auto sombreado (Rada *et al.*, 2005).

Villegas-Retana y Chavarría-Soto (2016) dice que el tamaño de la hoja está frecuentemente correlacionado con la densidad estomática, considerando que las hojas de mayor tamaño poseen más superficie para que la luz incida y por ende existe mayor aumento en la densidad

estomática, debido a la cantidad de radiación solar recibida por las plantas. Mayor incidencia de luz equivale a un incremento de la energía absorbida por unidad de área foliar, por lo que mayor incidencia lumínica representa mayor necesidad de disipación de calor; la mayor densidad estomática se encuentra en la superficie abaxial de las hojas (AL-Saghir y Porter, 2005).

De manera general, la entrada de producción del clon ecuatoriano CCN 51 inicio a los 24 meses de edad, misma que corrobora con los resultados de Pocomucha *et al.* (2016) quienes mostraron que el clon CCN 51 se caracteriza por ser un árbol pequeño de fácil manejo con su producción a partir de dos años; y, el cacao clonal INIAP EETP 800 'Aroma Pichilingue' se caracteriza por ser un cultivar de producción precoz de 14 meses (Loor-Solórzano *et al.*, 2019). Así mismo, Subía *et al.* (2018) encontro que las medias generales en el segundo año de su producción fueron bajas para las variables productivas, debido a que los árboles eran jóvenes y apenas iniciaban su producción.

En la fenología del fruto de cacao CCN 51 y EETP 800, para el crecimiento y desarrollo del fruto de cacao comprende dos periodos: fase de crecimiento y fase de maduración en la cual aumenta considerablemente la actividad metabólica. Cada fase puede subdividirse de acuerdo con los aumentos y disminuciones de las cantidades de los distintos componentes químicos, orgánicos e inorgánicos que ocurren en la pared y la pulpa. En el ensayo se encontró que los resultados obtenidos durante los 105 días concuerdan con López-Hernández *et al.* (2018) quienes encontraron que a partir de los 50 días después de antesis (dda) hasta el día 90 se presenta la etapa de mayor crecimiento caracterizada por un aumento exponencial del tamaño del fruto. En esta etapa se presenta el 80 % del tamaño final del fruto y el 20 % de crecimiento restante se logra entre los días 100 y 130 después de antesis.

Así mismo, Niemenak *et al.* (2010) afirma que después de antesis el proceso de crecimiento y maduración del fruto dura aproximadamente 150 días y se puede dividir en dos fases: la primera fase es el desarrollo del fruto, ocupando alrededor de 75 días; esta fase comprende dos periodos: el primero en un intervalo de 50 días, durante el cual el cigoto es inactivo y el crecimiento en longitud es lento. El segundo periodo entre 50 a 75 días inicia la división del cigoto y el desarrollo preliminar del embrión donde los frutos comienzan a hincharse y su longitud aumenta; y, la segunda fase se desarrolla a partir de los 85 días después de antesis presentando un periodo activo en el metabolismo durante el cual los lípidos, las proteínas de almacenamiento y las antocianinas se acumulan en la semilla mientras que el contenido de humedad del embrión

disminuye hasta en un 30 %, en esta etapa el ovulo se llena con una gelatina conocida como endospermo.

A los 105 días de haber iniciado el ensayo, observando mediante la escala BBCH el clon CCN 51 llego al estadio 77 y el EETP 800 llego al estadio 79 la cual coincide con Bridgemohan *et al.* (2016) quienes describieron que los frutos que llegan al estadio 77 presenta acumulación de grasas, almacenamiento de proteínas y antocianinas en los cotiledones, así mismo, el endospermo es gradualmente reabsorbido por el embrión y los frutos han alcanzado el 70 % del tamaño final, el mismo autor menciona que los frutos que llegan al estadio 79 tiene los embriones completamente desarrollados, con restos de endospermo alrededor de los cotiledones carnosos y presenta un aumento en los externos del fruto.

La intensidad de la floración depende del clon y de las condiciones ambientales como: el fotoperiodo, la temperatura, la radiación solar y el estrés por carencia de agua o nutrientes, los cuales pueden retrasar la transición de juvenil a la fase adulta. En cacao la floración es promovida por estos factores ambientales, pero podría ocurrir también en ausencia de las mismas y asegurar el éxito reproductivo, así lo reporta (Amores *et al.*, 2020); Por otra parte, Villarreyna (2016) menciona que la sombra puede favorecer en ciertas etapas de la producción, también dice, que a pleno sol hay mayor número de flores, pero bajo sombra existe mayor cuaje; debido a que se evita la quema directa por la luz solar.

Del 100 % de los frutos fecundados no todos crecen hasta alcanzar su madurez fisiológica, el 80 % de fructificaciones se marchitan, se vuelven negras y son rápidamente colonizadas por patógenos mientras permanece en el árbol. Nuestros resultados concuerdan con (Almeida y Valle, 2007) quienes mencionan que este mecanismo fisiológico es desarrollado por la planta donde se autorregula naturalmente para equilibrar la asignación de nutrientes.

La curva de crecimiento del fruto del clon EETP 800 a los 84 días después de anthesis no presentaron diferencias significativas en el tratamiento sombra, misma que puede ser por el número de muestra evaluados debido a que son plantas jóvenes como lo indica (Subía *et al.*, 2018). Independientemente del factor sombra los frutos sin llegar a la madurez fisiológica, la longitud de la mazorca a los 84 días en el estadio 79 estuvo entre 17.24 a 17.82 cm, nuestro resultado no coincide con lo reportado por López-Hernández *et al.* (2018) quienes encontraron que los frutos de mayor crecimiento longitudinal en el genotipo trinitario RIM-24 obtuvieron un promedio de 23.44 cm; el mismo autor menciona que para llegar a maduración del fruto

necesita de 140 días después de antesis.

El análisis de la tasa de crecimiento absoluto (TCA) y relativo (TCR) son dos parámetros que pueden ayudar a caracterizar el crecimiento de órganos a través del tiempo. El TCA permite valorizar el incremento del órgano por unidad del tiempo, es decir acumulando foto asimilados y agua; en cambio, el TCR es el incremento de la masa por unidad de tiempo que representa la capacidad de producir un nuevo tejido meristemático en un tiempo determinado (Bastias *et al.*, 2014). En cacao la tasa de crecimiento absoluto y relativo (TCA y TCR) de los frutos para el clon EETP 800, a los 84 días después de la aplicación de sombra no presentaron diferencias significativas.

En cuanto al peso de la mazorca en la producción estimada por planta a los 84 días después de la antesis no presentaron diferencias significativas entre tratamiento, de igual manera el peso promedio del fruto. Sin embargo, la producción por planta presentó un promedio entre 1.79 a 2.5 kg/planta similar al promedio encontrado por Loor-Solórzano *et al.* (2019) quienes reportaron el rendimiento promedio de 1.73 peso de cacao seco (PCS, kg/planta), superando el índice de almendra de 1.2 identificándose como cacao fino de aroma. Un estudio realizado en Colombia por Leiva-Rojas *et al.* (2019) menciona que los mayores rendimientos se obtuvieron en los árboles con menor intensidad de poda, tal como sucede en otros frutales; la poda de la copa del árbol de cacao bajo sombrío incrementa la producción, es decir, el cacao en etapa productiva necesita sombrío (Jaimez *et al.*, 2008).

Respecto al peso promedio del fruto en el estadio 79 se registró entre 215.22 a 240.68 g/fruto esto se atribuye al componente genético propio de este genotipo, el mismo que fue inferior a los reportados por Reges *et al.* (2021) quien menciona que el fruto de cacao crece directamente del tronco del árbol y pesa entre 300 y 700 g, conteniendo semillas recubiertas por un mucílago agrídulce, de color blanco o rojizo. Por otra parte, Snoeck *et al.* (2016) afirma que los rendimientos dependen de muchos factores, de los cuales los más importantes son el material de plantación, el clima, las prácticas culturales y el suelo (degradación y baja fertilidad del suelo) se encuentran entre las principales causas de la baja productividad del cacao.

En cuanto a la acidez del suelo según Batista (2009) el rango óptimo de pH para el cultivo de cacao está entre 5.5 a 6.5, mientras que Snoeck *et al.* (2016) menciona que las plantas de cacao toleran un pH de 5. Por debajo de estos niveles se observa grandes limitaciones en producción, estos suelos carecen de calcio y por ende deben ser encalados. En nuestro estudio se encontraron

valores de pH con rangos entre 5.03 a 5.67 entre clones y para la variable sombra entre 5.17 a 5.62 rangos propios de suelos amazónicos. Bravo *et al.* (2017) midieron las propiedades de los suelos cacaoteros en la región amazónica de Napo y Pastaza encontrando valores entre 5.11 y 5.94. Por otra parte Barrezueta-Unda (2019) encontró valores de pH entre 6.46 y 7.72 en suelos costero ecuatorino de El Oro. Por otro lado un estudio realizado en la cuenca Amazónica de Colombia por Rosas-Patiño *et al.* (2017) encontraron que en la localidad predominan suelos ácidos, sin embargo, el cacao crece, aunque los suelos sean ácidos ($\text{pH} < 5.5$), pero tiene ciertas consecuencias como disminución de la disponibilidad y absorción de nutrientes limitado en la concentración de tejidos, afectando al desarrollo de las plantas y su rendimiento.

Los valores mayores se encontraron a los 63 y 105 días en los dos clones con un rango entre 5.28 a 5.67 mostrando rangos propios de la amazonia, que permite la asimilación de nutrientes, absorción de agua y otros minerales requeridos por las plantas para su normal crecimiento y desarrollo (Malavé-Acuña, 2005).

Según Barbaro *et al.* (2005) el aumento o disminución del pH se ve influenciado por varios factores, tales como, el pH del sustrato, la alcalinidad del agua, la actividad de cal, la acidificación por las raíces de la planta y el uso de un fertilizante de reacción ácida o básica, motivo por el cual se recomienda consultar con un técnico al momento de aplicar enmiendas agrícolas al suelo para una buena dosificación.

Para Barbaro *et al.* (2005) la conductividad eléctrica mide la concentración de sales solubles presente en el suelo, pues a mayor CE, mayor es la concentración de sales, por esta razón es necesario que en el suelo la CE sea baja. En nuestros resultados en todos los tratamientos se registraron valores inferiores a 1 dS m^{-1} , lo que significa que no presento problemas de sales, por ende, son suelos libres de sales condición ideal para producir cualquier cultivo, así lo indica (Castellanos, 2000).

En nuestro estudio a los 21 días de haber iniciado el ensayo se encontró interacción clon y sombra, mostrando que los suelos son libres de sales, presentando valores bajos entre 0.09 a 0.47 dS m^{-1} concordando con Morales y Serrano (2019) quienes encontraron valores de conductividad eléctrica de 0.25 a 0.65 dS m^{-1} en suelos Amazónicos del Puyo y en suelos costeros de El Oro Barrezueta-Unda (2019) registro rangos de CE entre 0.13 y 0.21 dS m^{-1} .

De forma general, las variables fisiológicas no se vieron influenciadas por el factor sombra, coincidiendo con los resultados reportados por Salazar *et al.* (2018) quienes mencionan que los

árboles de cacao expuestos a radiación incidente alta mostraron un mejor rendimiento fisiológico, debido a la alta nubosidad en la Amazonía colombiana, y las plantas en condiciones de poca sombra aumentaron el uso de carbono, mismas que fue evaluado en plantas jóvenes en condiciones de vivero. Se menciona que las plantas de cacao muestran tasas crecientes de fotosíntesis neta a medida que la PAR aumenta a valores en el rango cerca de 400 a 750 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ pero no pueden sobrepasar 1 000 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$, por que la planta inhibe la fotosíntesis concordando con (Almeida y Valle, 2007; Jaimez *et al.*, 2018), sin embargo, a pleno sol pueden traer efectos foto inhibitorios, cierres estomáticos, menor duración de las hojas, limitadas tasas de asimilación de CO_2 (Jaimez *et al.*, 2008) y menor contenido de clorofila (Ardisana *et al.*, 2018). Por ello se necesita regular la sombra al 30 % en etapa de crecimiento y producción (Jaimez *et al.*, 2008; Tinoco y Vargas, 2018).

Así mismo, en las variables productivas se debe realizar un autosombreamiento para regular la incidencia de plagas y enfermedades mediante una gestión cuidadosa de poda para crear un microclima que reduzca la susceptibilidad del cacao a las enfermedades fúngicas y a plagas amantes del sol (Mortimer *et al.* (2018).

Existe una fuerte correlación positiva entre el incremento del diámetro de la copa y la TCA del diámetro de copa, pues a medida que la planta crece aumenta el diámetro de copa y por ende la tasa de crecimiento absoluto (Almeida y Valle, 2007), de igual manera a medida que la conductividad eléctrica aumenta la densidad estomática también, debido a que el suelo no es salino y la planta crece normalmente con hojas grandes, vigorosas aumentando la densidad estomática por la cantidad de radiación solar recibida por las plantas (Villegas-Retana y Chavarría-Soto, 2016). Así mismo, hay una correlación positiva, cuando incrementa el pH del suelo, la conductividad eléctrica también, porque las plantas entran en condiciones de estrés impidiendo la asimilación de agua, minerales e iniciando la acidificación del suelo (Barrezueta-Unda, 2019), lo mismo sucede cuando el pH del suelo se eleva, el peso del fruto también, debido a que los suelos no son muy ácidos y permite la disponibilidad de absorción y concentración de nutrientes aumentando el rendimiento del cultivo (Rosas-Patiño *et al.*, 2021). Por otra parte, se evidencio una fuerte correlación negativa entre el IAF y CE, pues a alta conductividad eléctrica menor IAF debido a que en los suelos salinos, las plantas tienen que realizar mayor esfuerzo para poder extraer agua del suelo, misma que afecta el crecimiento (Castellanos, 2000). De igual manera menor IAF mayor densidad estomática debido a la cantidad de radiación solar recibida por la planta (Villegas-Retana y Chavarría-Soto, 2016).

8. CONCLUSIONES

- El clon EETP 800 al 80 % de sombra presento mayor índice de área foliar de 4.29 lo que le permite obtener mayor ganancia de carbono, a través de la fotosíntesis.
- El clon EETP 800 presento mayor influencia en las variables de área de la sección transversal del tronco, diámetro e incremento de copa, índice de área foliar, concentración de clorofila a, clorofila total, densidad estomática, curva de crecimiento del fruto, peso de la mazorca, tasa de crecimiento absoluto y tasa de crecimiento relativo del fruto.
- La entrada de producción en el clon CCN 51 inicio a los 2 años después de la siembra, y los frutos llegaron al estadio 77 en los 105 días de evaluación.
- La producción estimada de mazorcas por planta y el peso estimado del fruto del clon EETP 800 no se vio influenciada por la sombra, debido a que el clon se encuentra en sus primeros años de producción.
- La sombra no influyo en el pH del suelo, ya que durante todo el ensayo se encontró en un rango de 5.17 a 5.55, debido a que son suelo propio de la amazonia con rangos óptimos de pH para el cultivo.

9. RECOMENDACIONES

- Continuar con la investigación hasta llegar a la etapa de madurez de las mazorcas para describir la influencia de la sombra en el rendimiento y determinar la calidad de las almendras.
- Realizar un análisis bromatológico del fruto de cacao clon CCN 51 y EETP 800 para determinar el grado de asimilación de nutrientes que contiene el fruto ante la aplicación de los diferentes niveles de sombra.
- Ampliar el número de muestra de mazorca por planta para verificar la influencia de la sombra en la producción de mazorcas/planta y el peso de la misma.
- Profundizar el estudio para identificar si existe o no interacción en el factor clon y sombra sobre las variables productivas del clon CCN 51 y EETP 800.

10. BIBLIOGRAFÍA

- Almeida, A., y Valle, R. (2007). Ecophysiology of the cocoa tree. SciELO Analytics, 24.
- Almenares, G., Pérez, M., Torres, W., Varela, M., y Pavón, M. (2015). Características del desarrollo vegetativo y su relación con la fructificación y producción en naranjos [*Citrus sinensis* (L.) Osbeck]. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA). Vol. 36, 56-61.
- AL-Saghir, M., y Porter, D. (2005). Stomatic distribution in *Pistacia* sp. (Anacardiaceae). *International Journal of Botany* , 183- 187.
- Álvarez, F., Rojas, J., y Suarez, J. (2012). Simulación de arreglos agroforestales de cacao como una estrategia de diagnóstico y planificación para productores. *Red de Revistas Científicas de América Latina (redalyc)*, 145-150.
- Álvarez-Carrillo, F., Rojas-Molina, J., y Suárez-Salazar, J. (2015). Effect of organic and conventional fertilization on the growth and production of *Theobroma cacao* L. Under an Agroforestry System in Rivera (Huila, Colombia). *Corpoica Cienc Tecnol Agropecu.* 16(2), 307-314.
- Amores, F., Ramos, R., Rhon, F., Sotomayor, K., y Vasco, A. (2020). Adaptación de clones de cacao (*Theobroma cacao* L.) tipo nacional en el piedemonte de Guasaganda, Cotopaxi, Ecuador. *Revista Economía y Desarrollo*, 9.
- ANECACAO. (2019). Sector exportador de cacao. Recuperado en: <http://www.anecacao.com/uploads/estadistica/cacao-ecuador-2019.pdf>. Consultado el: 27 de julio del 2021.
- ANECACAO. (2015). Cacao CCN51. Asociación Nacional de Exportadores de Cacao - Ecuador. Recuperado en: <http://www.anecacao.com/es/quienes-somos/cacao-nacional.html>. Consultado el 9 de agosto del 2021.
- Ardisana, E., García, A., Téllez, O., Álava, J., Sancán, G., y Aguilar, R. (2018). Contenido de clorofilas totales en doce clones de cacao (*Theobroma cacao* L.). *La Técnica: Revista de Las Agrociencias*. ISSN 2477-8982, 20 (1), 8.
- Arvelo, M., González, D., Delgado, T., Maroto, S., y Montoya, P. (2017). Estado actual sobre

- la producción, el comercio y cultivo del cacao en América. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura , 283.
- Avendaño, C., Villarreal, J., Campos, E., Gallardo, R., Mendoza, A., Aguirre, J., Espinosa, S. (2011). Diagnóstico del cacao en México. Universidad Autónoma Chapingo, 80.
- Banguero-García, Y., Mosquera-Figueroa, G., Toro-Giraldo, S., Leiva-Rojas, E., y Ramírez-Pisco, R. (2015). Physiological response of cocoa (*Theobroma cacao* L.) seedlings to shade and under an organic amendment application. *Bioetnia Volumen 12*, 8.
- Barbaro, L., Karlanian, M., y Mata, D. (2005). Importancia del pH y la Conductividad Eléctrica (CE) en los sustratos para las plantas. *Instituto de Floricultura CIRN 3(1)*, 1-15.
- Barrezueta-Unda, S. (2019). Propiedades de algunos suelos cultivados con cacao en la provincia El Oro, Ecuador. *Revista de Biotecnología y Ciencias Agropecuarias 14(1)*, 155-166.
- Bastias, R., Diez, F., y Fino, V. (2014). Absolute and relative growth rates as indicators of the stages of fruit development in sweet cherry *Prunus avium*. *Chilean J. Agric. Anim. Sci., ex Agro-Ciencia 30(2)*, 89-98.
- Batista, L. (2009). *Guía Técnica: Cultivo de Cacao*. Santo Domingo, República Dominicana. 233 p.
- Boza, E., Motamayor, J., Amores, F., Cedeño-Amador, S., Tondo, C., Livingstone, D., y Gutiérrez, O. (2014). Genetic characterization of the cocoa cultivar CCN 51: Its impact and significance on global cocoa improvement and production. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 11.
- Bravo, C., Ramirez, A., Marín, H., Torres, B., Alemán, R., Torres, R., y Changoluisa, D. (2017). Factores asociados a la fertilidad del suelo en diferentes usos de la tierra de la Región Amazónica Ecuatoriana . *Revista electrónica de Veterinaria 18(11)*, 1-16.
- Bridgemohan, P., Mohamed, S., Mohammed, M., Singh, K., Shamir, R., y Bridgemohan, H. (2016). The Application of BBCH scale for codification and illustrations of the floral stages of Caribbean fine cocoa (*Theobroma cacao* L.). *Journal of Agricultural Science and Technology 1-10*.
- Briones, J., Mejía, T., y Briones, H. (2021). Evaluation of soil chemical fertility in an initial

- production system of *Theobroma cacao* of "Hermanos Briones". farm, Portoviejo - Ecuador. *Concienciadigital*. Vol. 4, 11.
- Carranza, M. (2014). Utilización de la espectro radiometría para el estudio del estado nutricional y fisiológico en plántulas de *Jatropha curcas* L. (tempate) a nivel de vivero. Tesis Ingeniero Ingeniero forestal, Costa Rica: Instituto Tecnológico de Costa Rica. 39 p.
- Carreño, A., y Chaparro-Giraldo, A. (2013). Tolerancia al aluminio en especies vegetales: mecanismos y genes. *Universitas Scientárvm*, 28.
- Carvalho, N., Pelacani, C., Rodrigues, M., y Crepaldi, L. (2006). Crecimiento inicial de plantas de licuri (*Syagrus coronata* (mart) becc) en diferentes niveles de luminosidad. *Árvore*, 351-357.
- Castellanos, J. (2000). Guía para la interpretación del análisis de suelo y agua. En Intagri. México: Instituto de Capacitación para la Productividad Agrícola, Segunda edición.
- Castillo, K., Rincón, K., Yela, S., y Ordoñez, H. (2021). Especies forestales con potencial agroforestal en el Consejo Comunitario Alto Mira y Frontera (Tumaco, Colombia). *SciELO Analytics*. Vol.39. No.1, 15.
- Climate-data.org. (2021). Clima en Zamora Chinchipe. Recuperado en: <https://es.climate-data.org/america-del-sur/ecuador/provincia-de-zamora-chinchipe-47/> Consultado el: 14 de agosto 2021.
- Cuenca, E., Puentes, Y., y Menjivar, J. (2019). Uso eficiente de nutrientes en cacao fino de aroma en a provincia de Los Rios- Ecuador. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín (SciELO)*.
- Darmond, A., y Hadley, P. (2005). Effects of temperature and integral light on early vegetative growth and chlorophyll fluorescence of four cocoa genotypes (*Theobroma cacao*). *Annals of Applied Biology*, 257-262 .
- Dosert. (2012). Hoja botanica: Cacao. Primera Edición. Lima, Peru: Giacomotti Comunicación Gráfica S.A.C. 20 p.
- Encalada-Córdova, M., Soto, F., y Morales, D. (2016). Influence of light on some physiological

- characteristics of coffee (*Coffea arabica* L . cv . Caturra) under nursery conditions. *Cultiv. Trop.*, 37 (4), 89–97.
- Enriquez, G. (2010). *Cacao Organico: Guia para Productores Ecuatorianos*. Segun Edición. Quito, Ecuador. N° 54. 202 p.
- Escobedo, M., Durón, S., García, J., García, V., y González, A. (2018). Radiación fotosintéticamente activa. *Jornadas de Investigación UAZ*, 12.
- Estrada, W., Romero, X., y Moreno, J. (2011). Guía técnica del cultivo de cacao manejado con técnicas agroecológicas. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) y Confederación de Federaciones de la Reforma Agraria Salvadoreña (CONFRAS), 22.
- FAO. (2016). Plataforma de conocimientos sobre agricultura familiar. Organización de Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Recuperado de: <http://www.fao.org/family-farming/detail/es/c/1402133/>. Consultado el 10 de Agosto del 2021.
- FAOSTAT. (2020). Producción/rendimiento de cacao en Grano en el mundo 2019. Recuperado de: <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC/visualize>. Consultado el 15 de junio del 2021.
- Gutiérrez, Y., Lozano, H., y Jiménez, D. (2015). Ventajas y desventajas de cultivos de *Coffea arabica* L. y *Theobroma cacao* L. bajo sistemas agroforestales. *Ingenierías & Amazonia* , 1-11.
- Hernández, E., Hernández, J., Avendaño, C., López, G., Garrido, E., Jesús, R., y Nava, C. (2015). Factores socioeconómicos y parasitológicos que limitan la producción del cacao en Chiapas, México. *Revista Mexicana de Fitopatología*, Vol. 33, núm. 2, 16.
- INEC. (2020). Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua. Instituto Nacional de Encuestas y Censo (INEC). Recuperado de: <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/encuesta-de-superficie-y-produccion-agropecuaria-continua-bbd/>. Consultado el 19 de Julio del 2021.
- Infocacao. (2015). Ciencia y tecnología para los cacaoteros. Recuperado de:

- http://www.fhia.org.hn/downloads/cacao_pdfs/infocacao/InfoCacao_No4_Nov_2015.pdf. Consultado el 18 de junio del 2021.
- INIAP. (2016). Liberación de clones de cacao de alto rendimiento EETP 800 y EETP 801. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Recuperado de: <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/5240/1/INIAPBEETPP436.pdf>. Consultado 17 de junio del 2021.
- INIAP. (2018). INIAP-EETP-800 “Aroma Pichilingue” e INIAP-EETP-801 “Fino Pichilingue”, nuevos clones de cacao fino y de aroma con alto rendimiento. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias , 1-2.
- INIAP. (2019a). INIAP aporta a la mejora en la producción de cacao nacional. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias.
- INIAP. (2019b). INIAP-EETP-800 ‘Aroma Pichilingue’, Nueva variedad ecuatoriana de cacao fino de alto rendimiento. Revista fitotecnia mexicana SciELO.
- INTA. (2010). Guía Tecnológica del Cultivo de Cacao. Managua, Nicaragua. Edición 4. 42 p.
- Jaimez, R., Barragán, L., Niño, M., Wessjohann, L., Cedeño-García, G., Cantos, I., y Arteaga, F. (2022). *Theobroma cacao* L. cultivar CCN 51: una revisión exhaustiva sobre el origen, la genética, las propiedades sensoriales, la dinámica de producción y los aspectos fisiológicos. *PeerJ* 10.
- Jaimez, R., Tezara, W., Coronel, I., y Urich, R. (2008). Ecofisiología del cacao (*Theobroma cacao*): su manejo en el sistema agroforestal. Sugerencias para su mejoramiento en Venezuela. *Revista Forestal Venezolana*. Volumen 52, 6.
- Lahive, F., Hadley, P., y Daymond, A. (2018). The impact of elevated CO₂ and water deficit stress on growth and photosynthesis of juvenile cocoa (*Theobroma cacao* L.). *International Journal for Photosynthesis Research*, 911-920.
- Leiva-Rojas, E., Gutiérrez-Brito, E., Pardo-Macea, C., y Ramírez-Pisco, R. (2019). Comportamiento vegetativo y reproductivo del cacao (*Theobroma cacao* L.) por efecto de la poda. *Revista fitotecnia mexicana (SciELO Analytics)*, 10.
- Loor-Solórzano, R., Amores-Puyutaxi, F., Vasco-Medina, S., Quiroz-Vera, J., Casanova-

- Mendoza, T., Garzón-Catota, A., y Quijano-Rivadeneir, G. (2019). INIAP-EETP-800 'Aroma pichilingue', Nueva variedad ecuatoriana de cacao fino de alto rendimiento. *Revista fitotecnia mexicana (SciELO)*.
- Lopez, P. (2011). Paquete Tecnológico Cacao (*Theobroma cacao* L) Producción de Planta. Tabasco.Mexico.12 p.
- López, S., Sánchez, Á., y Córdova, V. (2016). Efecto de la poda en plantaciones de cacao en el estado de Tabasco, México. *Revista mexicana de ciencias agrícolas (SciELO)*, 1-10.
- López-Hernández, J., López-Hernández, L., Avendaño-Arrazate, C., Aguirre-Medina, J., Espinosa-Zagaroza, S., Moreno-Martínez, J., y Suárez-Venero, G. (2018). Floral biology of creole, trinitario and forastero cacao (*Theobroma cacao* L.) in México. *Agroproductividad* 11(9). 129-135.
- Malavé-Acuña, A. (2005). Los suelos como fuente de boro para las plantas. *Revista Científica UDO Agrícola* 5(1), 10-26.
- Meneses, L., y Soto, H. (2019). Fortalecimiento de Conocimientos en Fertilidad de Suelos del Trópico de Cochabamba, Yungas de La Paz y municipios de migración. Proyecto Financiado por la Unión Europea, 48.
- Morales, E., Calderón, O., Barraza, G., Tagle, M., y Pérez, J. (2019). Estimación del diámetro normal, altura y volumen de *Pinus pseudostrobus* Lindl. en función del diámetro del tocón. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* Vol. 10, 55.
- Morales, J., y Serrano, V. (2019). Cuantificación del servicio ecosistemático de almacenamiento de carbono en el suelo de los ecosistemas bosques siempre-verde de las tierras bajas, bosque siempre-verde de pie montano y bosque siempre-verde andino montano bajo de la provincia de Napo. Obtenido de Tesis de Ingeniero Ambiental. Quito, Ecuador.Facultada Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables. Universidad Politécnica Salesiana de Quito. 177 p.
- Mortimer, R., Saj, S., y David, C. (2018). Supporting and regulating ecosystem services in cocoa agroforestry systems. *Agroforest Syst* 92, 1639–1657.
- Niemenak, N., Cilas, C., Rohsius, C., Bleiholder, H., Meier, U., y Lieberei, R. (2010).

- Phenological growth stages of cocoa plants (*Theobroma* sp.):codification and description according to the BBCH scale. Department of Biological Science, 24.
- Ordoñez-Espinosa, C., Suárez-Salazar, J., Rangel-Churio, J., y Saavedra-Mora, D. (2021). Los sistemas agroforestales y la incidencia sobre el estatus hídrico en árboles de cacao. Artículo de Investigación Científica. 19(1), 12.
- Pabón, M., Herrera, L., y Sepúlveda, W. (2016). Caracterización socio-económica y productiva del cultivo de cacao en el departamento de Santander (Colombia). Revista Mexicana de Agronegocios, 283-294.
- Palacios, B., Aguirre, Z., y Lozano, D. (2015). Experiences of forest enrichment in secondary forest in the "El Padmi" watershed, Zamora Chinchipe-Ecuador. Cedamaz. Vol. 5 , 11.
- Paredes, M. (2003). Ministerio de Agricultura Programa para el Desarrollo de la Amazonia Proamazonia. obtenido de manual de cultivo del cacao. 83p.
- PDOT. (2019). Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de Zamora Chinchipe. Gobierno Autónomo Descentralizado Provincia de Zamora Chinchipe, 1-247.
- Pérez, G., y Freile, J. (2017). Adaptabilidad de clones promisorios de cacao nacional (*Theobroma cacao* L.), en el cantón Arosemena Tola de Ecuador. Revista Centro Agrícola 44 (2), 44-51.
- Petrova, Y. (2012). The effect of light intensity on stomatic density of lavender, *Lavandula angustifolia*. Young Scientists Journal, 5.
- Pinto, M. (2012). Tecnología para la producción de Cacao como sistema agroforestal en regiones potenciales de Colombia . Colombia: Produmedios 48 p.
- Piña, M., y Arboleda, M. (2010). Efecto de dos ambientes lumínicos en el crecimiento inicial y calidad de plantas de *Crescentia cujete* . Bioagro 22 (1) , 61-66.
- Pocomucha, V., Alegre, J., y Abregú, L. (2016). Análisis socio económico y carbono almacenado en sistemas agroforestales de cacao (*Theobroma cacao* L.) en Huánuco. Ecología Aplicada, 15(2), 8.
- Quevedo, J., Jácome, J., Tuz, I., García, R., y Luna, Á. (2020). Análisis de diversidad fenotípica

- de 37 accesiones de cacao nacional (*Theobroma cacao* L.) En la zona sur del Ecuador. *Revista Universidad y Sociedad*. 12(7).
- Rada, F., Jaimez, R., García-Núñez, C., Azócar, A., y Ramírez, M. (2005). Water relations and gas exchange in *Theobroma cacao* var. Guasare under periods of water deficit. *Revista de la Facultad de Agronomía de la Universidad del Zulia* 22(2), 112-120.
- Ramos, A., Gómez, M., Manchado-Sierra, E., y Aranguren, Y. (2020). Caracterización fenotípica y genotípica de cultivares de cacao (*Theobroma cacao* L.) de Dibulla, La Guajira, Colombia. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 8.
- Reges, B., Maia, A., Sarmiento, D., Silva, M., Santos, S., y Damaceno, M. (2021). Quality variables for technological application of cocoa clones from the Brazilian semiarid region. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 203-208.
- Romero, L., Parra, R., Jacobo, J., Ojeda, D., Guerreo, V., Ávila, G., y Ruiz, T. (2017). Respuesta de portainjertos de manzano a vigor, eficiencia de producción y concentraciones foliar y en fruto de NPK*. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* Vol.8, 14.
- Romero-Romero, E., Sánchez, R., Sumich, J., Añino, Y., y Lopez, O. (2020). Morphometric variability and stomatic density in leaves of *Mangifera indica* under contrasting light conditions. *Tecnociencia*. 22(1), 7.
- Rosas-Patiño, G., Puentes-Páramo, Y., y Menjivar-Flores, J. (2017). Relación entre el pH y la disponibilidad de nutrientes para cacao en un entisol de la Amazonia colombiana. *Corpoica Ciencia Tecnología Agropecuaria* 18(3), 529-541.
- Rosas-Patiño, G., Puentes-Páramo, Y., y Menjivar-Flores, J. (2021). Efecto del pH sobre la concentración de nutrientes en cacao (*Theobroma cacao* L.) en la Amazonia Colombiana. *Revista de las Ciencias Agrarias* 24(1), 10.
- Salazar, J., Melgarejo, L., Casanoves, F., Rienzo, J., DaMatta, F., y Armas, C. (2018). Photosynthesis limitations in cocoa leaves under different agroforestry systems in the Colombian Amazon. *PLoS ONE*, 13(11), 1- 13.
- Sánchez, Á., López, S., Córdova, V., y Gallardo, F. (2018). Productividad potencial del SAF

- cacao asociado con árboles forestales. *Revista Iberoamericana de Bioeconomía y Cambio Climático*, vol. 4, núm. 7.
- Snoeck, D., Koko, L., Joffre, J., Bastidas, P., y Jagored, P. (2016). *Cocoa Nutrition and Fertilization*. Springer International Publishing, 155 - 202.
- Suárez-Salazar, J., Duran-Bautista, E., Rojas-Castillo, J., y Ortiz-Cifuentes, N. (2017). Pigmentos fotosintéticos y conductancia estomática en ecotipos de copoazú (*Theobroma grandiflorum* Willd. Ex. Spreng K. Schum.). *Agronomía Mesoamericana* 28(1), 1-9.
- Subía, C., Calderón, D., Fernández, F., y Loor, R. (2018). Evaluación de Clones Superiores de Cacao (*Theobroma cacao* L.) en la Joya de los Sachas, Provincia de Orellana. *Artículos del Primer Congreso Internacional Alternativas Tecnológicas para la Producción Agropecuaria Sostenible en la Amazonía Ecuatoriana, La Joya de los Sachas, Ecuador*. 215 p.
- Sullca, B. (2013). Paquete tecnológico de manejo integrado de cacao. Instituto Nacional de Investigación y Extensión Agraria. Recuperado de: <https://docplayer.es/34840872-Paquete-tecnologico-de-manejo-integrado-del-cacao.html>. Consultado el 2 de Agosto del 2021.
- Tezara, W., Almeida, J., Cortes, J., Valencia, E., y Bolaños, M. (2015). Actividad fotoquímica de clones élites de cacao (*Theobroma cacao* L.) Ecuatoriano en el norte de la provincia de Esmeraldas. *Investigación y Saberes*, Vol. IV (3), 37-52 .
- Tinoco, L., y Vargas, Y. (2018). *Sistemas Agroforestales de Cacao: Revisión de Literatura Sobre el Efecto de la Sombra en la producción de Theobroma cacao L.* (INIAP) Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. 7 p.
- Toledo, R., Viciedo, D., Mora, D., Cuellar, L., Valencia, E., Moreno, M., y Flórez, M. (2017). *Muestreo de suelos, técnicas de laboratorio e interpretación de análisis de suelos*. Centro de Formación Agroindustrial La Angostura, 12.
- Valenzuela, J., Fernández, J., Restrepo, A., y Aristizábal, R. (2012). *El cultivo de cacao* . Fomento Empresarial Agrícola, 12.

Villarreyana, R. (2016). Efecto de los árboles de sombra sobre el rendimiento de los cafetos, basado en perfiles de daño. Ministerio Federal del Medio Ambiente, Protección de la Naturaleza, Obras Públicas y Seguridad Nuclear., 1- 34.

Villegas-Retana, S., y Chavarría-Soto, M. (2016). Morfometría foliar y clorofila de *Piper reticulatum* (Piperaceae) en luz y sombra en la Estación Biológica La Selva, Costa Rica. *Research Journal of the Costa Rican Distance Education University*, 4.

11. ANEXOS

Anexo 1. Evidencias fotográficas



Figura 14. Estructura de la malla sarán al 80 % de sombra en el clon CCN 51.



Figura 15. Estructura de la malla sarán al 35 % de sombra en el clon EETP 800.



Figura 16. Observación y cuantificación de estomas mediante el método de improntas.

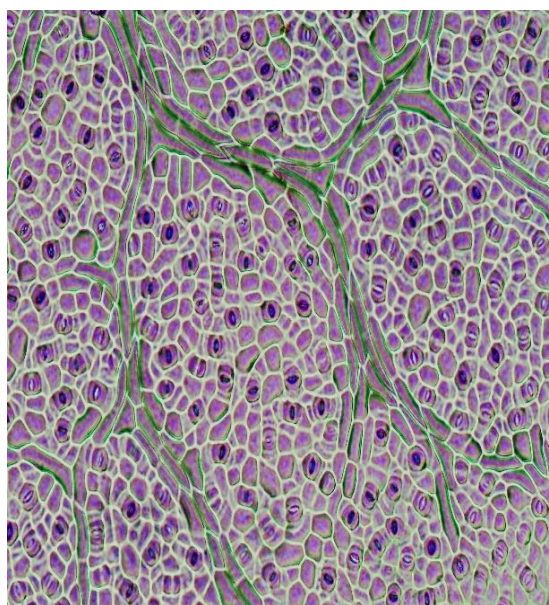


Figura 17. Visión panorámica de estomas en hojas de cacao Clon CCN 51 (aumento 10X).



Figura 18. Medición de la longitud de la hoja para determinar el IAF en el Clon EETP 800.



Figura 19. Frutos de cacao del Clon EETP 800 al 80 % de sombra que llegaron hasta la Etapa del desarrollo del fruto, estadio 79.

Anexo 2. Resultados del ANOVA de las diferentes variables.

Tabla 20. Resultados del ANOVA de la variable ASTT Final de la porta injerto (p valor significativo < 0,05).

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Final ASTT.PI (cm2)	30	0,84	0,80	28,62

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	674475,77	5	134895,15	24,66	<0,0001
CLON	629495,66	1	629495,66	115,07	<0,0001
Sombra	29235,37	2	14617,68	2,67	0,0896
CLON*Sombra	21460,68	2	10730,34	1,96	0,1625
Error	131290,72	24	5470,45		
Total	805766,50	29			

Tabla 21. Resultados del ANOVA de las fechas de evaluación del diámetro de copa (p valor significativo < 0,05).

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
24/2/2022	38	0,81	0,78	17,68

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	160704,47	5	32140,89	27,16	<0,0001
CLON	127970,80	1	127970,80	108,12	<0,0001
Sombra	24298,71	2	12149,36	10,26	0,0004
CLON*Sombra	3933,12	2	1966,56	1,66	0,2058
Error	37875,46	32	1183,61		
Total	198579,93	37			

Tabla 22. Resultados del ANOVA del incremento de la variable diámetro de copa (p valor significativo < 0,05).

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Incremento	37	0,28	0,17	48,73

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	3538,39	5	707,68	2,45	0,0559
CLON	2327,08	1	2327,08	8,04	0,0080
Sombra	120,62	2	60,31	0,21	0,8130
CLON*Sombra	1111,56	2	555,78	1,92	0,1636
Error	8972,26	31	289,43		
Total	12510,65	36			

Tabla 23. Resultados del ANOVA de la variable IAF (p valor significativo < 0,05).

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
IAF	18	0,98	0,98	10,09

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	34,73	5	6,95	149,60	<0,0001
Clon	30,28	1	30,28	652,25	<0,0001
Sombra	3,81	2	1,90	40,99	<0,0001
Clon*Sombra	0,64	2	0,32	6,88	0,0102
Error	0,56	12	0,05		
Total	35,29	17			

Tabla 24. Resultados del ANOVA de la variable Clorofila Total (p valor significativo < 0,05).
Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
C Total	24	0,42	0,26	32,53

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	7085,10	5	1417,02	2,60	0,0614
Sombra %	2403,17	2	1201,58	2,20	0,1393
Clon	2618,77	1	2618,77	4,80	0,0418
Sombra %*Clon	2063,16	2	1031,58	1,89	0,1796
Error	9816,49	18	545,36		
Total	16901,59	23			

Tabla 25. Resultados del ANOVA de la densidad estomática (p valor significativo < 0,05).
Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Densidad estomática (estom..	24	0,76	0,70	7,17

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	238836,98	5	47767,40	11,58	<0,0001
Clon	201428,40	1	201428,40	48,82	<0,0001
Sombra	31581,30	2	15790,65	3,83	0,0412
Clon*Sombra	5827,27	2	2913,63	0,71	0,5067
Error	74261,90	18	4125,66		
Total	313098,88	23			

Tabla 26. Resultados del ANOVA de la curva de crecimiento del fruto (longitud del fruto) (p valor significativo < 0,05).

Largo (cm)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Largo (cm)	14	0,06	0,00	26,71

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2,09	2	1,04	0,32	0,7320
Sombra	2,09	2	1,04	0,32	0,7320
Error	35,73	11	3,25		
Total	37,81	13			

Tabla 27. Resultados del ANOVA del peso estimado promedio de fruto/g del clon EETP 800 (p valor significativo < 0,05).

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
peso estimado promedio de ..	18	0,14	0,03	12,16

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1922,15	2	961,07	1,24	0,3177
Sombra	1922,15	2	961,07	1,24	0,3177
Error	11636,64	15	775,78		
Total	13558,78	17			

Tabla 28. Resultados del ANOVA de pH del suelo (p valor significativo < 0,05).

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
11/11/2021	24	0,47	0,33	3,66

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,58	5	0,12	3,24	0,0291
Clon	0,57	1	0,57	15,80	0,0009
Sombra	1,6E-03	2	8,0E-04	0,02	0,9779
Clon*Sombra	0,01	2	0,01	0,19	0,8294
Error	0,65	18	0,04		
Total	1,23	23			

Tabla 29. Resultados del ANOVA de la conductividad eléctrica (p valor significativo < 0,05).

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
2/12/2021	23	0,72	0,64	10,31

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,01	5	2,7E-03	8,83	0,0003
Clon	3,3E-03	1	3,3E-03	10,80	0,0044
Sombra	0,01	2	2,6E-03	8,49	0,0028
Clon*Sombra	4,7E-03	2	2,4E-03	7,67	0,0042
Error	0,01	17	3,1E-04		
Total	0,02	22			

Anexo 3. Análisis de suelo en el cultivo de cacao al inicio del ensayo

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. SIN Cubagagua.
 Tls. (02) 3007284 / (02)2504240
 Mail: laboratorio.dsa@iniap.gob.ec



INFORME DE ENSAYO No: 21-0806

NOMBRE DEL CLIENTE: Campoverde Cordova Rosa Carolina
 PETICIONARIO: Campoverde Cordova Rosa Carolina
 EMPRESA/INSTITUCIÓN: Campoverde Cordova Rosa Carolina
 DIRECCIÓN: PADMI, Yanzatza, Zamora Chinchipe

FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA: 04/11/2021 11:37
 HORA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA: 04/11/2021 11:37
 FECHA DE ANÁLISIS: 10/11/2021
 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		Textura (%)		Clase Textural	IDENTIFICACIÓN										
																		%	%	Arena	Limo			Arcilla									
21-3146	4,9	M.Ac.	1,38	A	122,6	A	0,90	B	0,49	A	9,06	A	3,97	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	Unidad	Al ⁺	Na ⁺	C.E.*	N. Total	* K H2O*	P H2O*	CI*	N-NO3*	IDENTIFICACION
	meq/100g			dS/m	%	ppm	ppm	ppm	ppm	

OBSERVACIONES:

METODOLOGIA USADA	
pH *	Suelo: Agua [1,2,3] * Olen Modificado
5,8 *	Fosfato de Calcio * Olen Modificado
B *	Curcuma

* Ensayos no solicitados por el cliente

INTERPRETACION	
pH	Elemento
Ac = Acido	N = Neutro
LiAc = Liger Acido	LiAl = Lige Alcalino
PN = Phac. Neutro	Al = Alcalino
RC = Requiere Cal	T = Toxico (Bazo)

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

METODOLOGIA USADA	
C.E. *	Punto Estándar
M.O. *	Dicromato de Potasio
AMH *	Titulación NAOH

INTERPRETACION		
AMH(A) / Na	C.E.	M.O. / CI
B = Bajo	NS = No Salino	S = Salino
M = Medio	LS = Lp. Salino	MS = May Salino
T = Toxico	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.





INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS
ESTACION EXPERIMENTAL SANTA CATALINA
LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS PLANTAS Y AGUAS

Panamericana Sur Km. 1. S/N Cutuglagua.
 Tlfs. (02) 3007284 / (02)2504240



INFORME DE ENSAYO No: 21-0806

NOMBRE DEL CLIENTE: Campoverde Cordova Rosa Carolina 04/11/2021
PETICIONARIO: Campoverde Cordova Rosa Carolina 11:37
EMPRESA/INSTITUCIÓN: Campoverde Cordova Rosa Carolina 04/11/2021
DIRECCIÓN: PADM, Yanzatza, Zamora Chinchipe 10/11/2021

N° muestra	K meq/100 g suelo	Ca meq/100 g suelo	Mg meq/100 g suelo	Na meq/100 g suelo	Suma de bases meq/100 g suelo	ANÁLISIS SOLICITADO:		Identificación de la muestra
						Saturación de bases (%)	CIC 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

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.



Firmado electrónicamente por:
IVAN RODRIGO
SAMANIEGO
MALGUA

RESPONSABLE DEL LABORATORIO

Anexo 4. Certificación de traducción del Abstract

CERTIFICACIÓN

En calidad de traductor del resumen de la Tesis titulada **Evaluación de tres niveles de sombra sobre parámetros fisiológicos y productivos en cacao, clon CCN 51 y EETP 800 en Zamora Chinchipe** de autoría de la señorita egresada de la carrera de Agronomía, **Yoisy Tatiana Guarderas Yuu**, autorizo su publicación y difusión dentro de la tesis.

Loja, 26 de julio de 2022

Atentamente:



Lic. Sara Patricia Chanta Jiménez, Mgs
1105366841