



Universidad
Nacional
de Loja

Universidad Nacional de Loja

Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables

Carrera de Agronomía

“ESTUDIO DE TRES NIVELES DE SOMBRA SOBRE VARIABLES FISIOLÓGICAS Y REPRODUCTIVAS EN CACAO (*Theobroma cacao*) CLON EETP-801, EN LA PROVINCIA DE ZAMORA CHINCHIPE, EL PADMI”

Trabajo de titulación previa a la obtención
del Título de Ingeniera Agrónoma

AUTORA:

Marjory Nathaniel León Ortiz

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: “ESTUDIO DE TRES NIVELES DE SOMBRA SOBRE VARIABLES FISIOLÓGICAS Y REPRODUCTIVAS EN CACAO (*Theobroma cacao*) CLON EETP – 801, EN LA PROVINCIA DE ZAMORA CHINCHIPE, EL PADMI” previo a la obtención del título de **Ingeniera Agrónomo**, de la egresada: **Marjory Nathaniel León Ortiz**, 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, 13 de julio de 2022.



Ing. Johnny Fernando Granja Travez Mg.Sc
DIRECTOR DE TESIS

AUTORÍA

Yo, Marjory Nathaniel León Ortiz, declaro ser autora del presente trabajo de titulación y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos de posibles reclamos o acciones legales, por el contenido de la misma. Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja la publicación de mi trabajo de titulación en el Repositorio Digital Institucional-Biblioteca Virtual.

Firma: .....

Cedula de identidad: 1104186083

Fecha: 08 de septiembre del 2022

Correo electrónico: marjory.leon@unl.edu.ec

Celular:0984225104

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

Yo, Marjory Nathaniel León Ortiz, declaro ser autora de la tesis titulada “**ESTUDIO DE TRES NIVELES DE SOMBRA SOBRE VARIABLES FISIOLÓGICAS Y REPRODUCTIVAS EN CACAO (*Theobroma cacao*) CLON EETP-801, EN LA PROVINCIA DE ZAMORA CHINCHIPE, EL PADMI**” como requisito para optar el título de Ingeniera Agrónoma, autorizo al sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que con los fines académicos muestre la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Institucional. Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el RI, en las redes de información del país y del exterior con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia de la tesis que realice un tercero. Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja a los ocho días del mes de septiembre del dos mil veintidós.

Firma:



Autora: Marjory Nathaniel León Ortiz

Cedula de identidad: 1104186083

Dirección: Juan José Flores y Velasco Ibarra

Correo electrónico: marjory.leon@unl.edu.ec

Celular: 0984225104

DATOS COMPLEMENTARIOS

Director del trabajo de titulación: Ing. Johnny Fernando Granja Trávez Mg.Sc

Tribunal de Grado:

Mg. Sc. Paulina Fernández Guarnizo

Presidenta

PhD. Santiago Vásquez Matute

Vocal

PhD. Alex Salazar Gonzales

Vocal

DEDICATORIA

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

Mi gran admiración a mis padres porque los dos han sido mi pilar fundamental, nunca me dejaron sola y a pesar de todo nunca me abandonaron, simplemente me queda decir gracias porque sin ustedes no lo hubiese logrado.

A mis suegros Vicente y Soledad, que gracias a su esfuerzo y apoyo incondicional he podido culminar mi carrera profesional.

A mis cuñados Cristhyan, Diana y Damaris quienes me brindaron su cariño y su apoyo para poder salir adelante.

A mis hermanos Katty, Harry y Caren quienes estuvieron conmigo siempre.

Y de manera muy especial a mi esposo y a mis hijos que han sido mi motivo y mi inspiración para salir adelante cada día.

Marjory Nathaniel León Ortiz

AGRADECIMIENTO

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

Quiero dar las gracias a mis padres Wilson y Tania, que me brindaron su apoyo incondicional para seguir adelante, que con esfuerzo y sacrificio pude lograr lo esperado, gracias por sus consejos, confiar en mí y nunca dejarme sola en cada paso que daba.

A mis hermanos Katty, Harry y Caren quienes han sido mi apoyo para poder verme ahora como profesional.

A mis suegros Soledad y Vicente quienes han sido mi apoyo durante mi carrera universitaria.

A mi esposo y a mis hijos que son mi inspiración y mi valentía para surgir.

A mis cuñados Cristhyan, Diana y Damaris que a pesar de todo siempre estuvieron conmigo apoyándome en cada paso.

A mi director de tesis Johnny Granja por guiarme con cada inquietud durante la investigación.

A mis amigos y amigas que estuvieron siempre brindándome su apoyo.

A una persona muy especial para mí, por brindarme su apoyo durante el transcurso de mi carrera.

Marjory Nathaniel León Ortiz

ÍNDICE DE CONTENIDOS

PORTADA	i
CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DE TESIS.....	ii
AUTORÍA.....	iii
CARTA DE AUTORIZACIÓN.....	iv
DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTO.....	vi
ÍNDICE DE CONTENIDOS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE TABLAS	xii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiii
TÍTULO	1
2. RESUMEN.....	2
2.1 ABSTRACT	3
3. INTRODUCCIÓN	4
3.1 OBJETIVO GENERAL.....	6
3.1.1 OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	6
4. REVISION DE LITERATURA.....	7
4.1 Generalidades e importancia en el cultivo de cacao.....	7
4.2 Origen	7
4.3 Taxonomía.....	8
4.4 Descripción botánica del cacao.....	8
4.4.1 Tallo	8
4.4.2 Hojas	9
4.4.3 Flores.....	9

4.4.4 Fruto	9
4.4.5 Semillas	9
4.5 Fisiología del Cacao	9
4.5.1 Luz.....	9
4.6 Cacao Clon EETP – 801	10
4.7 Cambio climático y condiciones ambientales	10
4.7.1 Temperatura	10
4.7.2 Humedad	11
4.7.3 Viento.....	11
4.7.4 Sombreo.....	11
4.8 Cultivares de Cacao.....	12
4.8.1 Forastero (Trinitario) o cacao amargo	12
4.8.2 Criollo, híbridos o cacao dulce	12
4.8.3 Cacao Nacional o Arriba.....	12
4.8.4 Cacao Clon CCN – 51.....	13
5. MATERIALES Y METODOS	14
5.1 Ubicación del estudio	14
5.2 Metodología general	15
5.2.1 DISEÑO EXPERIMENTAL	15
UNIDAD EXPERIMENTAL:	15
DENSIDAD DE SIEMBRA:.....	15
TRATAMIENTOS:.....	16
5.2.1.4 MODELO MATEMÁTICO	16
5.2.2 Establecimiento y manejo del ensayo.....	16
5.3 Metodología	17

5.3.1 Metodología para el primer objetivo:	17
<i>“Analizar el impacto de los niveles de radiación solar sobre variables fisiológicas del clon de cacao EETP – 801”</i>	17
5.3.1.1 Área de la sección transversal del tronco (ASTT)	17
5.3.1.2 Diámetro de copa	17
5.3.1.3 Concentración de clorofila	18
5.3.1.4 Densidad estomática	18
5.3.1.5 Índice de área foliar (IAF)	19
5.3.2 Metodología para el segundo objetivo:	19
<i>“Identificar el efecto de los diferentes niveles de sombra del clon de cacao EETP – 801 sobre las variables productivas”</i>	19
5.3.2.1 Entrada de producción	19
5.3.2.2 Longitud del fruto	19
5.3.2.3 Tasa de crecimiento absoluto (TCA) y tasa de crecimiento relativo (TCR) del fruto	19
5.3.2.4 pH y conductividad eléctrica (CE) del suelo	20
5.3.2.5 Peso estimado de la mazorca	20
5.3.2.7 Fenología del cacao	20
5.3.2.8 Análisis estadístico	21
6. RESULTADOS	21
6.1 Variables fisiológicas	21
6.1.1 Diámetro de copa	21
6.1.2 Área de la sección transversal del tronco ASTT	22
6.1.3 Tasa de crecimiento absoluto (TCA) y tasa de crecimiento relativo (TCR) del fruto	22
6.1.4 Concentración de clorofila a, b y total	23

6.1.5 Densidad estomática	23
6.1.6 Índice estomático	24
6.1.7 Índice de Área Foliar	24
6.1.8 pH del suelo y conductividad eléctrica	25
6.2 Variables productivas	27
6.2.1 Entrada de producción	27
6.2.3 Peso estimado promedio del fruto	27
6.2.5 Fenología del cacao	28
6.3 Análisis de correlación	29
7. DISCUSIÓN	31
8. CONCLUSIONES	36
9. RECOMENDACIONES	37
10. BIBLIOGRAFIA	38
11. ANEXOS	41

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación del lugar de estudio (Estación Experimental "El Padmi").	14
Figura 2. Esquema de campo	16
Figura 3. Incremento de diámetro de copa en plantas de Cacao clon EETP – 801.	22
Figura 4. Concentración de clorofila bajo 3 niveles de sombra a los 105 días después del tratamiento	23
Figura 5. Índice de área foliar bajo tres niveles de sombra en el cultivo de cacao EETP-801	25
Figura 6. Evolución del pH en el suelo días después de la aplicación de diferentes niveles de sombra.	26
Figura 7. Niveles de conductividad eléctrica (CE) en el suelo después de la aplicación de los tratamientos de sombra.	26
Figura 8. Curva de crecimiento de la longitud del fruto del clon EETP - 801	27
Figura 9. (A). Producción estimada por planta (kg)	28
Figura 10. Fenología del cacao clon EETP – 801 en los tres niveles de sombra	29

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Taxonomía del cacao.....	8
Tabla 2. Análisis de suelos del área de estudio	15
Tabla 3. Área de la sección transversal del tronco (ASTT)	22
Tabla 4. Tasa de Crecimiento Absoluto y Tasa de crecimiento Relativo en tres niveles de sombra	22
Tabla 5. Densidad estomática en hojas de cacao clon EETP - 801 al finalizar la evaluación del ensayo.....	24
Tabla 6. Índice estomático en hojas de cacao clon EETP - 801.....	24
Tabla 7. Correlaciones entre variables morfológicas y fisiológicas evaluadas en cacao clon EETP-801	29
Tabla 8. Resultados del ANOVA de la variable Densidad Estomática.....	45
Tabla 9. Resultados del ANOVA de la variable TCA	45
Tabla 10. Resultados del ANOVA de la variable Clorofila a	46
Tabla 11. Resultados del ANOVA de la variable Clorofila b	46
Tabla 12. Resultados del ANOVA de la variable Clorofila total	47
Tabla 13. Resultados del ANOVA de la variable pH a los 63 DDT	47

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Evidencias fotográficas	41
Anexo 2. Análisis de suelo realizado en la Estación Experimental Santa Catalina.....	43
Anexo 3. Resultados de CIC del suelo del Padmi, realizados en la estación experimental Santa Catalina.....	44
Anexo 4. Análisis de varianza realizados	45
Anexo 5. Análisis de correlación	48

**“ESTUDIO DE TRES NIVELES DE SOMBRA SOBRE
VARIABLES FISIOLÓGICAS Y REPRODUCTIVAS EN
CACAO (*Theobroma cacao*) CLON EETP-801, EN LA
PROVINCIA DE ZAMORA CHINCHIPE, EL PADMI”**

2. RESUMEN

Ecuador se caracteriza por producir cacao fino y de aroma, apeteído y valorado por el mercado internacional para la elaboración de chocolates finos. El país aporta con el 60% de la producción mundial de cacao aromático del genotipo Nacional. El efecto de la sombra en campo es muy complejo con resultados ambiguos y a veces contradictorios por lo que surge la necesidad de tener un mejor conocimiento que permita resolver los problemas que todavía se plantean así poder mejorar el crecimiento de las plantas en sus primeras etapas y posteriormente para incrementar la producción. En este estudio se planteó como objetivo principal evaluar el efecto de tres niveles de sombra sobre variables fisiológicas y reproductivas en cacao clon EETP – 801, el cual se llevó a cabo en la Estación Experimental “El Padmi” de la UNL, en la provincia de Zamora Chinchipe, sobre un cultivo de cacao de 2 años 5 meses de edad, bajo un arreglo DCA con 3 tratamientos (0%, 35% y 80% de sombra) y 6 repeticiones. Se midieron variables como diámetro de copa, el área de la sección transversal del tronco (ASTT), Índice de Área Foliar (IAF) la concentración de clorofila y densidad estomática, el pH y la CE del suelo. Así también se midieron variables productivas como entrada de producción, la longitud del fruto y peso estimado del fruto.

Los resultados obtenidos demostraron que en la mayoría de las variables no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos. Sin embargo, el tratamiento a plena luz permite obtener plantas más altas, el tratamiento al 80% sombra favoreció al incremento de clorofila, A, B, y total. En general los resultados de la investigación, muestran que el uso de la sombra no evidencia efectos estadísticamente significativos sobre variables fisiológicas y productivas del clon EETP – 801, lo que nos muestra es que en esta zona no haría falta implementación de sombra con malla sarán.

Palabras clave: *Theobroma cacao L*, desarrollo, niveles de sombra

2.1 ABSTRACT

Ecuador is known for producing fine and aromatic cocoa, which is highly valued by the international market for the production of fine chocolates. The country contributes with 60% of the world production of aromatic cocoa called "arriba" from the National genotype. The effect of shade in the field is very complex and the need arises to have a better knowledge to solve the problems that still arise in terms of its rational use, to maximize plant growth in its early stages during the establishment and later to increase production. The main objective of this study was to evaluate the effect of 3 levels of shade on physiological and reproductive variables in cocoa clone EETP - 801, which was carried out at the Experimental Station "El Padmi" of the UNL, in the province of Zamora Chinchipe, for a period of 6 months (November 2021 to February 2022) on a crop of cocoa clone EETP-801 of 2 years 5 months old, under a DCA arrangement with 3 treatments (0, 35 and 80% shade) and 7 replications. Physiological variables such as crown diameter were measured every 21 days, trunk cross-sectional area (ASTT) was evaluated at the beginning and end of the experiment, leaf area (FA) and leaf area index (LAI) were evaluated at the end of the trial, chlorophyll concentration and stomatal density were measured at the end of the field trial, while productive variables such as fruit length were measured every 21 days, as well as soil pH and EC.

The results obtained showed that the effect on dependent variables was evaluated by ANOVA and mean test (Tukey), showing that in most of the variables there were no significant differences between treatments. However, the full light treatment allowed taller plants and the 80% shade treatment favored the increase of chlorophyll, A, B and total chlorophyll. In general, the results of the research show that the use of shade does not show statistically significant effects on physiological and productive variables of clone EETP - 801, which shows that in this area the implementation of shade would not be necessary.

Key words: Theobroma cacao L, development, shade levels.

3. INTRODUCCIÓN

En el Ecuador, el cacao es uno de los principales productos tradicionales de exportación. Según el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), el sector cacaotero aporta con el 5 % de la población económicamente activa nacional (PEA) y el 15% de la PEA rural, formando así una base fundamental de la economía familiar costera del país, las estribaciones de las montañas de los Andes y la Amazonía ecuatoriana (ANECACAO, 2019).

La Organización Internacional de Cacao ICCO (2018) indica que a nivel mundial se producen alrededor de 3,5 millones de toneladas de cacao. Ecuador es un país potencial para la producción cacaotera, aunque apenas aporta con el 3% de la oferta mundial; se cultivan alrededor de 573,833 ha, de las cuales 501.285 ha se cultivan con cacao CCN 51, 72.223 ha son de variedad Nacional, y 324 ha están en asocio de CCN 51 y Nacional (Godoy, 2021).

Ecuador es líder en la producción de cacao fino de aroma, con una participación del 62% del mercado mundial, dando sustento a alrededor de cien mil familias que practican este cultivo pero que mantienen niveles de productividad muy bajos. Estos factores, combinados con una ausencia de políticas de fomento y de apoyo a la producción, lo han llevado a una situación de riesgo, lo que ha generado en el MAGAP una política pública para la reactivación del sector que se viene implementando desde 2011 (CEPAL, 2020).

La problemática actual de los productores de la Amazonía ecuatoriana, es la utilización de material genético sin previo estudio de adaptabilidad a las condiciones edáficas y climáticas existentes en la zona, enfrentando problemas climáticos desfavorable (bajas temperaturas), falta de asistencia técnica, y presencia de enfermedades fitosanitarias (monilla, escoba de bruja), reflejándose en los bajos rendimientos productivos y calidad del fruto (BCE, 2019).

En la provincia de Zamora Chinchipe, la superficie cultivada de cacao es 848,8 ha, distribuidas en tres sistemas de siembra: el 62,42% está bajo un sistema de siembra asociado principalmente con plátano, el 21,42% en forma de monocultivos y el 16,32% se establece bajo sistemas agroforestales (principalmente guabos, porotillos y laurel). Cabe recalcar que la productividad del clon CCN 51 en la Provincia de Zamora Chinchipe en el 2019 fue de 0,66 t de almendra seca/ha, muy por debajo de su potencial y de la producción de cacao a nivel nacional, cuyo valor fue de 1,55 t INIAP, (2019). Esta producción limitada no alcanza a satisfacer la actual

demanda local, por lo que se requiere potenciar aquellas actividades agronómicas que mejoren el rendimiento.

El cacao, por ser una especie umbrófila, requiere de sombra al menos durante sus primeros estadios de crecimiento y desarrollo. La planta de cacao en la fase de establecimiento es más sensible a la radiación solar, altas temperaturas y corrientes fuertes de viento, factores que provocan quemaduras en las hojas, facilitando el desprendimiento y la defoliación de la misma.

Cada variedad de cacao responde de manera diferente a la radiación fotosintéticamente activa (PAR). En ensayos realizados por el INIAP sobre clones de cacao Nacional, se encontraron respuestas óptimas de fotosíntesis y rendimiento a altos valores de radiación nunca antes reportados para este cultivo. Por otra parte, el cacao es una especie sensible a la intensidad lumínica Quiroz, (2010), por lo cual, un exceso puede provocar defoliaciones, y aumentar la acción de insectos chupadores, dependiendo de la variedad (Godoy, 2021).

Según MAG, (2016) para que el establecimiento de la planta de cacao sea adecuado, es requisito fundamental que exista sombra que regule la luminosidad, las condiciones de temperatura que rodean la planta, el viento excesivo y evite deficiencias extremas de humedad en épocas de sequía sin embargo Lutherdan, (2021) para definir el nivel de sombra apropiado es necesario tomar en cuenta el clima y suelo donde se desarrolla el cultivo del cacao. Si el clima no es el más adecuado para el cultivo del cacao o los suelos son pobres de nutrientes, la sombra se vuelve más importante. Al contrario, si el suelo es muy fértil y el clima es adecuado para el cultivo del cacao se puede utilizar menos sombra para el cacao. De la misma manera, Almeida et al. (2019) en un estudio de sombra bajo invernaderos y a pleno sol, demostró, que los árboles a plena luz mostraron una marcada reducción en el contenido de clorofila, indicando claramente fotoinhibición, lo que sustenta que el cacao es un cultivo tolerante a la sombra.

Con los antecedentes descritos, la presente investigación buscó analizar el efecto que tiene la sombra en el desarrollo fisiológico y reproductivo de las plantas de cacao clon EETP 801 en estado vegetativo.

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

3.1 OBJETIVO GENERAL

- ✓ Evaluar el efecto de tres niveles de sombra sobre variables fisiológicas y reproductivas en cacao clon EETP - 801 en la provincia de Zamora Chinchipe sector “El Padmi”

3.1.1 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- ✓ Determinar el impacto de los niveles de radiación solar sobre variables fisiológicas del clon de cacao EETP – 801.
- ✓ Identificar el efecto de los diferentes niveles de sombra del clon de cacao EETP – 801 sobre las variables productivas.

4. REVISION DE LITERATURA

4.1 Generalidades e importancia en el cultivo de cacao

El cultivo de cacao o cacaotero es un árbol perenne que alcanza los 7 m de altura. Pertenece a la división Magnoliophyta, familia Malvaceae. Es un árbol de tipo «caulifloro» es decir, florece directamente desde el tronco principal, al igual que sus hojas y frutos también se desarrollan directamente desde esta estructura. Posee flores pequeñas de color rosa, las cuales están siempre presentes y visibles en el árbol ya que este se encuentra en constante floración. Da un fruto de tipo baya, conocido como mazorca o maraca, de coloración rojiza a púrpura al madurar, las cuales se encuentran dispuestas en orden de unos 20 por árbol, a pesar de que las flores pueden llegar al orden de más de 5000 por cada árbol.

La raíz principal es pivotante, en los primeros meses de vida de la planta puede crecer entre 120 a 150 cm, en suelos sueltos llega hasta los 200 cm; en los primeros 25 cm de profundidad se encuentra el mayor volumen de raíces secundarias (entre 85 a 90%). Es una planta cauliflor, es decir florece en los troncos maduros o en las ramas más viejas, su fase reproductiva inicia a partir de los 30 a 32 meses, aunque los clones e híbridos tardan entre 14 y 18 meses, produciendo inflorescencias caulinares y cimosas (Godoy, 2021).

A partir del cacao se fabrica el chocolate. Existen diferentes variedades de cacao que son cultivadas en diferentes regiones del mundo, pero principalmente en América del Sur y Central: las variedades criolla y forastera son algunas de las más comunes, siendo la última la más cultivada. La variedad criolla es utilizada para fabricar chocolates finos, mientras que la segunda se usa para fabricar otro tipo de chocolates y sucedáneos. En ambos casos, el chocolate es obtenido luego de la molienda de los granos del cacao (semillas) y un posterior procesamiento (Colmenares, 2019).

4.2 Origen

El cultivo del cacao tuvo su origen en América, pero no se puede indicar con precisión el lugar específico ni su distribución. Aún hoy día continúa siendo tema de discusión. Algunos autores indican que el cultivo del cacao se inició en México y América Central y señalan al mismo tiempo que los españoles no lo vieron cultivado en América del Sur cuando arribaron a ese continente, aunque lo encontraron creciendo en forma natural en muchos bosques a lo largo de

los ríos Amazonas y Orinoco y sus afluentes, donde aún hoy existen tipos genéticos de mucho valor. Los toltecas y los aztecas de México apreciaban el cacao desde hacía mucho tiempo, antes del descubrimiento de América. Cuando Hernán Cortés conquistó ese país encontró que los aztecas usaban las almendras del cacao no sólo para la preparación de bebidas sino también como moneda. Con 100 almendras de cacao se compraba un esclavo y con 10 un conejo Redondo, (2020).

4.3 Taxonomía

Según Fernando, (2021) la taxonomía del cacao se clasifica en:

Tabla 1. Taxonomía del cacao

Reino	Vegetal
Subreino	Tracheobionta
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliosida
Subclase	Dilleniidae
Orden	Malvales
Familia	Esterculiceae
Subfamilia	Byttnerioideae
Tribu	Theobromeae
Genero	Theobroma
Especie	<i>Theobroma cacao l.</i>

4.4 Descripción botánica del cacao

Cacao Theobroma, pertenece a la familia malvácea y subfamilia Esterculioideae son árboles ramificados con hojas simples y un fruto carnoso (mazorca). Este género se desarrolla en lugares tropicales húmedos su mayor diversidad está distribuida desde la cuenca del Amazonas hasta la región Mesoamericana, son cultivados para el mercado interno y mundial por la gran demanda que genera para la elaboración de chocolate (Arvelo *et al.*, 2017).

4.4.1 Tallo

Las plantas de cacao, reproducidas por semillas, desarrollan un tallo principal de crecimiento vertical que puede alcanzar 1 a 2 metros de altura a la edad de 12 a 18 meses. A partir de ese momento la yema apical detiene su crecimiento y del mismo nivel emergen de 3 a 5 ramas laterales. A este conjunto de ramas se le llama comúnmente verticilio u horqueta (Estrada *et al.*, 2011).

4.4.2 Hojas

Tienen un color verde oscuro en el haz y otro más pálido en el envés Mosquera, (2016). Sus hojas son simples coriáceas, ovadas, ligeramente asimétricas y alternas pubescentes en ambas caras, el largo de la hoja aproximadamente va desde 17 a 48 cm con un ancho de 8 a 10 cm, la base es redondeada con un ápice apiculado (Arvelo *et al.*, 2017).

4.4.3 Flores

Las flores son pentámeras, hermafroditas, actinomorfas, y de 10 a 20 mm de diámetro, con un pedúnculo floral de 1 a 3 cm de largo. Los sépalos son blancos o rosa claros, de 5 a 8 mm de largo y de 1,5 a 2 mm de ancho, angostamente lanceoladas, persistentes y fusionados en la base (Arvelo *et al.*, 2017).

4.4.4 Fruto

El fruto es una baya grande (mazorca), polimorfa, esférico a fusiforme, púrpura o amarillo en la madurez, glabro, con medidas de 10, 20 o 35 cm de largo y 7 cm ancho, con 200 a 1000 gr de peso y con 5 a 10 surcos longitudinales. El endocarpo es de 4 a 8 mm de grosor, duro, carnosos, y leñoso (Arvelo *et al.*, 2017).

4.4.5 Semillas

Las semillas son café-rojizas, ovadas, ligeramente comprimidas. Con medidas de 20, 30 y hasta 50 mm de largo, 12 a 16 mm de ancho y 7 a 12 mm de grosor (Arvelo *et al.*, 2017).

4.5 Fisiología del Cacao

El punto crucial en sombra es la intensidad que debe haber alrededor de las plantas de cacao y esto es importante ya que afecta otros factores micro-climáticos como la temperatura, la humedad relativa, evaporación y disponibilidad de agua en el suelo además de factores que influyen en la fertilidad de la plantación como velocidades de incorporación de hojarasca que sumados afectan tanto el crecimiento del cacao como su producción (Tezera *et al.*, 2018).

4.5.1 Luz

La capacidad fotosintética y contenido de clorofila incrementan paralelamente. La actividad de Rubisco (enzima) aumenta con la cantidad de clorofila y esta última puede ser usada como indicador del desarrollo de cloroplastos.

Hojas sombreadas presentan mayores concentraciones de clorofila. Aumentos de fotosíntesis con aumentos de Radiación (DFF) hasta valores de 400 a 700 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$.

La capacidad de las accesiones para crecer en diferentes condiciones está relacionado a factores genéticos. (Suarez, 2018).

4.6 Cacao Clon EETP – 801

El cacao Fino de Aroma, este producto tiene una mayor repercusión en el país debido a sus características únicas de sabor y aroma. Los detalles antes descritos se presentan gracias a la genética del grano y también a las condiciones geográficas del Ecuador. Esta variedad de cacao ha evolucionado desde el estado natural hasta su mezcla con variedades extranjeras que les brindaron una mayor resistencia a enfermedades. Hoy en día sigue siendo la variedad de cacao más cultivada en el país. (Vinicio, 2020)

Mientras que Santos, (2021) dice que los nuevos clones de Cacao tipo Nacional Fino de Aroma, INIAP EETP 801 Fino Pichilingue y el INIAP EET 800 Aroma Pichilingue, son producto de una investigación del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). Su estrategia para la creación de los nuevos clones consistió en seleccionar dentro de su colección de plantas, aquellas con genotipos que sirvan de parentales para cruzarse y que presenten características superiores, con el fin de crear esquemas de entrecruzamiento y lograr variedades de alto rendimiento.

4.7 Cambio climático y condiciones ambientales

Las modificaciones del ambiente tienen un efecto directo no solamente sobre los cultivos, sino también en el ámbito fitosanitario mundial. En este contexto, el Ecuador por su posición geográfica. está ubicado en la franja tropical, que lo expone a cambios ambientales y riesgo fitosanitario para cultivos aún mayores:

4.7.1 Temperatura

Aunque el incremento de la temperatura, predicha en los trópicos para los próximos años, es relativamente pequeña comparada con el incremento en los climas templados, se espera mayores consecuencias del calentamiento global en los trópicos, principalmente debido a que las especies tropicales, dentro de ellas cacao, tienen estrecho rango de temperatura para desarrollar y son por tanto sensitivos a cambios. Para el caso del cacao, la temperatura es un factor de mucha importancia debido a su relación con el desarrollo, floración y fructificación. Sin embargo, se espera que

organismos patogénicos tales como Monilia, Escoba de Bruja, Mal de Machete y otros organismos fungosos evolucionen con mayor facilidad y sean más tolerantes a estas variaciones. Por lo tanto, mayor probabilidad de adaptación y de riesgo de producir mayores epidemias. (Zuñiga, 2017)

4.7.2 Humedad

Sin suficiente agua en el suelo, las plantas se benefician de una alta humedad relativa, aspecto que evita la transpiración foliar excesiva. Niveles superiores al 70% favorecen el establecimiento del cultivo luego del trasplante, y una media de 75 a 80% favorece el desarrollo del cultivo, no obstante, niveles mayores al 85%, con abundante precipitación y altas temperaturas, estimulan la presencia de enfermedades fungosas (Amores et al., 2009).

4.7.3 Viento

Es un factor que influye sobre los vegetales, pues determina la velocidad de evapotranspiración del agua en la superficie del suelo y de la planta. En plantaciones expuestas a vientos fuertes ocurre la defoliación o caída prematura de hojas. En el cultivo de cacao, el viento tiene influencia directa sobre las enfermedades infecciosas, se le atribuye como el principal dispersor de los agentes fitosanitarios. Además de promover daños mecánicos dentro y entre plantas, incrementando áreas susceptibles a la penetración de estos organismos. En el caso de la Monilia, su muy elevada capacidad de producción de inóculo es ampliamente favorecida al lograrse una amplia dispersión y distribución de las esporas (Zuñiga, 2017).

4.7.4 Sombreo

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

Para el sombreado del cultivo se emplean las llamadas especies para sombra, que generalmente son otros árboles frutales intercalados en el cultivo con marcos de plantación regulares. Las especies más empleadas son las musáceas (plátano, topocho y cambures) para sombras temporales y de leguminosas como el poró o bucare (*Eritrina sp.*) y las guabas (Ingas) para sombras permanentes. En nuevas plantaciones de cacao se están empezando a emplear otras especies de sombreado que

otorgan un mayor beneficio económico como son especies maderables (laurel, cedro, cenízaro) y/o frutales (cítricos, aguacate, zapote, árbol del pan, palmera datilera, etc.). El cultivo de cacao: clima y suelo, (2019).

4.8 Cultivares de Cacao

4.8.1 Forastero (Trinitario) o cacao amargo

Es la raza más cultivada en las regiones cacaoteras de África y Brasil. Se caracteriza por sus frutos de cáscara dura y leñosa, de superficie relativamente tersa y de granos aplanados de color morado y sabor amargo. Dentro de esta raza destacan distintas variedades como Cundeamor, Amelonado, sambito, Calabacillo y Angoleta.

4.8.2 Criollo, híbridos o cacao dulce

Actualmente están sustituyendo a las plantaciones antiguas de Forasteros debido a su mayor adaptabilidad a distintas condiciones ambientales y por sus frutos de mayor calidad. Se caracterizan por sus frutos de cáscara suave y semillas redondas, de color blanco a violeta, dulces y de sabor agradable. La superficie del fruto posee diez surcos longitudinales marcados, cinco de los cuales son más profundos que los que alternan con ellos. Los lomos son prominentes, verrugosos e irregulares (ANACAFE, 2014).

4.8.3 Cacao Nacional o Arriba

De acuerdo a varios reconocimientos y estudios entre ellos los realizados por ANECACAO, y al estudio de Juan Caros Motamayor, al que hace relación el libro “Ecuador Tierra del Cacao” el “Cacao Nacional” es el producto estrella del Ecuador, reconocido mundialmente por sus características únicas en cuanto a su fino aroma y sabor que son originadas debido a las condiciones climáticas y geográficas del Ecuador y de las zonas en las que se produce el cacao (Ruiz, 2019).

Según las estadísticas publicadas por ANECACAO, Ecuador produce el 63% de cacao fino de aroma del mundo, con su producto endémico llamado Cacao nacional o arriba, el cual es apetecido de gran manera y preferido por el mercado internacional. (ANECACAO, Guia de Cacao, 2012)

Con este tipo de cacao se preparan chocolates refinados, que se distinguen por mantener la pureza del cacao en cuanto a su sabor y fragancia naturales. En América Latina, Ecuador se ha posicionado como el exportador más importante de este tipo de cacao, seguido, pero de lejos por Venezuela,

Panamá y México, los cuales recientemente han buscado incrementar la producción y exportación de cacao fino. (ANECACAO, Guia de Cacao, 2012)

4.8.4 Cacao Clon CCN – 51

Este tipo de cacao se distingue por la coloración de sus frutos que es más rojiza en su etapa de madurez. Este cacao contiene mayores cantidades de grasa y pulpa que el Nacional, es por esta razón que es preferido en ciertos nichos de mercado como para elaborar chocolate al por mayor, entre otros productos terminados derivados del cacao (ANECACAO, Guia de Cacao, 2012).

Entre las características del CCN-51 encontramos que tiene una gran capacidad de producción, por lo que su producción es cuatro veces mayor al cacao Nacional, además de presentar una alta resistencia a las enfermedades y plagas. Ya que se produce mediante un proceso de menor exigencia utilizando insecticidas y fertilizantes químicos, en comparación con el cacao CCn-51 que requiere un cuidado mayor y más orgánicos en su producción (ANECACAO, Guia de Cacao, 2012).

5. MATERIALES Y METODOS

5.1 Ubicación del estudio

La Estación Experimental “El Padmi” se encuentra ubicado en la parroquia Los Encuentros perteneciente al cantón Yanzatza, de la provincia de Zamora Chinchipe; desde la ciudad de Loja existe una distancia de 123 km (Figura 1). La estación posee una extensión de 102,95 ha. y está ubicada a una altitud entre 775 y 1150 msnm. Según la clasificación de Sierra el tipo de vegetación corresponde a bosque siempre verde de tierras bajas.

En la Estación Experimental “El Padmi” el 70% está cubierto de vegetación natural en diferentes etapas de sucesión. Se tiene el cuidado de mantener la cobertura vegetal natural, no se deforesta, se realizan actividades de enriquecimiento de bosques con especies nativas. En las áreas de uso agropecuario se maneja pasturas y agroforestería. La infraestructura física se maneja en armonía con el ambiente, se han sembrado plantas adecuadas para la zona y que no impacten visualmente la amazonia. Además, aquí se mantiene un jardín botánico que sirve para experimentar crecimiento de especies forestales, frutales, medicinales y ornamentales; y, se ha convertido en un sitio demostrativo para los pobladores de la zona de influencia. Estas acciones permiten manifestar que en la estación “El Padmi” existe una sustentabilidad ambiental institucional (Falconi, 2021).

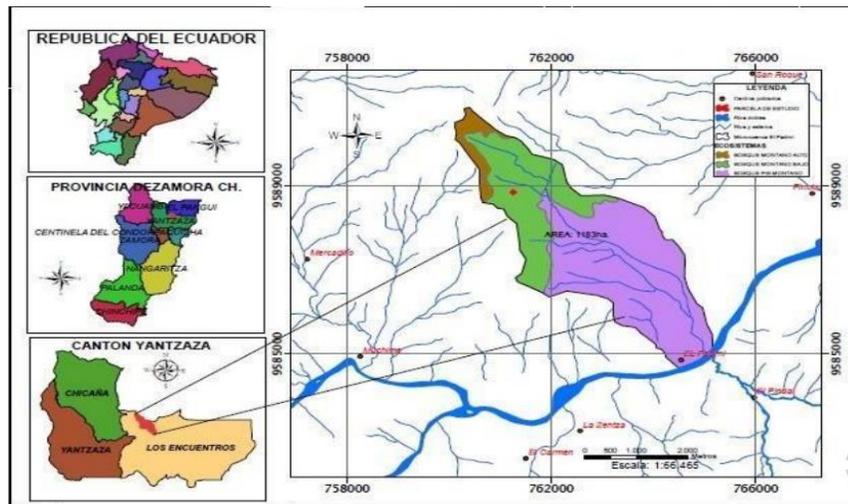


Figura 1. Ubicación del lugar de estudio (Estación Experimental "El Padmi").

5.2 Metodología general

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

Para ello, se realizó un análisis de suelo por parte del grupo de investigadores del macroproyecto, y los resultados obtenidos (Tabla 2) serán utilizados para realizar correcciones de suelo antes de la implementación de los tratamientos. El elemento deficiente es el Boro (B), y para su corrección se utilizó el fertilizante: Ácido Bórico.

Tabla 2. Análisis de suelos del área de estudio

Nutriente	Valor	Unidad
N	73.00	Ppm
P	16.00	Ppm
S	5.80	Ppm
K	0.35	meq/100 ml
Ca	12.40	meq/100 ml
Mg	2.20	meq/100 ml
Zn	4.10	Ppm
Cu	1.40	Ppm
Fe	254.00	Ppm
Mn	30.50	Ppm
B	0.10	Ppm

5.2.1 DISEÑO EXPERIMENTAL

Completamente al azar (DCA) con arreglo factorial, en donde su estructura se lo ha planteado de la siguiente manera:

UNIDAD EXPERIMENTAL: 1 Planta de cacao clon EETP-801

DENSIDAD DE SIEMBRA: 3,5 m entre planta y 4 m entre surco.

$$\text{Densidad} = \frac{\text{Número de plantas (p)}}{\text{Unidad de superficie (ha)}}$$

TRATAMIENTOS: Se realizaron 3 tratamientos de sombra, con 6 repeticiones.

T1: (0% de sombra)

T2: (35% de sombra)

T3: (80% de sombra)

5.2.1.4 MODELO MATEMÁTICO

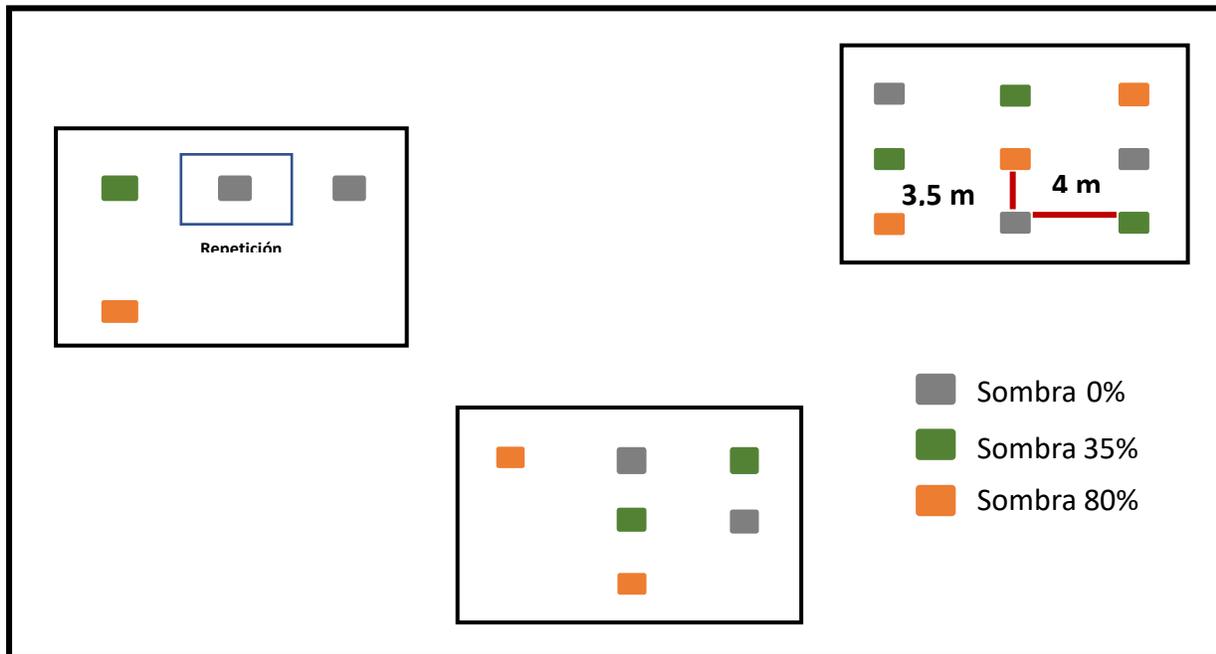


Figura 2. Esquema de campo

$$y_{ij} = \mu + \alpha_i + \epsilon_{ij}$$

y_{ij} : Variable respuesta

μ : Media general

α_i : Efecto del factor sombra

ϵ_{ij} : Error experimental

5.2.2 Establecimiento y manejo del ensayo

Para el establecimiento de los diferentes niveles de sombra, se empleó métodos artificiales, utilizando malla sarán o polisombra, de diferentes niveles de retención de Radiación Fotosintéticamente Activa (PAR por sus siglas en inglés), logrando así niveles de 0%, 35% y 80%

de sombra. La malla sarán se encuentra instalado a una altura de 2 m desde el suelo y se colocó a 20 cm sobre la copa del árbol.

Todas las plantas tuvieron el mismo manejo agronómico, prácticas culturales y manejo de plagas y enfermedades, según las necesidades del cultivo, con el fin de evitar fuentes de variación; de la misma manera, la PAR se medirá durante todo el tiempo del ensayo, bajos los 3 tratamientos mencionados.

5.3 Metodología

5.3.1 Metodología para el primer objetivo:

“Analizar el impacto de los niveles de radiación solar sobre variables fisiológicas del clon de cacao EETP – 801”

Para determinar la influencia de la sombra sobre parámetros fisiológicos, se evaluó y se midió las siguientes variables cuantitativas:

5.3.1.1 Área de la sección transversal del tronco (ASTT)

Se midió el perímetro del tronco a 3 cm sobre el sitio de injerto de la planta, con una cinta métrica, con este valor, se calculó su área, utilizando la fórmula del área de la circunferencia:

$$(ASTT) = C^2/4\pi$$

Donde:

ASTT: área de sección transversal del tronco

C: Perímetro de la circunferencia del tronco

π : Valor constante (3,14)

Esta medida se tomó al inicio y al final del ensayo, los datos se expresarán en cm².

5.3.1.2 Diámetro de copa

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

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

5.3.1.3 Concentración de clorofila

Es la concentración de clorofila relativa sobre un área de hoja. Se utilizó un espectrofotómetro y se siguió el protocolo empleado por Suárez *et al.*, (2017): se tomaron muestras de hojas totalmente funcionales, las cuales se lavaron, secaron y cortaron en secciones sin nervadura. Para la extracción de pigmentos se pesó 0,5 g de hoja, luego se introdujo la muestra en un tubo de ensayo con 6 ml de etanol al 90%, posterior a ello se llevó a la incubadora por 20 minutos a baño de maría a 80 °C para que los pigmentos fotosintéticos (clorofila A, B y total) salgan y se disuelvan en el solvente, al culminar este tiempo los segmentos quedaron totalmente decolorados y el solvente de color verde.

Los tubos de ensayo se envolvieron en papel aluminio para evitar la penetración de los rayos solares, finalmente se sacó los restos de las muestras de los tubos para filtrar y centrifugar.

Para determinar la cantidad da cada tipo de clorofila A, B y total se hizo uso de las fórmulas siguientes:

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

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

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

En donde:

Ca. Concentración de clorofila a.

Cb. Concentración de clorofila b.

Ctotal. Concentración de clorofila total.

5.3.1.4 Densidad estomática

Se realizó de acuerdo a la metodología de Priego, (2003), la cual consiste en la aplicación de esmalte para uñas transparente en un área de 50 mm² en la superficie abaxial de la hoja. Después de que el esmalte se seca, la capa es removida y montada en un portaobjetos. Se tomaron dos hojas completamente expandidas por brote y dos muestras de cada hoja en la región de la parte central

entre las venas secundarias, y se observaron las estomas en un microscopio con el objetivo 10X y mediante el uso del programa Anfinity Analyze 5.0 se procedió a fotografiar marcando 3 cuadros de 1000 μm cada uno, siendo esta el área de conteo. El resultado se expresó en número de estomas por mm^2 .

5.3.1.5 Índice de área foliar (IAF)

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

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

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

5.3.2 Metodología para el segundo objetivo:

“Identificar el efecto de los diferentes niveles de sombra del clon de cacao EETP – 801 sobre las variables productivas”

Para identificar el efecto de los diferentes niveles de sombra sobre parámetros productivos se medirán variables cuantitativas tales como:

5.3.2.1 Entrada de producción

Consistió en registrar la primera fecha en la cual determinado tratamiento inicio la producción de frutos, lo que sirvió para encontrar diferencias respecto a las variedades y sistemas de manejo.

5.3.2.2 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 en cada fruto seleccionados.

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

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

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

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

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

5.3.2.4 pH y conductividad eléctrica (CE) del suelo

pH del suelo: Se realizó cada mes, se tomaron muestras de aproximadamente 50 gr de suelo a 15 cm de profundidad, tomando 4 muestras por tratamiento (12 muestras). El análisis se realizó en el Laboratorio de Suelos de la UNL donde con la ayuda de un instrumento llamado potenciómetro se procedió a medir el pH en agua destilada con una relación 1:2 para conocer los cambios que se dieron en el suelo durante la investigación.

Conductividad eléctrica: Se realizó mensualmente, se tomaron muestras de aproximadamente 50 gr suelo a 15 cm de profundidad, tomando 4 muestras por tratamiento (12 muestras). El análisis se realizó en el Laboratorio de Suelos de la UNL con ayuda de un potenciómetro y fue expresado en decisiemens por metro (dS/m). Con esta variable junto con el pH se establecieron relaciones a la PAR.

5.3.2.5 Peso estimado de la mazorca

Se seleccionó un determinado número de frutos al azar de diferentes tamaños para obtener una ecuación de regresión simple, para lo cual, se midió el largo y ancho de las mazorcas con una cinta en centímetros. Con estos datos por medio de regresión se obtuvo la ecuación ($0,0998 \cdot L^2,6806$) para estimar el peso de los frutos. Al final del ensayo, se seleccionaron 5 mazorcas por unidad experimental para obtener el peso de los frutos, estando en el estadio 72.

5.3.2.6 Producción estimada por planta

Se tomó el peso estimado de los frutos seleccionados, se realizó la suma de los pesos de los frutos por planta / 1000, procedimos a sacar la estimación de rendimiento / planta * densidad de siembra ($3,5 \text{ m} \cdot 4 \text{ m}$) y la producción por planta * número de plantas / ha.

5.3.2.7 Fenología del cacao

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

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

5.3.2.8 Análisis estadístico

Los diferentes análisis estadísticos que se realizaron son: Análisis de Varianza (ANOVA), para determinar si existieron, o no, diferencias significativas entre los tratamientos; en el caso que hubieron diferencias significativas entre los tratamiento, se realizó una prueba de TUKEY con un porcentaje del 95% de confiabilidad, para así determinar cuál es el mejor tratamiento; y se realizó pruebas de correlación (Índice de Correlación de Pearson 95%), para identificar como se correlacionan las variables cuantitativas, todo este análisis se lo hizo mediante el programa INFOSTAT.

6. RESULTADOS

6.1 Variables fisiológicas

6.1.1 Diámetro de copa

Durante el periodo de evaluación, el diámetro de copa en las plantas de cacao se mantuvo un incremento constante, sin embargo, en ningún tiempo de medición presentaron diferencias significativas ($p > 0,05$) entre los tratamientos (Figura 4).

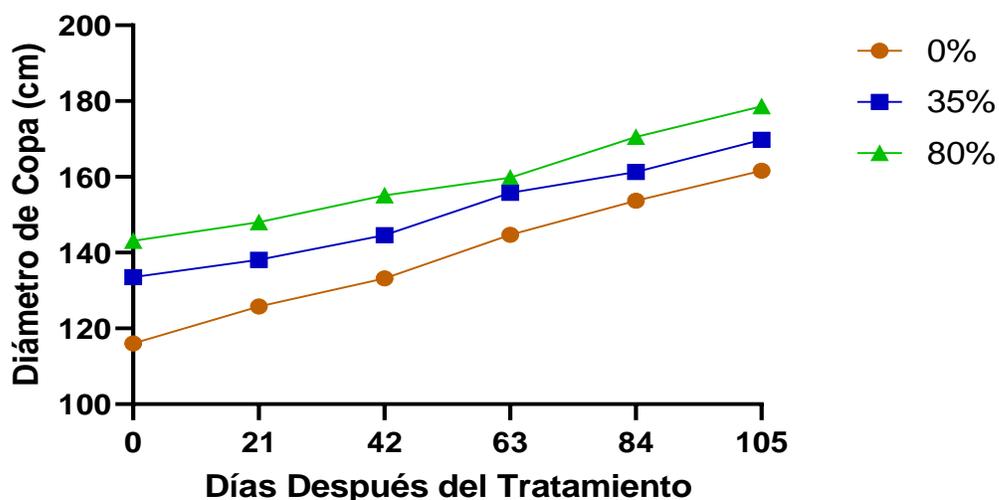


Figura 3. Incremento de diámetro de copa en plantas de Cacao clon EETP – 801.

6.1.2 Área de la sección transversal del tronco ASTT

Estas variables fueron medidas para la varetta de las plantas, en este caso no se encontraron diferencias significativas ($p > 0.05$) entre los tres tratamientos de sombra (Tabla 3), durante los meses de estudio, presentando solamente un crecimiento de tallo similar.

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

% Sombra	ASTT (cm^2)		Incremento ASTT (cm^2)	TCA $cm^2 \cdot dia^{-1}$)
	0 DDT	105 DDT		
0	244.91	350.16	105.24	1.00
35	204.60	317.37	112.77	1.07
80	240.07	293.22	53.15	0.51

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

Los valores de (TCA y TCR) de los frutos para el clon EETP - 801 evaluados en las unidades experimentales de cacao en los tres niveles de sombra, a los 84 días después de la aplicación no se encontraron diferencias significativas como indica la Tabla 4.

Tabla 4. Tasa de Crecimiento Absoluto y Tasa de crecimiento Relativo en tres niveles de sombra

% SOMBRA	TCA ($g \cdot dia^{-1}$)	TCR ($mg \cdot g^{-1} \cdot dia^{-1}$)
0	0,15	0,018

35	0,18	0,027
80	0,15	0,020

6.1.4 Concentración de clorofila a, b y total

De acuerdo a los resultados obtenidos, no se determinaron diferencias significativas entre los tratamientos (p-valor = 0,22; p-valor = 0,29 y p-valor = 0,25). Sin embargo, en los tres muestreos se registraron valores promedio en “clorofila a” de 57,79; 221,76 y 121,282, mientras que en “clorofila b” de 87,27; 114,15 y 52,38, así mismo en clorofila total los valores son de 245,00; 335,82 y 174,16 como se muestra en la Figura 5.

Pese a que no hubo diferencias significativas entre tratamientos, se observaron diferencias aritméticas, con valores más altos en la concentración de clorofila del 35% correspondiente al T2.

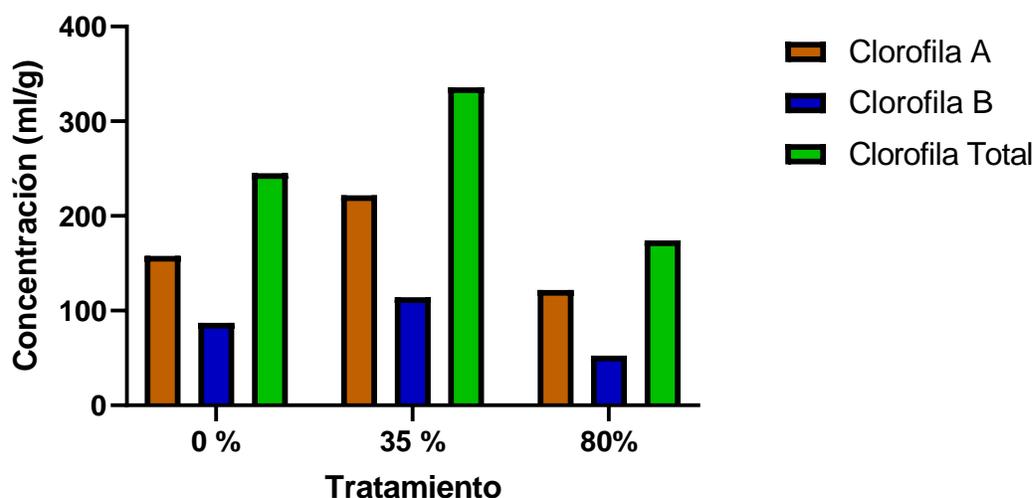


Figura 4. Concentración de clorofila bajo 3 niveles de sombra a los 105 días después del tratamiento

6.1.5 Densidad estomática

En la tabla 5 se muestra que el número de estomas por mm^2 presenta diferencias significativas entre el tratamiento que corresponde al tratamiento 3 (80%) sombra, dentro del 80% presenta mayor número de estomas correspondiente a 1018.30 estomas/ mm^2 , cuyo valor se diferencia a los demás tratamientos, a continuación, el 0% con 808.30, y el 35% con 780.60 estomas/ mm^2 .

Tabla 5. Densidad estomática en hojas de cacao clon EETP - 801 al finalizar la evaluación del ensayo.

Tratamiento (Sombra %)	Densidad estomática (estomas/mm ²)
0 %	808.30 ab
35 %	780.60 b
80 %	1018.30 a

Letras distintas en sentido vertical indican que existen diferencias estadísticas significativas Tukey ($p < 0,05$)

6.1.6 Índice estomático

En la tabla 6 muestra el índice estomático, dentro de IE se muestran valores que van de 18.51 hasta 25.91, sin embargo, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos.

Tabla 6. Índice estomático en hojas de cacao clon EETP - 801

Tratamientos (Sombra %)	Índice estomático (%)
0 %	25.91
35 %	22.91
80 %	18.51

6.1.7 Índice de Área Foliar

En cuanto al Índice de Área Foliar sí se encontraron diferencias significativas (p -valor $< 0,05$) en los tres tratamientos bajo sombra, siendo el T1 (0%) un valor de 7,56 mientras que en T3 (80%) 3,44, sin embargo, en el T2 (35%) existe una media de 5,55, lo que quiere decir que hubo mayor efecto en el T1 (Figura 5).

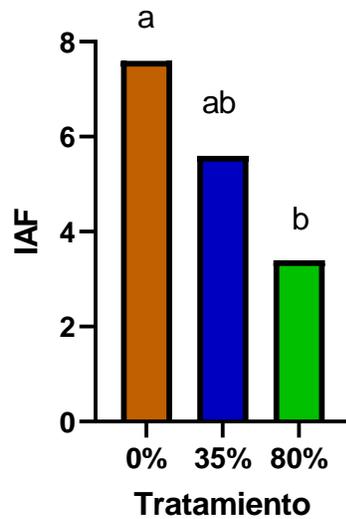


Figura 5. Índice de área foliar bajo tres niveles de sombra en el cultivo de cacao EETP-801

6.1.8 pH del suelo y conductividad eléctrica

En cuanto al pH no se encontraron diferencias significativas ($P > 0,05$) entre los tratamientos evaluados, donde se observó promedios de los tratamientos con valores de T1(0%) un valor de 5,87; T2 (35%) un valor de 6,22 y T3 (80%) un valor de 5,93 respectivamente, aunque luego de esta fecha los valores de pH no fueron estadísticamente diferentes.

Así mismo, en la figura 7, se expresaron los valores de conductividad eléctrica, registrados cada 21 días, en la cual no se encontraron diferencias significativas para los tres tratamientos de sombra.

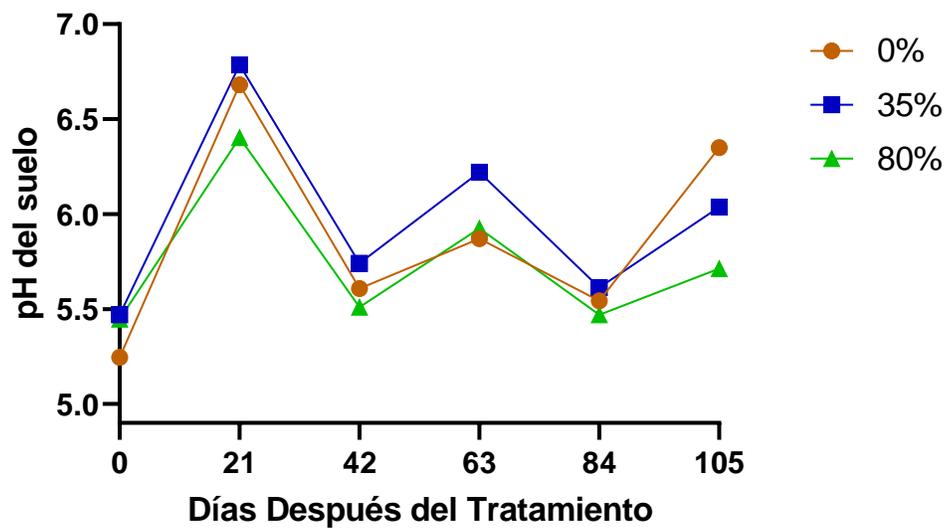


Figura 6. Evolución del pH en el suelo días después de la aplicación de diferentes niveles de sombra.

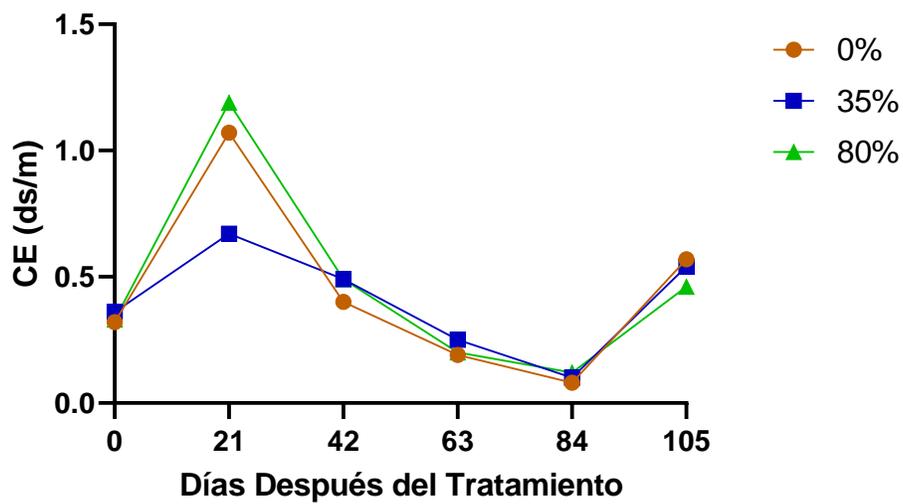


Figura 7. Niveles de conductividad eléctrica (CE) en el suelo después de la aplicación de los tratamientos de sombra

6.2 Variables productivas

6.2.1 Entrada de producción

La siembra del cultivo del cacao en la Estación Experimental “El Padmi” se realizó el 17 de octubre del 2019, el cultivo tiene aproximadamente 2 años y medio para el clon EETP – 801 la entrada de producción inicio a los dos años después de la siembra.

6.2.2 Longitud de fruto

Al analizar estadísticamente los resultados obtenidos en lo que respecta a la longitud del fruto no se encontraron diferencias significativas (p -valor > 0.05) entre los tratamientos. Sin embargo, en el T1 (0%), T2 (35%) Y T3 (80%) mostraron valores similares en la longitud a los 21 días con los siguientes datos 8.04, 6.91 y 8.55, con lo que respecta a los 105 días DDT los valores son de 20.44, 22.31 y 22.35.

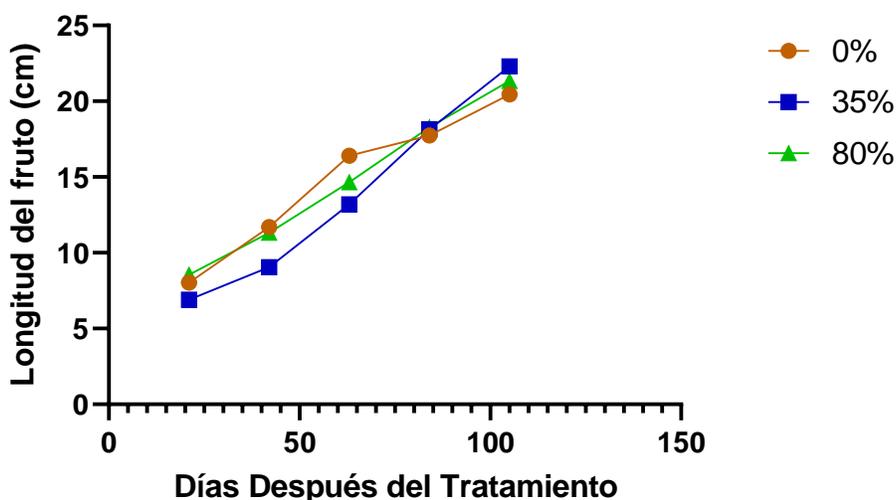


Figura 8. Curva de crecimiento de la longitud del fruto del clon EETP - 801

6.2.3 Peso estimado promedio del fruto

Para calcular el peso de la mazorca, se utilizó una medida alométrica basada en un análisis de regresión con los datos de la longitud y peso de la mazorca, por lo cual se basaron en diferentes modelos de regresión teniendo en cuenta la fórmula de la ecuación $0,0998 * L^2,6806$, por lo tanto, no se encontraron diferencias significativas en cuanto al peso de la mazorca con un (p -valor > 0.05) (Figura 9).

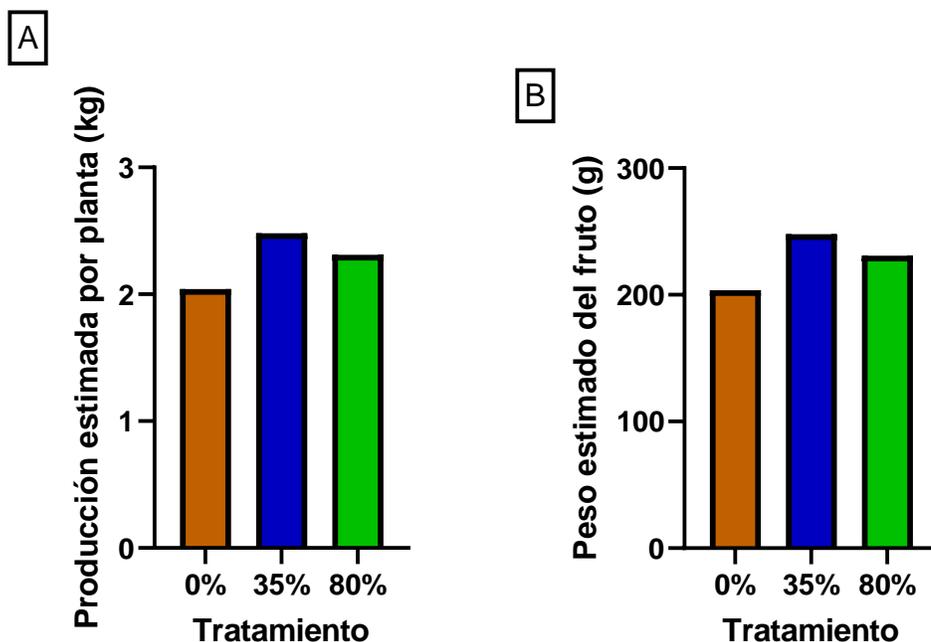


Figura 9. (A). Producción estimada por planta (kg). (B). peso estimado del fruto(gr) en clon cacao EETP – 801

6.2.5 Fenología del cacao

Al finalizar el experimento se pudo observar que en los tres tratamientos de sombra la fenología del cultivo no se vio afectada en el tiempo transcurrido del cuajado de fruto, de esta manera se podría creer que los cultivos se desarrollan de forma similar con o sin sombra, como podemos observar en la figura 10.

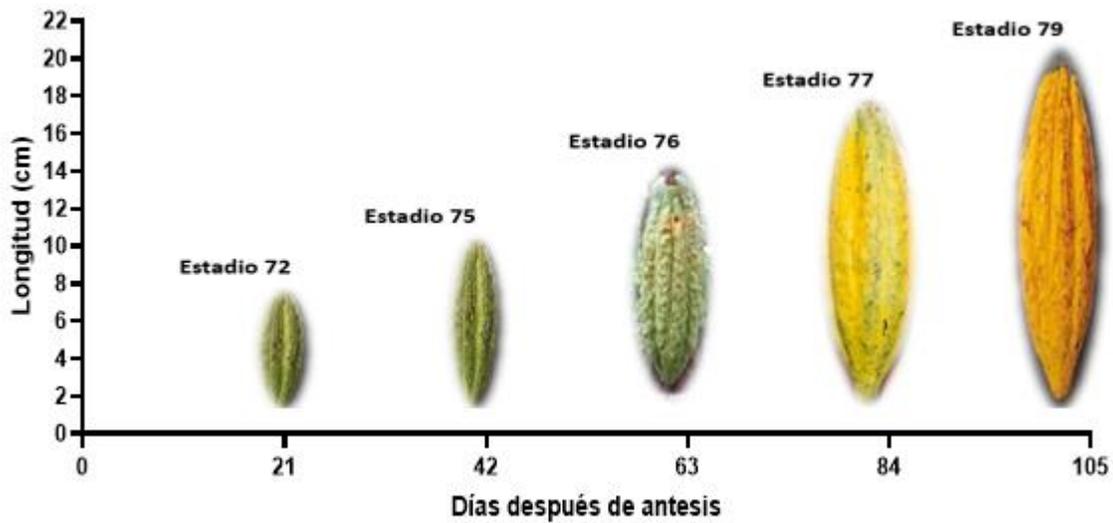


Figura 10. Fenología del cacao clon EETP – 801 en los tres niveles de sombra

6.3 Análisis de correlación

Se realizó un análisis de correlación entre las siguientes variables: Incremento del diámetro, TCA diámetro, ASTT incremento, IAF, pH, CE, Clorofila, densidad estomática y peso del fruto de esta manera mostrando aquellas correlaciones que tienen un coeficiente de correlación de Pearson > 0.60 y un p-valor < 0.05 (Tabla 5).

Tabla 7. Correlaciones entre variables morfológicas y fisiológicas evaluadas en cacao clon EETP-801

Variable (1)	Variable (2)	N	Pearson	p-valor
Incremento diámetro	TCA diámetro	6	1.00	<0.0001
	ASTT incremento	6	0.58	0.22
	IAF	6	0.65	0.16
	Ph	6	-0.13	0.80
	CE	6	-0.10	0.85
	Clorofila	6	0.61	0.20
	Densidad Estomática	6	-0.57	0.24
	Peso del fruto	6	0.30	0.56
TCA diámetro	ASTT incremento	6	0.58	0.22
	IAF	6	0.64	0.17
	pH	6	-0.15	0.77
	CE	6	-0.12	0.82

	Clorofila	6	0.61	0.19
	Densidad Estomática	6	-0.57	0.24
	Peso del fruto	6	0.31	0.54
ASTT incremento	IAF	6	0.69	0.12
	pH	6	-0.07	0.89
	CE	6	0.06	0.90
	Clorofila	6	0.62	0.19
	Densidad Estomática	6	-0.95	0.00
	Peso del fruto	6	0.24	0.65
IAF	pH	6	0.51	0.30
	CE	6	0.49	0.32
	Clorofila	6	0.53	0.27
	Densidad Estomática	6	-0.73	0.09
	Peso del fruto	6	-0.21	0.68
pH	CE	6	0.93	0.00
	Clorofila	6	-0.34	0.50
	Densidad Estomática	6	0.07	0.89
	Peso del fruto	6	-0.92	0.00
	Clorofila	6	-0.31	0.55
CE	Densidad Estomática	6	-0.05	0.91
	Peso del fruto	6	-0.91	0.01
Clorofila	Densidad Estomática	6	-0.79	0.06
	Peso del fruto	6	0.65	0.16
Densidad Estomática	Peso del fruto	6	-0.31	0.54

En la tabla 6 muestra correlaciones principales y más relevantes a los 105 días, se encontró correlaciones negativas entre ASTT incremento con densidad estomática ($r = -0.95$ y p – valor = 0.003), entre el pH y peso del fruto ($r = -0.92$ y p – valor = 0.009), y variables que presentaron una fuerte correlación positiva son: incremento de diámetro con TCA diámetro ($r = 1,00$; $p < 0,0001$), pH y conductividad eléctrica ($r = 0.93$ y p – valor = 0.007).

7. DISCUSIÓN

En la presente investigación se estudió el efecto de tres niveles de sombras sobre variables fisiológicas y reproductivas del cultivo de cacao clon EETP – 801.

En cuanto a las variables fisiológicas correspondientes al diámetro de copa, área de la sección transversal del tronco, tasa de crecimiento absoluto (TCA) y tasa de crecimiento relativo (TCR), concentración de clorofila, las plantas no presentaron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos. En las variables reproductivas no presentó ninguna variación significativa entre los tratamientos, por lo tanto, el clon EETP – 801, al parecer no necesitaría sombra en su desarrollo en esta zona.

Este resultado se corrobora con Tezera *et al.* (2015) quienes afirman que, en clones de cacao ecuatoriano, cultivados a plena exposición solar, redujeron significativamente el AFE (área foliar específica) y Fv/Fm (Eficiencia cuántica máxima o potencial del PSII), mostrando aclimatación morfo anatómica y regulación descendente del aparato fotoquímico, lo que constituye una evidencia de la aclimatación a diferentes condiciones lumínicas. En este contexto al no presentarse un efecto adverso de las plantas sometidas a plena luz se cree que las plantas de cacao experimentaron dicha aclimatación lumínica debido a una reducida radiación solar, en concordancia con las condiciones climáticas y de relieve de la zona, no obstante otros autores mencionan que en plantas expuestas a pleno sol y sombreadas son bastantes significativas, resaltando el efecto de enanizante de la luz en las plantas desarrolladas a plena exposición y modificaciones de sus características estructurales, exhiben transformaciones morfológicas y estructurales especialmente en las hojas. Es muy probable que con acción de la luz se presenten estos cambios e influya además este factor, el retardo de crecimiento. La disponibilidad permanente de agua en el suelo, la menor temperatura y menor iluminación, contribuyan igualmente a una expansión foliar superior en las plantas sombreadas, quiere decir que, con la disminución del sombrero, aumenta la intensidad transpiratoria donde plantas bajo sol directo evaporan y transpiran un 50% más de agua que plantas bajo un sombrero del 90%, esto podría explicarse a la diferencia del porcentaje de sombrero utilizado en el estudio (Chamorro, 2016).

En cuanto a la densidad estomática se presentaron diferencias significativas en el tratamiento 3 (80% de sombreado) con 1018.30 estomas/ mm^2 , mismo que fue mayor al resto de los tratamientos (Tabla 5). Al respecto, estos rangos son claramente superiores a los reportados por Zambrano, (2017), quien refirió valores de 877,50 estomas/ mm^2 , en el mismo clon en Quevedo – Ecuador, región costanera. Las diferencias en la densidad estomática de un mismo clon (CCN-51) Zambrano, (2017) coinciden con lo visto en la Amazonía en la presente investigación, deberse a las diferentes condiciones ambientales, de cada localidad referida, por lo que, algunas variables como la densidad estomática, puede diferir entre plantas de la misma especie, inclusive entre hojas de la misma planta e incluso entre sectores de la misma hoja. Sin embargo, los resultados son concordantes con otras investigaciones en especies tropicales y amazónicas, donde la densidad estomática es mayor en plantas expuestas a pleno sol, mostrando una relación positiva entre estas dos variables (Nughes, 2013).

La conductancia estomática reportado por Tezera *et al.* (2015) en diferentes cultivares de cacao es bajo de 3 a 7 $\mu\text{mol CO}_2 m^{-2} s^{-1}$ y 50 a 120 $\text{mmol H}_2\text{O } m^{-2} s^{-1}$. Estas características explican por qué las plantas de cacao jóvenes y maduras pueden crecer bajo la sombra de otros árboles en regiones (Somarriba E, 2011).

Con lo que respecta al índice de área foliar (IAF), estuvieron influenciados por tres niveles de sombra, para así determinar el mayor desarrollo de las plantas. Por lo tanto, si se encontraron diferencias significativas, el tratamiento de sombreado al 0% alcanzó un área foliar total de 7.6 m^2 , mientras que el sombreado a 35% y 80% alcanzó un promedio de 3,44 y de 5,55. En estudios realizados por Schneider, (2017) informa que entre 39 y 54 meses después de la siembra, en cultivo de cacao a plena luz mostró un crecimiento considerablemente más rápido en comparación con un sistema sombreado (sistema agroforestal), sin embargo Galyuon, (1996) muestra que el crecimiento del cacao a plena luz del sol durante un período prolongado originó que las plantas se aclimaten al exceso de radiación a través de cambios morfológicos, lo que contradice Suarez, *et al.* (2018) quienes encontraron que los árboles de cacao sometidos a radiación incidente alta, presentaron una baja área foliar específica y que sometidos a sombra se observó lo contrario, sin embargo

con una mayor área foliar por rama a bajas irradiancias, incrementa la captura de fotones al maximizar la superficie fotosintéticamente activa y compensa la baja tasa fotosintética por superficie, característica de las ramas de las plantas de sombra (Stancato, 2002).

Una vez concluida la fase de campo, se analizaron los parámetros del suelo que inició con un pH de 4,9, en lo cual no se presentaron diferencias estadísticas significativas de los tratamientos que cuentan con valores de T1 (0%) 5,87; T2 (35%) 6,22 y T3 (80%) 5,93 respectivamente (Figura 8), Vázquez B, (2010) menciona que las plantas de cacao toleran un pH de 5,0 a 7,5; por debajo de estos niveles se debe realizar un encalado del cultivo. Cabe mencionar que el pH de la solución del suelo es un buen indicador de la disponibilidad de nutrientes (Osorio, 2012). Una explicación a este resultado, es que el suelo permaneció por más tiempo húmedo favoreciendo la hidrólisis de elementos sumadas a las 44 condiciones climáticas imperantes en la zona, tal y como lo menciona Sourdat, (1986) que el comportamiento de las propiedades químicas de los suelos en la Región Amazónica Ecuatoriana (RAE), están muy marcadas por los procesos de formación y el clima que ejercen un papel importante en el proceso de ferralitización o enriquecimiento de hierro. Además de tener un pH óptimo, el suelo debe tener materia orgánica que incremente la retención de nutrientes y disminuya la compactación, entre otros beneficios Sánchez L, (2005) dato que concuerda con la presente investigación en donde el análisis de suelo muestra que el contenido de materia orgánica en el sitio del ensayo fue de 10.9%, un valor relativamente alto, por lo general, estos tipos de suelos limitan la disponibilidad, la absorción y la concentración de nutrientes y el rendimiento del cultivo de cacao (INIAP, 2014).

La conductividad eléctrica (CE), mide la capacidad del suelo para conducir corriente eléctrica al aprovechar la propiedad de las sales en la conducción de esta; por lo tanto, la CE mide la concentración de sales solubles presentes en la solución de suelo. En el estudio realizado no se observaron diferencias significativas (Figura 8), de esta manera se puede decir que el factor sombra no afecta esta variable. Según Patrick, (1985) nos dice que la variabilidad en la CE, está sujeta a varias condiciones, presencia de MO, cationes como Ca^{2+} , K^+ , Na^+ , NH_4^+ o H^+ que elevan la CE; para el caso de la presente investigación el

alto contenido de MO, permitió un incremento en la CE y en el mantenimiento de un estable rango de pH.

En cuanto a la longitud del fruto de cacao Clon EETP – 801 no se encontraron diferencias estadísticamente significativas, la longitud de la mazorca a los 105 días en el estadio 79 el fruto alcanza alrededor del 90% de su tamaño final Agustí., (2007) estuvo entre 20 y 22.50 cm, la longitud está condicionada a alargarse tanto como se los permita condiciones como temperatura, precipitación, fertilización y características genéticas propias de la especie (Ferrás, 2017), aunque por la complejidad de factores internos y externos, es muy difícil estimar la influencia del ambiente sobre el crecimiento del cacao (Amores, 2009).

Dentro de la etapa de desarrollo del fruto a los 105 días bajo sombra del 80% alcanzó un 70% del tamaño final del fruto al igual con sombra al 35%.

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

A los 105 días de haber iniciado el ensayo, observando mediante la escala BBCH el clon EETP – 801 llegó al estadio 79 la cual coincide con Bridgemohan *et al*, (2016) quienes afirman 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, y 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. Sin embargo, se pudo observar que en los tres tratamientos de sombra la fenología del cultivo no se vio afectada en el tiempo transcurrido del cuajado del fruto, se puede evidenciar que los cultivos se desarrollan con o sin sombra (Figura 10).

8. CONCLUSIONES.

- ✓ Los tres niveles de sombra no influyeron significativamente en variables de diámetro de copa, TCA y TCR de la planta y del fruto, longitud del fruto, ASTT, peso estimado del fruto, producción estimada por planta, esta investigación nos muestra que el clon cacao EETP – 801 la sombra no influye directamente en dichas variables.
- ✓ La sombra no influyó en la CE y el pH del suelo, debido a que son suelos propios de la Amazonía, con rangos óptimos para el cultivo de cacao.
- ✓ El sombreado intenso (80%) genera un efecto positivo en las plantas del clon EETP-801, al incrementar su densidad estomática.
- ✓ Las variables fisiológicas implicadas en procesos fotosintéticos de la planta fueron afectadas el IAF de forma indirecta y la longitud de las hojas de forma directa, concentración de clorofila, siendo los tratamientos de sombra los de mayor longitud de hojas; así mismo el T2 (35%) y T3 (80%) hubo mayor cantidad de clorofila A, B y total.

9. RECOMENDACIONES

- ✓ Seguir con la investigación hasta llegar a la etapa de procesamiento y a su vez evaluar el rendimiento y producción; de esta manera poder describir que niveles de sombra influyen en el rendimiento de cacao clon EETP – 801.
- ✓ Seguir con registros sobre las variables fisiológicas, productivas y análisis de laboratorio con la finalidad de recopilar mayor cantidad de datos que nos muestre de forma más asertiva la existencia de diferentes variables.
- ✓ Se recomienda hacer un monitoreo del pH del suelo, ya que permitirá conocer los aspectos sobre la disponibilidad de nutrientes, permeabilidad de suelo y la acidez que es un factor muy importante en reacciones químicas y solubilidad de los nutrientes en las plantas.

10. BIBLIOGRAFIA

- Amores, F. P. (2009). Entorno ambiental, genética, atributos de calidad y singularización del cacao en el nor oriente de la provincia de Esmeraldas. *Estación Experimental Tropical Pichilingue, INIAP*.
- ANACAFE. (2014). Cultivo de Cacao. *infocaes*, 8-9.
- ANECACAO. (2012). Guia de Cacao. *UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO* , 12.
- ANECACAO. (2019). *Sector exportador de cacao*. Obtenido de <http://www.anecacao.com/uploads/estadistica/cacao-ecuador-2019-4.pdf>
- Arvelo, M., Gonzalez, D., Maroto, S., Delgado, T., & Montoya, P. (2017). MANUAL TECNICO DEL CULTIVO DE CACAO. San Jose, Costa Rica: Instituto Interamericano de Cooperacion para la Agricultura.
- Arvelo, M., Leon, D. G., & T Delgado, S. M. (2017). Manual tecnico del cultivo de cacao practicas. *Biblioteca de la Sede Central*.
- BCE. (2019). *Reporte de conyuntura. Sector agropecuario*. Obtenido de Banco CeBCentral del Ecuador (): <https://contenido.bce.fin.ec/documentos/PublicacionesNotas/Catalogo/Encuestas/Co>
- BETANCOURT, P. G. (2021). *INFLUENCIA DE DOS NIVELES DE NUTRICIÓN Y DOS NIVELES DE SOMBRA EN CACAO CLON EETP - 801*. Loja: Universidad Nacional de Loja.
- Castro, C. P. (2017). Evaluación de la fenología reproductiva y dinámica de producción del cacao (*Theobroma cacao L.*) clon CCN- 51. *Big Bang Faustini*., 38-42.
- CEPAL. (2020). *PRODUCCION Y EVALUACION DE SOMBRA EN CACAO*. Obtenido de <https://www.cepal.org/es/publicaciones/39965-panorama-social-america-latina-2015>
- Chamorro, R. (2016). *Contribucion al problema del sombrío en cacao*. Colombia: Universidad Nacional de Colombia sede Palmira.
- Colmenares, M. T. (2019). Cacao. *NASAM*.
- El cultivo de cacao: clima y suelo. (2019). *EL PRODUCTOR*, 1-2.
- Estrada, W., Romero, X., & Moreno, J. (2011). Guía técnica del cultivo de cacao manejado con técnicas agroecológicas. *INFOCAES*, 5.
- Falconi, G. (2021). *CIUDAD UNIVERSITARIA*. Obtenido de <https://unl.edu.ec/investigacion/estacion-experimental-el-padmi>
- Fernando, B. M. (2021). EVALUACIÓN DE EXTRACTOS ETANOLICOS . *UTMACH*, 18.
- Ferrás, Y. M. (2017). Influencia de las temperaturas y precipitaciones en el desarrollo de índices morfológicos del cacao en Jibacoa1. *Café Cacao*,.
- Galyuon, I. M. (1996). The effect of irradiance level on cocoa (*Theobroma cacao L.*): I. Growth and leaf adaptations.
- INIAP. (2019). *La Cadena de Valor del Cacao en América Latina y El Caribe*. Obtenido de <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/5382/1/Informe%20CACAO.pdf>

- Jaimez, R. E., Tezara, W., Coronel, I., & Urich, R. (2018). Ecofisiología del cacao (*Theobroma cacao*): Su manejo en el sistema agroforestal. *Revista Forestal Venezolana*, 254.
- José Antonio Espinosa-García, J. U.-G.-I. (2017). Productividad y rentabilidad potencial del cacao (*Theobroma cacao* L.) . *INIFAP*.
- LUTHERAN. (2021). *Agroforesteria, medio ambiente*. Obtenido de <https://lwr.org/1st-latin-american-scientific-conference-cocoa>
- M. Agusti., S. S. (2007). CODIFICACION BBCH DE LOS ESTADIOS FENOLOGICOS DEL DESARROLLO DE LOS AGRIOS. *Citricultura*.
- MAG. (2016). *MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERIA*. Obtenido de <https://www.agricultura.gob.ec/>
- Mosquera, M. (2016). Guia practica del cultivo de cacao. *Infocaes*.
- Nughes, L. C. (2013). Morfo-anatomía de las hojas de *Celtis ehrenbergiana* (celtidaceae) desarrolladas bajo condiciones naturales de sol y sombra. ISSN: 0524-0476.
- Omolaja, S. A. (2009). Rainfall and temperature effects on flowering and pollen productions in cocoa. . *African Crop Science Journal*, 41-48.
- Osorio, N. (2012). pH DEL SUELO Y DISPONIBILIDAD DE NUTRIENTES . Medellin: Universidad Nacional de Colombia-Sede Medellín.
- Patrick, F. (1985). *Suelos en formación, clasificación y distribución*. Continental S.A.
- Priego, B. (2003). Cacao. *AGRO*.
- Quiroz. (2010). *Sistema de sombra de cacao maderables*. INIAP - Etacion Experimental Litoral Sur.
- Redondo, I. (2020). *CEDAF - Guia Tecnica El Cultivo de Cacao*. Obtenido de <http://www.cedaf.org.do/publicaciones/guias/download/cacao.pdf>
- Ruiz, P. N. (2019). Investigación del cacao de Santo Domingo . *UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO*, 35.
- Sánchez L., P. D. (2005). Rendimiento de una plantación comercial de cacao ante diferentes dosis de fertilización con NPK en el sureste del estado Táchira. Venezuela.
- Santos, I. I. (2021). ANECACAO. *Sabor Arriba*, 18.
- Schneider, M. A. (2017). Cocoa and total system yields of organic and conventional agroforestry vs. monoculture systems in a long-term field trial in Bolivia. En *Experimental Agriculture* (págs. 53 (3), 351-374). <https://doi.org/10.1017/S0014479716000417>.
- Somarriba E, B. J. (2011). Productivity of *Theobroma cacao* agroforestry systems with timber or legume service shade tree. 10.1007/s10457-010-9364-1.
- Sourdat, C. (1986). Paisajes y suelos de la Amazonía ecuatoriana: entre la conservación y la explotación. *Revista del Banco Central del Ecuador* 24, 325-339.
- Stancato, G. P. (2002). Effects of light on the growth of the epiphytic orchid *Cattleya forbesii* Lindl x *Laelia tenebrosa* Rolfe. *Revista de Brasil*, 229-235.

- Suarez, J. M. (2018). *Photosynthesis limitations in cacao leaves under different agroforestry systems in the Colombian Amazon* *PLoS ONE* 13(11): e0206149. Obtenido de <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0206149>
- Teraza W., D. A. (2015). Photochemical activity of elites clones of ecuatorian cacao (*Theobroma cacao* L.) at north of esmeraldas province. *Revista Científica Interdisciplinaria Investigación y Saberes*, IV, 37–51.
- Tezara W, J. D. (2015). En *Actividad fotoquímica de clones élites de cacao Theobroma cacao L, ecuatoriano en el norte de la provincia Esmeraldas* (págs. IV (39): 37-52). Invest saberes.
- Vázquez B., C. D. (2010). Optimization of macroelement contents in raspberry leaves by liming in an extremely acid soil. *Spanish Journal of Agricultural Research*, vol. 1, no. 9.
- Vinicio, S. V. (2020). DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN SISTEMA DE FERMENTACION DE CACAO NACIONAL PARA LA ASOCIACION DE AGRICULTORES. Quito: Escuela Politecnica Nacional.
- Wartenber A., B. W. (2018). Farmer perceptions of plant–soil interactions can affect adoption of sustainable management practices in cocoa agroforests: a case study from Southeast Sulawesi.
- Zambrano, J. (2017). *Relaciones filogenéticas entre tipos de cacao (Theobroma cacao L.): forastero, trinitario y nacional, basadas en marcadores morfológicos y secuencias nucleotídicas de la región ITS; y su posible uso en la identificación de clones*. Quevedo: Universidad Técnica Estatal de Quevedo.
- Zuñiga, J. P. (2017). ANECACAO. 26 - 27.

11. ANEXOS

Anexo 1. Evidencias fotográficas



Fotografía 1. Recolección de datos de diámetro de copa



Fotografía 2. Recolección de datos del fruto



Fotografía 3. Aplicación de 0.13g de CAL para corrección del pH del suelo



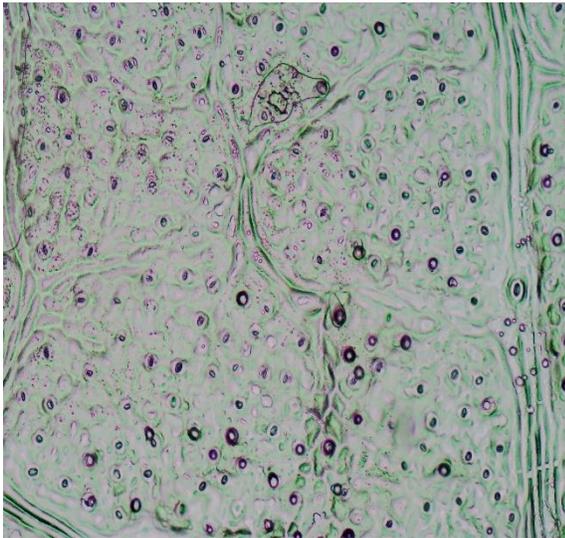
Fotografía 4. Análisis de laboratorio para extracción de clorofila



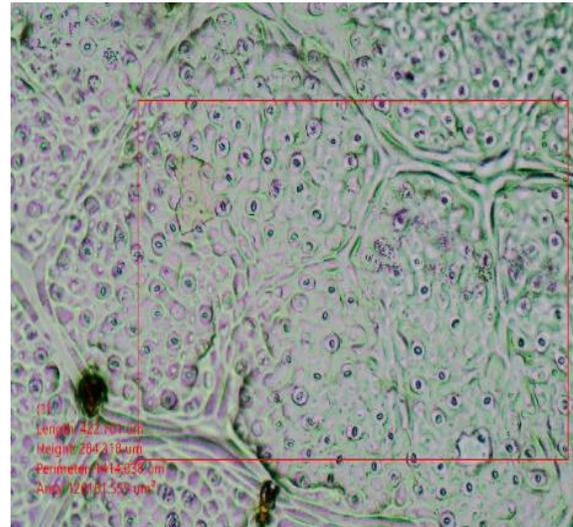
Fotografía 5. Muestras para improntas para el conteo de estomas



Fotografía 6. Preparación de muestras para el conteo de estomas



Fotografía 7. Estomas con enfoque 10x



Fotografía 8. Conteo de estomas

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

MC-LASPA-2201-01



INAP
INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS



LASPA

INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS
ESTACION EXPERIMENTAL SANTA CATALINA
LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS PLANTAS Y AGUAS
 Panamericana Sur Km. 1. SIN Culujagua.
 Tlf: (02) 3007284 / (02)2504240
 Mail: laboratorio_dsa@inap.gob.ec

INFORME DE ENSAYO No: 21-0806

<p>NOMBRE DEL CLIENTE: Campoverde Cordova Rosa Carolina PETICIONARIO: Campoverde Cordova Rosa Carolina EMPRESA/INSTITUCIÓN: Campoverde Cordova Rosa Carolina DIRECCIÓN: PADMI, Yanuzulza, Zamora Chiriquipe</p>	<p>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: S4 ANÁLISIS SOLICITADO:</p>
--	--

Análisis	Unidad	pH	N	P	S	B	K	Ca	Mg	Zn	Cu	Fe	Mn	Ca/Mg	Mg/K	Ca+Mg/K	Bases* meq/100g	MO %	CO* %	Textura (%)			IDENTIFICACIÓN											
																				Arena	Limo	Arcilla												
21-3146	4.9	M	Ac	138	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+H*	Al*	Na*	C.E.* dS/m	N. Total %	* K H2O*	P H2O*	Cl*	N-NO3*	IDENTIFICACION
	meq/100g										

* Ensayos no solicitados por el cliente

OBSERVACIONES:

METODOLOGIA USADA	
pH *	Suelo: Agua (1:2.5) P K Ca Mg * Olivin Modificado
Ca *	Fonido de Calcio Ca Fe Mn Zn * Olivin Modificado
B *	* Curcuma

INTERPRETACION	
pH	Elemento
Ac = Acido	B = Bajo
LAc = Liger. Acido	M = Medio
PN = Pas. Neutro	A = Alto
RC = Requiere Cal	T = Tanco (Boro)

METODOLOGIA USADA	
C.E. *	Papa Saturada
M.O. *	Decremento de Potasio
M.H. *	Turbidim. NUCO

INTERPRETACION		
AH/LAI / Na	C.E.	M.D.T.C
B = Bajo	NS = No Salino	S = Salino
M = Medio	LS = Lig. Salino	MS = Muy Salino
T = Tanco	A = Alto	

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

Formado administrativamente por:
JOSE ALONSO
LUCCERO
MALATAY
LABORATORISTA

Formado administrativamente por:
IVAN RODRIGO
SAMANIEGO
MALIGUA
RESPONSABLE DE LABORATORIO

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

 INiAP <small>INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS</small>	 LASPA
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 **FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA:** 04/11/2021
PETICIONARIO: Campoverde Cordova Rosa Carolina **HORA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA:** 11:37
EMPRESA/INSTITUCIÓN: Campoverde Cordova Rosa Carolina **FECHA DE ANÁLISIS:** 04/11/2021
DIRECCIÓN: PADMI, Yanzatza, Zamora Chinchipe **FECHA DE EMISIÓN:** 10/11/2021

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	Saturación de bases (%)	CIC meq/100 g suelo	Identificación de la muestra
21-31246	1,03	9,39	4,50	0,84	15,8	SATURADO	13,2	Muestra 1

CIC**ANÁLISIS SOLICITADO:****RESPONSABLES DEL INFORME**

LABORATORISTA



RESPONSABLE DEL LABORATORIO

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

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

Anexo 4. Análisis de varianza realizados

Tabla 8. Resultados del ANOVA de la variable Densidad Estomática

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
N° Estomas	12	0,55	0,45	12,70

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1932,67	2	966,33	5,50	0,0275
Trat.	1932,67	2	966,33	5,50	0,0275
Error	1582,25	9	175,81		
Total	3514,92	11			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=26,17686

Error: 175,8056 gl: 9

Trat. Medias n E.E.

80	122,25	4	6,63	A
0	97,25	4	6,63	A B
35	93,75	4	6,63	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Tabla 9. Resultados del ANOVA de la variable TCA

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
TCA	18	0,19	0,08	67,18

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1,15	2	0,57	1,72	0,2133
Trat. (Somb. [%])	1,15	2	0,57	1,72	0,2133
Error	5,02	15	0,33		
Total	6,16	17			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,86727

Error: 0,3344 gl: 15

Trat. (Somb. [%]) Medias n E.E.

35%	1,07	6	0,24	A
0%	1,00	6	0,24	A
80%	0,51	6	0,24	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Tabla 10. Resultados del ANOVA de la variable Clorofila a

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
C.A	12	0,28	0,12	45,69

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	20499,77	2	10249,88	1,76	0,2267
Trat.	20499,77	2	10249,88	1,76	0,2267
Error	52467,56	9	5829,73		
Total	72967,33	11			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=150,73894

Error: 5829,7289 gl: 9

Trat. Medias n E.E.

80	121,82	4	38,18	A
0	157,79	4	38,18	A
35	221,76	4	38,18	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Tabla 11. Resultados del ANAVA de la variable Clorofila b

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
C.B	12	0,23	0,06	62,29

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	7672,07	2	3836,03	1,38	0,2998
Trat.	7672,07	2	3836,03	1,38	0,2998
Error	24996,29	9	2777,37		
Total	32668,35	11			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=104,04418

Error: 2777,3652 gl: 9

Trat. Medias n E.E.

80	52,38	4	26,35	A
0	87,27	4	26,35	A
35	114,15	4	26,35	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Tabla 12. Resultados del ANOVA de la variable Clorofila total

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
C.T.	12	0,26	0,10	50,59

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	52530,94	2	26265,47	1,62	0,2505
Trat.	52530,94	2	26265,47	1,62	0,2505
Error	145848,94	9	16205,44		
Total	198379,88	11			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=251,32267

Error: 16205,4373 gl: 9

Trat.	Medias	n	E.E.
80	174,16	4	63,65 A
0	245,00	4	63,65 A
35	335,82	4	63,65 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Tabla 13. Resultados del ANOVA de la variable pH a los 63 DDT

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
63 DDT	12	0,50	0,38	2,98

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,28	2	0,14	4,41	0,0461
Tratamiento	0,28	2	0,14	4,41	0,0461
Error	0,29	9	0,03		
Total	0,57	11			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,35372

Error: 0,0321 gl: 9

Tratamiento	Medias	n	E.E.
0%	5,87	4	0,09 A
80%	5,93	4	0,09 A
35%	6,22	4	0,09 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Anexo 5. Análisis de correlación

Coefficientes de correlación

Correlación de Pearson

Variable (1)	Variable (2)	n	Pearson	p-valor
INCR. DIAMETRO	TCA DIAMETRO	6	1,00	<0,0001
INCR. DIAMETRO	ASTT INCREMENTO	6	0,58	0,2240
INCR. DIAMETRO	IAF	6	0,65	0,1632
INCR. DIAMETRO	Ph	6	-0,13	0,8042
INCR. DIAMETRO	CE	6	-0,10	0,8508
INCR. DIAMETRO	CLOROFILA	6	0,61	0,2023
INCR. DIAMETRO	DENSIDAD ESTOMATICA	6	-0,57	0,2400
INCR. DIAMETRO	PESO DEL FRUTO	6	0,30	0,5655
TCA DIAMETRO	ASTT INCREMENTO	6	0,58	0,2259
TCA DIAMETRO	IAF	6	0,64	0,1726
TCA DIAMETRO	Ph	6	-0,15	0,7790
TCA DIAMETRO	CE	6	-0,12	0,8270
TCA DIAMETRO	CLOROFILA	6	0,61	0,1969
TCA DIAMETRO	DENSIDAD ESTOMATICA	6	-0,57	0,2409
TCA DIAMETRO	PESO DEL FRUTO	6	0,31	0,5440
ASTT INCREMENTO	IAF	6	0,69	0,1299
ASTT INCREMENTO	Ph	6	-0,07	0,8938
ASTT INCREMENTO	CE	6	0,06	0,9071
ASTT INCREMENTO	CLOROFILA	6	0,62	0,1904
ASTT INCREMENTO	DENSIDAD ESTOMATICA	6	-0,95	0,0030
ASTT INCREMENTO	PESO DEL FRUTO	6	0,24	0,6503
IAF	Ph	6	0,51	0,3027
IAF	CE	6	0,49	0,3260
IAF	CLOROFILA	6	0,53	0,2780
IAF	DENSIDAD ESTOMATICA	6	-0,73	0,0999
IAF	PESO DEL FRUTO	6	-0,21	0,6830
Ph	CE	6	0,93	0,0076
Ph	CLOROFILA	6	-0,34	0,5043
Ph	DENSIDAD ESTOMATICA	6	0,07	0,8932
Ph	PESO DEL FRUTO	6	-0,92	0,0091

Anexo 6. Certificación de traducción del Abstract

CERTIFICACIÓN

En calidad de traductor del resumen de la Tesis titulada, **“ESTUDIO DE TRES NIVELES DE SOMBRA SOBRE VARIABLES FISIOLÓGICAS Y REPRODUCTIVAS EN CACAO (*Theobroma cacao*) CLON EETP-801, EN LA PROVINCIA DE ZAMORA CHINCHIPE, EL PADMI”** de autoría de la señora egresada de la carrera de Agronomía, **Marjory Nathaniel León Ortiz**, autorizo su publicación y difusión dentro de la tesis.

Loja, 26 de julio de 2022

Atentamente:



Lic. Sara Patricia Chanta Jiménez, Mgs

1105366841