



Universidad  
Nacional  
de Loja

# Universidad Nacional de Loja

## Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables

### Carrera de Agronomía

## Efecto de la sombra y el encalado sobre características del suelo, variables fisiológicas y productivas del cultivo de cacao clon EETP-801 en la Estación Experimental El PADMI

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

### AUTOR:

Javier Hernán Uchuari Vera

### DIRECTOR:

Ing. Santiago Cristóbal Vásquez Matute Mg.

Loja – Ecuador

2023

## Certificación

Loja, 1 de marzo de 2023

Ing. Santiago Cristóbal Vásquez Matute Mg.

DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

CERTIFICO:

Que he revisado y orientado todo el proceso de elaboración del Trabajo de Integración Curricular denominado: **Efecto de la sombra y el encalado sobre características del suelo, variables fisiológicas y productivas del cultivo de cacao clon EETP-801 en la Estación Experimental El PADMI**, previo a la obtención del título de Ingeniero Agrónomo, de la autoría del estudiante **Javier Hernán Uchuari Vera**, con cédula de identidad Nro.**1105469876**, una vez que el trabajo cumple con todos los requisitos exigidos por la Universidad Nacional de Loja, para el efecto, autorizo la presentación del mismo para su respectiva sustentación y defensa.



Firmado electrónicamente por:  
**SANTIAGO CRISTOBAL  
VASQUEZ MATUTE**

Ing. Santiago Cristóbal Vásquez Matute Mg.

DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

## **Autoría**

Yo, **Javier Hernán Uchuari Vera**, declaro ser autor del presente Trabajo de Integración Curricular y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos, de posibles reclamos y acciones legales, por el contenido del mismo. Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja la publicación de mi Trabajo de Integración Curricular, en el Repositorio Digital Institucional - Biblioteca Virtual.



**Firma:**

**Cédula de identidad:** 1105469876

**Fecha:** 07/07/2023

**Correo electrónico:** javier.uchuari@unl.edu.ec

**Teléfono:** 0986442483

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

Yo, **Javier Hernán Uchuari Vera**, declaro ser autor del Trabajo de Integración Curricular denominado: **Efecto de la sombra y el encalado sobre características del suelo, variables fisiológicas y productivas del cultivo de cacao clon EETP-801 en la Estación Experimental El PADMI**, como requisito para optar por el título de **Ingeniero Agrónomo**, autorizo al sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que, con fines académicos, muestre la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido en el Repositorio Institucional.

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

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

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, a los seis días del mes de Julio de dos mil veintitrés.



**Firma:**

**Autor:** Javier Hernán Uchuari Vera

**Cédula:** 1105469876

**Dirección:** Pindal-Pindal-Loja

**Correo electrónico:** javier.uchuari@unl.edu.ec

**Celular:** 0986442483

**DATOS COMPLEMENTARIOS**

**Directora del Trabajo de Integración Curricular** Ing. Santiago Cristóbal Vásquez Matute

## **Dedicatoria**

Este logro adquirido es para mi padre Hernán Rubén Uchuari Poma y a mi madre Rosa Francisca Vera Vera quienes fueron mi pilar de apoyo en todo momento y mi inspiración para poder seguir adelante en todo momento, también agradecer el apoyo de mi abuelita Catalina Vera que, aunque ya no me acompaña yo sé que está rezando porque me vaya bien y a la vez se siente muy orgullosa de mí.

También agradecer a toda mi familia que siempre estuvo preocupada por mí y brindándome consejos para poder seguir adelante.

*Javier Hernán Uchuari Vera*

## **Agradecimiento**

Quiero agradecer principalmente a Dios que me ha permitido poder alcanzar este logro y toda la sabiduría del día a día, También, agradecer a la Universidad Nacional de Loja por la oportunidad que me dio, de estar en sus instalaciones y brindarme la sabiduría para poder ser un buen profesional.

Quiero agradecer a mis padres Hernán Rubén Uchuari y Rosa Francisca Vera, por todo el apoyo brindado en el transcurso de estos cinco años académicos a mis hermanas por su constante apoyo y dos amigos de la familia Ramiro Ruilova y Alfredo Agurto.

También quiero agradecerle a mi director del trabajo de integración curricular Ing. Santiago Cristóbal Vásquez Matute por su dedicación, tiempo y dirección durante el transcurso de mi proyecto de investigación.

Agradecer también a toda la planta docente de la carrera de agronomía y al área de investigación junto con el laboratorio de bromatología que siempre estuvieron predispuestos ayudarme en mi trabajo de integración curricular.

***Javier Hernán Uchuari Vera***

## Índice de Contenidos

<b>Portada .....</b>	<b>i</b>
<b>Certificación .....</b>	<b>ii</b>
<b>Autoría.....</b>	<b>iii</b>
<b>Dedicatoria .....</b>	<b>v</b>
<b>Agradecimiento.....</b>	<b>vi</b>
<b>Índice de Contenidos .....</b>	<b>vii</b>
<b>Índice de figuras.....</b>	<b>x</b>
<b>Índice de tablas.....</b>	<b>xi</b>
<b>Índice de anexos .....</b>	<b>xii</b>
<b>1. Título.....</b>	<b>1</b>
<b>2. Resumen .....</b>	<b>2</b>
2.1 Abstract.....	3
<b>3. Introducción .....</b>	<b>4</b>
3.1 Objetivo General.....	5
3.2 Objetivos Específicos .....	5
<b>4. Marco teórico .....</b>	<b>6</b>
4.1 Origen del cacao .....	6
4.2 Importancia Económica, Social y Ambiental. ....	6
4.3 Producción mundial del cacao .....	6
4.4 Desarrollo del cultivo de cacao en Ecuador .....	7
4.5 Producción del cacao en la provincia de Zamora Chinchipe.....	7
4.6 Requerimientos edafoclimáticos para el cultivo de cacao .....	7
4.7 Generalidades del cacao .....	9
4.7.1 Taxonomía.....	9

4.8 Fisiología del cacao .....	9
4.9 Ecofisiología del cacao.....	10
4.10 Sombreo en el cultivo de cacao .....	10
4.11 Suelos ácidos .....	11
4.12 Antecedentes.....	12
<b>5. Metodología.....</b>	<b>13</b>
5.1 Localización del estudio .....	13
5.2 Tipo y alcance de la investigación.....	13
5.3 Diseño experimental y modelo matemático .....	14
5.3.1 Diseño de los tratamientos en campo .....	14
5.4 Metodología General .....	15
5.4.1 Metodología del primer objetivo .....	16
5.4.2 Metodología del segundo objetivo .....	17
5.5 Análisis estadístico .....	19
<b>6. Resultados .....</b>	<b>20</b>
6.1 Variables Vegetativas y de suelo.....	20
6.1.1 pH .....	20
6.1.2 Conductividad eléctrica (CE) .....	20
6.1.3 Índice SPAD .....	21
6.1.4 Radiación PAR .....	22
6.1.5 Índice de área foliar .....	22
6.1.6 Diámetro de copa.....	23
6.2 Variables productivas .....	24
6.2.1 Rendimiento .....	24
6.3 Análisis bromatológico.....	24

6.3.1 Grados Brix°, grasa total y ceniza .....	24
<b>7. Discusión.....</b>	<b>26</b>
<b>8. Conclusiones.....</b>	<b>30</b>
<b>9. Recomendaciones.....</b>	<b>31</b>
<b>10. Bibliografía.....</b>	<b>32</b>
<b>11. Anexos.....</b>	<b>39</b>

## Índice de figuras

<b>Figura 1.</b> Área de estudio (estación experimental El Padmi) .....	13
<b>Figura 2.</b> Diseño experimental implementado.....	14
<b>Figura 3.</b> Promedios del pH del suelo del cacao clon EETP-801 a los 0 y 84 días después del inicio de la evaluación. Letras diferentes indicandiferencias estadísticamente significativas.....	20
<b>Figura 4.</b> El índice SPAD del cacao clon EETP-801 a los 0 y 84 días después del inicio de la evaluación. Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas. ....	21
<b>Figura 5.</b> Radiación PAR dentro de la malla sarán del cacao clon EETP-801, entre la toma de intervalos de 9:00h a 16:00h. Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas .....	22
<b>Figura 6.</b> Índice de área foliar del cacao clon EETP-801 a los 0 y 84 días después del inicio de la evaluación. Barras verticales representales representan el error estandar ...	23
<b>Figura 7.</b> Diámetro de copa del cacao clon EETP-801 a los 0 y 84 días después del inicio de la evaluación. Barras verticales representan el error estandar.....	23
<b>Figura 8.</b> Rendimiento estimado (t/ha) en cacao clon EETP-801 para cada nivel de sombra y encalado evaluado. Barras verticales representan el error estándar. ....	24

## **Índice de tablas**

**Tabla 1.** Conductividad eléctrica del cacao clon EETP-801 ..... 21

**Tabla 2.** Grados Brix°, Grasa total y ceniza del cacao clon EETP-801. .... 25

## Índice de anexos

<b>Anexo 1.</b> Encalado de plantas de cacao clon EETP-801.....	39
<b>Anexo 2.</b> Toma de muestras de suelo.....	39
<b>Anexo 3.</b> <i>Medición del índice SPAD.</i> .....	40
<b>Anexo 4.</b> Medición del nivel de radiación en las plantas.....	40
<b>Anexo 5.</b> Pesado de muestras.....	41
<b>Anexo 6.</b> Certificación de traducción de Abstract. ....	42

## **1. Título**

**Efecto de la sombra y el encalado sobre características del suelo, variables fisiológicas y productivas del cultivo de cacao clon EETP-801 en la Estación Experimental El PADMI**

## 2. Resumen

El cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) es de suma importancia para la economía mundial. Ecuador es uno de los mayores exportadores de cacao fino y de aroma a nivel mundial por su calidad y variedad, sin embargo, en la amazonia ecuatoriana especialmente en la provincia de Zamora Chinchipe, donde se produce cacao, hay una gran cantidad de suelos ácidos que limitan la disponibilidad de nutrientes, perjudicando la productividad. Es por eso que en el siguiente estudio se planteó evaluar qué efecto tiene la sombra y el encalado sobre variables fisiológicas, productivas y del suelo. Este trabajo se realizó en la Estación Experimental El Padmi, de la Universidad Nacional de Loja, bajo un diseño completamente al azar con arreglo bifactorial (sombra y encalado), con 4 tratamientos y 6 repeticiones. Se evaluó pH del suelo, conductividad eléctrica, diámetro de copa, índice de área foliar, índice SPAD (*Soil Plant Analysis Development*), radiación fotosintéticamente activa (PAR), rendimiento, porcentaje de ceniza, grados <sup>a</sup>Brix y grasa total. El diámetro de copa, rendimiento, conductividad eléctrica, pH y concentración de clorofila SPAD fueron afectados por interacción entre la sombra y el encalado. El análisis estadístico se realizó mediante el software InfoStat, el cual, análisis de supuestos ANOVA y test de (Tukey) ( $p < 0,05$ ). Según los resultados obtenidos el pH vario entre 4,6 y 6,1, en la conductividad eléctrica se evidenció un mayor aumento al día 42 y 63 alcanzando niveles de hasta 0,33 mS cm<sup>-1</sup>, sin embargo, el tratamiento T4 obtuvo valores con mayor aumento a diferencia de los otros tratamientos, el diámetro de copa obtuvo promedios de 145 cm, la radiación PAR los tratamientos T1 y T3 obtuvieron mayor aumento, en cuanto a la ceniza, gras y grados <sup>a</sup>Brix se hizo un análisis descriptivo partiendo de dos muestras. Los resultados de este trabajo nos permiten saber que la sombra no es necesaria durante la fase de producción del cacao, y en el caso de la cal sí tiene efecto porque mejora el pH del suelo, lo que aumenta la disponibilidad de nutrientes.

**Palabras clave:** *Theobroma cacao* L, sombra, encalado, rendimiento, bifactorial, radiación fotosintéticamente activa

## 2.1 Abstract

The cultivation of cocoa (*Theobroma cacao* L.) is of the most importance to the world economy. Ecuador is one of the largest exporters of fine and aromatic cocoa worldwide due to its quality and variety; however, in the Ecuadorian Amazon, especially in the province of Zamora Chinchipe, where cocoa is produced, there is a large amount of acidic soils that limit the availability of nutrients, thus impairing productivity. For this reason, the following study aimed to evaluate the effect of shade and liming on physiological, productive and soil variables. This work was carried out at the El Padmi Experimental Station of the National University of Loja, under a completely randomized design with a bifactorial arrangement (shade and liming), with 4 treatments and 6 replications. Soil pH, electrical conductivity, crown diameter, leaf area index, SPAD (Soil Plant Analysis Development) index, photosynthetically active radiation (PAR), yield, ash percentage, °Brix and total fat were evaluated. Crown diameter, yield, electrical conductivity, pH and SPAD chlorophyll concentration were affected by the interaction between shade and liming. Statistical analysis was performed using InfoStat software, which included ANOVA and Tukey's test ( $p < 0.05$ ). According to the results obtained, the pH varied between 4.6 and 6.1, the electrical conductivity showed a greater increase on days 42 and 63 reaching levels of up to 0.33 mS cm<sup>-1</sup>, however, the T4 treatment obtained values with a greater increase as opposed to the other treatments, the crown diameter obtained averages of 145 cm, the PAR radiation of the T1 and T3 treatments obtained a greater increase, as for ash, fat and °Brix degrees, a descriptive analysis was made based on two samples. The results of this work allow us to know that shade is not necessary during the cocoa production phase, and in the case of lime it does have an effect because it improves the pH of the soil, which increases the availability of nutrients.

**Key words:** *Theobroma cacao* L, shade, liming, yield, bifactorial, photosynthetically active radiation.

### 3. Introducción

El cacao (*Theobroma cacao* L.), es una especie tropical de la familia Malvaceae que se distribuye mayoritariamente en América en los estratos medios de las selvas cálidas húmedas del hemisferio occidental, entre 18° latitud norte y 15° LS, y desde 0 hasta 1000 msnm (Espinoza *et al.*, 2015). El cacao en Ecuador se produce en 16 de las 24 provincias, para un total de 590579 ha plantadas y 527327 ha cosechadas (García *et al.*, 2021).

El cacao es una planta adaptada a climas tropicales húmedos con suelos fértiles y bien drenados, que necesita de cierto nivel de sombra para poder tener un nivel óptimo de producción. (Abdulai *et al* 2020) menciona que la sombra protege al cultivo de las altas temperaturas y la radiación solar, proporcionando así un microclima más favorable que a pleno sol. Finalmente, también se ha demostrado que con la sombra los árboles aumentan la materia orgánica del suelo a largo plazo y, en consecuencia, mejoran la disponibilidad del agua de las plantas a través de una mayor capacidad de retención de agua del suelo en algunos sistemas agroforestales, específicamente en sistemas como el cacao (Abdulai *et al.*, 2020).

Uno de los mayores problemas que se observan en la provincia de Zamora son sus suelos ácidos y el área topográfica, estos son factores que limitan la producción. Por estos motivos la cantidad de nutrientes en el suelo no se encuentra disponible para las plantas, lo que provoca una competencia de distintos cultivos por la poca cantidad de materia orgánica que se encuentra en el suelo, con todas estas desventajas, se tiene que encontrar una solución a esta problemática. Otra de las problemáticas que se presenta en el cultivo es el bajo conocimiento por parte de los productores de la zona sobre el efecto de sombra en la Amazonía, ya que no se han realizado estudios científicos que garanticen que el efecto de sombra puede ayudar al cultivo de cacao en Zamora (UNL, 2021).

El proyecto realizado en la provincia de Zamora Chinchipe especialmente en las zonas productoras de cacao, consiste en mejorar la producción y calidad del cacao por medio de la sombra y el encalado, buscando aportar información a los distintos productores nacionales y eliminar parte del conocimiento empírico que se ha venido aplicando y de esa manera llevarlo de una forma más tecnificada

Debido a la problemática que ha surgido por la alta acidez del suelo, y el bajo rendimiento en sistemas agroforestales en la Amazonía ecuatoriana se ha planteado la siguiente pregunta de investigación: ¿Cuál es el efecto de la sombra y el encalado sobre

características del suelo, variables fisiológicas y productivas del cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) clon EETP-801?

Este estudio está asociado a la línea de investigación de la Universidad Nacional de Loja, “Sistemas de producción agropecuaria para la soberanía alimentaria”. A su vez, este proyecto se encuentra dentro de la línea de investigación de la Carrera de Agronomía denominada “Generación y validación de tecnologías apropiadas para la producción de frutales y cultivos”, Además, esta investigación se encuentra inserta en el macroproyecto “Comportamiento del cacao bajo diferentes condiciones de luminosidad en etapa inicial de producción en la región sur del Ecuador”.

Considerando lo antes mencionado se han planteado los siguientes objetivos:

### **3.1 Objetivo General**

- Evaluar la influencia de la sombra y el encalado sobre características del suelo, variables fisiológicas y productivas del cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) clon EETP-801.

### **3.2 Objetivos Específicos**

- Determinar el efecto de la sombra y el encalado, sobre rasgos fisiológicos y del suelo en plantas de cacao clon EETP-801.
- Identificar el impacto de la sombra y el encalado, sobre parámetros de productividad de plantas de cacao clon EETP-801.

## **4. Marco teórico**

### **4.1 Origen del cacao**

El origen del cacao se centra en el continente americano específicamente en la parte amazónica del Ecuador y Colombia (García, 2020). El cacao es un árbol que produce un fruto que se puede utilizar como ingrediente para alimentos, entre los que destaca el chocolate. Su uso se remonta a la época de los mayas, aztecas e incas y, desde entonces, se ha usado tanto para fines nutricionales como médicos (Zambrano, 2020).

### **4.2 Importancia Económica, Social y Ambiental.**

El cacao ha tenido un rol importante en la economía e historia ecuatoriana; junto con el banano y el petróleo constituyen la tríada más importante de productos primarios de exportación, elementos clave para la articulación del Ecuador con la economía mundial. Adicionalmente, el impacto del cacao en la economía ha configurado elementos sustanciales que conforman la cultura en la Costa del país (Abad *et al.*, 2020).

En los últimos años, los cambios en la economía mundial han afectado en gran medida las relaciones comerciales de los países productores de materias primas, lo que significa que sus economías se están transformando. A partir de ahí, se puede observar que la oferta y demanda de cacao en grano está altamente concentrada en áreas geográficas. Sin embargo, la distribución geográfica del suministro de alimentos ha cambiado en las últimas dos décadas. Como resultado, el origen de las exportaciones ha cambiado, pero el destino no ha cambiado significativamente. Finalmente, se destaca que la calidad del grano ha sido otro factor importante en la evolución del comercio mundial para el proyecto debido a los cambios en los tipos de granos ofrecidos y la fijación de precios (Quintero & Díaz, 2004).

El cacao ocupa el cuarto lugar en la economía mundial, después del petróleo, el azúcar y el café (Romero, 2019).

El mal manejo de la producción del cacao puede causar daño ambiental, como la deforestación para establecer nuevos cultivos y la subsiguiente disminución en la biodiversidad, la contaminación por el uso de agroquímicos para combatir plagas y patógenos y la erosión del suelo en cultivos sin sombra (García, 2007).

### **4.3 Producción mundial del cacao**

Entre el 70 % y 100 % del total de la exportación de cacao de países como Bolivia, Colombia, Costa Rica, Ecuador, Perú y México corresponde a estas variedades especiales de

cacao como la criolla, la forastera y la híbrida. América Latina es la principal región productora de las variedades “prime” de cacao a nivel internacional, con cerca del 80 % de la producción mundial, debido principalmente a su diversidad genética.

Sin embargo, existen importantes desafíos para consolidar una posición competitiva de la región en este promisor segmento del mercado (Guevara, 2017).

#### **4.4 Desarrollo del cultivo de cacao en Ecuador**

En Ecuador, los cultivos de cacao se concentran un 80% en las provincias de Guayas, Los Ríos, Manabí, Esmeraldas, El Oro y Santa Elena, mientras que el resto se distribuye en las provincias de Chimborazo, Bolívar, Cotopaxi, Pichincha, Azuay, Sucumbíos, Orellana, Napo y Zamora Chinchipe. Adicionalmente, el país cuenta con nuevas variedades liberadas por el Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIAP): Aroma Pichilingue y Fino Pichilingue, las mismas que se encuentran en la etapa de multiplicación de material genético (Cordero, 2018).

#### **4.5 Producción del cacao en la provincia de Zamora Chinchipe**

En la provincia de Zamora Chinchipe se siembra cacao en los valles del corredor fluvial del río Zamora - Nangaritza, que es una microrregión con gran potencial para la producción de este cultivo, que se caracteriza por tener un clima húmedo con precipitaciones que van desde los 2 000 hasta más de 3 000 mm por año, con temperaturas que fluctúan entre 20,8° y 22°C y un rango altitudinal entre 850 a 1000 msnm, sobre valles estrechos y alargados, con flancos de montañas a ambos lados pertenecientes a las estribaciones de la cordillera real (Oeste) y parte de la cordillera del Cóndor (Este) (Ramirez, 2010).

#### **4.6 Requerimientos edafoclimáticos para el cultivo de cacao**

Para el establecimiento de un cultivo de cacao, es importante considerar la altitud de la zona, ya que se convierte en un factor determinante en el cambio de la temperatura, precipitación, luminosidad, suelo y humedad relativa, condiciones que a su vez afectan directamente el crecimiento y desarrollo de la planta.

##### **Altitud**

Se cultiva casi desde el nivel del mar y hasta los 1,200 msnm, siendo el óptimo de 300 a 400 msnm y de 600 a 800 msnm (López, 2011).

##### **Temperatura**

El cacao puede crecer y producir económicamente en lugares con temperaturas no menores a 15° C; cuando son extremadamente altas, afecta momentáneamente las funciones de algunas partes de la planta. La temperatura media fluctúa entre los 25° C y 26° C, aunque también se encuentran plantaciones comerciales en lugares con temperaturas de 23° C. Cuando la temperatura es menor a 21° C, casi no hay formación de flores, lo ideal es tener temperaturas de 25° C, donde las flores se forman de manera normal y abundante (Quiroz, 2010).

### **Precipitación**

La cantidad de lluvia anual que satisface las necesidades del cultivo oscila entre 1200 y 1500 mm/año. En zonas que sobrepasan los 4000 mm/año se requiere es que los suelos sean bien drenados para que la planta de cacao se desarrolle correctamente, ya que de lo contrario la raíz sufriría de asfixia, conllevando a la muerte de la planta (Recalde *et al.*, 2012).

### **Luminosidad**

La intensidad de la luz es otro factor determinante en el cultivo del cacao, especialmente porque influye en los procesos fotosintéticos. En etapas de establecimiento del cultivo se recomienda la siembra de otras plantas para proporcionar sombra, ya que las plantas en esta etapa son muy susceptibles a la acción directa de los rayos solares. En etapa de producción se considera que una intensidad lumínica menor al 50 % del total de la luz limita los rendimientos, mientras que cuando es mayor al 50 % los aumenta (Dostert *et al.*, 2012). La luminosidad es variable dependiendo del ciclo productivo en el que se encuentre la planta, siendo del 40 al 50 % para fase vegetativa y del 60 al 75 % para fase reproductiva o en plantaciones adultas (López, 2011).

### **Suelo**

Los cultivares de cacao requieren de suelos franco, franco-arcilloso, franco-arenoso, con una profundidad de 0.80 - 1,5 m, porosidad óptima de 66 %, buena retención de agua, es poco tolerante a suelos arcillosos, con pH óptimo de 6 a 7, y, con un mínimo de 3 % de materia orgánica (López, 2011).

## **Humedad relativa**

El cacao necesita una humedad relativa anual promedio de 70 a 80 % (López, 2011). Es un factor determinante para la propagación de algunas enfermedades, principalmente de patógenos que afectan a la mazorca (E. Gutiérrez, 2019).

### **4.7 Generalidades del cacao**

#### **4.7.1 Taxonomía**

Según Montes (2016):

**Reino:** Plantae  
**Subreino:** Tracheobionta  
**División:** Magnoliophyta  
**Clase:** Magnoliopsida  
**Subclase:** Dilleniidae  
**Orden:** Malvales  
**Familia:** Malvaceae  
**Género:** *Theobroma*  
**Especie:** *cacao* L.

### **4.8 Fisiología del cacao**

#### **Fotosíntesis**

La radiación fotosintéticamente activa bien distribuida en los estratos foliares permite un trabajo eficaz de las hojas cercanas a las zonas de diferenciación o cojines florales (Sáenz & Cabezas, 2007). El crecimiento de la raíz y del vástago, la acumulación de biomasa, la fotosíntesis, el contenido de clorofila, la toma de nutrientes, la respiración, el florecimiento, son procesos que pueden verse afectados por la restricción en la raíz y el tamaño del contenedor. (Gutiérrez *et al.*, 2011). El contenido de pigmentos fotosintéticos representa una medida del sistema fotosintético. En el cacao, como en otras especies, la tasa fotosintética neta puede no estar relacionada directamente con el rendimiento, ya que sus valores a nivel de la hoja pueden diferir del valor total de la planta, por factores como las características del dosel y la partición de la biomasa. No obstante, las características fotosintéticas determinan la adaptación del cultivo a las condiciones particulares del área en que crece (Ardisana *et al.*, 2018).

### **Clorofila del cacao**

El contenido de pigmentos fotosintéticos, en particular las clorofilas, está relacionado con la adaptación de los genotipos a las condiciones climáticas en que estos se desarrollan. En varias especies, la cantidad de clorofila está relacionada con el rendimiento de los cultivos (Ardisana et al., 2018).

### **Conductividad estomática**

La dinámica estomática está estrechamente relacionada con la fotosíntesis, transpiración, carbono intercelular y conductancia estomática, todos estos procesos ocurren en las hojas y a su vez están regulados por la cantidad de agua disponible en el suelo. La hoja es uno de los órganos de la planta más sensibles a responder a las condiciones ambientales, los cuales se evidencian a través de cambios morfológicos como consecuencia de las variaciones en la pared celular, síntesis de proteínas y la conductancia estomática, además es uno de los órganos de mayor importancia, es la zona de comunicación activa entre la atmósfera y la planta. En general, el comportamiento de las estomas permite entender las respuestas y relaciones entre la conductancia estomática, la transpiración y la fotosíntesis en función de los cambios ambientales (Hernández *et al.*, 2017).

## **4.9 Ecofisiología del cacao**

Un sombreado apropiado incrementa la vida productiva por hasta 50 años, ya que contribuye a un incremento de la tasa fotosintética, crecimiento y rendimiento, además de reducir los efectos de los factores ecológicos desfavorables como la baja fertilidad del suelo, daños mecánicos ocasionados por el viento y temperaturas extremas del aire y del suelo durante la época seca. En cambio, cuando se tiene cacaotales sin sombra implica menor vida productiva, mayor demanda de fertilizantes, transpiración excesiva de las hojas y aumento en la evapotranspiración del suelo (Almeida & Valle, 2007).

## **4.10 Sombreado en el cultivo de cacao**

El cacao por considerarse una planta umbrófila, debe ser cultivada bajo sistemas agroforestales, a la sombra de grandes árboles, pero más recientemente se han introducido y defendido plantaciones en monocultivos (Gockowski & Sonwa, 2010). El objetivo del sombreado al inicio de la plantación es reducir la cantidad de radiación que llega al cultivo (Vásquez *et al.*, 2018), en Ecuador, donde la mayor parte del año hay alta densidad de nubes y baja demanda evaporativa, existe la posibilidad de cultivar cacao sin sombra. El cacao

durante los primeros años de vida es más exigente con el nivel de sombreo que oscila entre el 60 y 70 % (Agudelo *et al.*, 2018).

Con este nivel de sombreo, puede llegar a presentar densidades de flujo fotónico de 400 a 600  $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ . Bajo condiciones de sombreo, la disponibilidad de humedad en el suelo es mayor durante la época seca, permitiendo mantener la actividad fisiológica de las plantas (Agudelo *et al.*, 2018).

La transpiración de una hoja expuesta al sol es más acelerada, dos o tres veces mayor que la de una hoja bajo sombra. La poca tolerancia del cacao a altas radiaciones hace que el tiempo de vida de las hojas sea variada entre 250 y 450 días en plantas expuestas a pleno sol o bajo sombra respectivamente. Las hojas de cacao sometidas a sombreo mantienen mayores concentraciones de clorofila, influyendo en las tasas de asimilación de  $\text{CO}_2$  (Vásquez *et al.*, 2018). La mayor tasa fotosintética está asociada a la mayor concentración de clorofila, altos niveles de nitrógeno, cloroplastos más grandes y mejor metabolismo de la planta (Agudelo *et al.*, 2018).

#### **4.11 Suelos ácidos**

Una de las limitaciones más comunes en los suelos ecuatorianos está relacionada con los fenómenos ocurridos por la acidez, ya que el nivel óptimo de pH para el cacao es de 4,5 a 6,5 según su escala, y esto se puede ver interrumpido por la toxicidad generada, principalmente, por el aluminio de cambio y en otros casos, como en los suelos sulfatados ácidos improductivos (SSAI), por la demanda de ácido sulfúrico y hierro. Las interacciones químicas derivadas de la acidez repercuten sobre la fertilidad del suelo, por alterar su equilibrio iónico e inhibir en diferente grado la absorción de importantes nutrientes, como calcio, magnesio y fósforo. La ocurrencia de diferentes tipos de suelos ácidos obedece a los estados y los procesos de degradación química, involucrados con la génesis de cada suelo. Para los suelos sulfatados ácidos improductivos (SSAI), estos procesos son producto de la oxidación primaria de sulfuros de hierro ( $\text{FeS}_2$ ) y de la generación de ácido sulfúrico, con la consecuente destrucción de minerales primarios e hidrólisis secundaria del aluminio (Castro & Munevar, 2013).

#### 4.12 Antecedentes

Estudios recientes en variedades ecuatorianas de cacao clonal, EETP-801 y CCN51 a alta luminosidad, han mostrado incrementos de hasta el 35 % en la tasa fotosintética neta a  $1\ 800\ \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ , dando como resultado final un crecimiento más rápido y una mayor producción de fotoasimilados (Vásquez *et al.*, 2018).

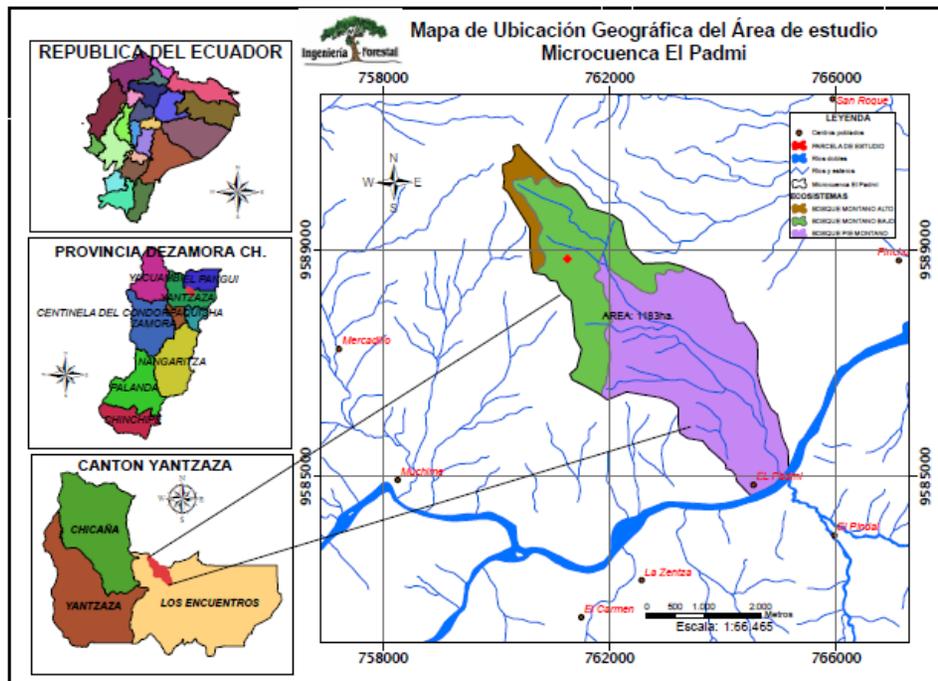
Distintos resultados indican que no existe interacción entre los factores sombra y encalado en base al rendimiento. En las variables como; altura de planta, conductividad eléctrica, longitud de brote, concentración de clorofila A y densidad estomática., se manifestaron diferencias significativas entre los tratamientos de sombra y encalado. El tratamiento de fertilización permite obtener plantas más altas y una mayor conductividad eléctrica del suelo. En el caso de la longitud de brote, fue mayor en el tratamiento de sombreado. Con respecto a la clorofila A y la densidad estomática, se obtuvieron los mejores resultados con los tratamientos de sombreado y sombreado con fertilización. De acuerdo con los resultados obtenidos se sugiere utilizar intensidades de sombra de 80 % para el cultivo de cacao EETP-801 sin adición de fertilizantes, o directamente hacer un cultivo sin ninguna intensidad de sombreado, pero aplicando la fertilización requerida en esta fase (Godoy, 2021).

En la Amazonía ecuatoriana, el cultivo de cacao presenta bajo rendimiento debido a que la alta acidez del suelo limita el uso eficiente de nutrientes. Por lo tanto, esta investigación ha evaluado el efecto del encalado y la fertilización en un suelo ácido de la Amazonía ecuatoriana sobre el uso eficiente de nutrientes, en términos de la eficiencia agronómica y la eficiencia de recuperación del fertilizante para nitrógeno, fósforo y potasio, y cuatro clones universales de cacao fino de sabor y aroma. Este estudio realizado en la Amazonía determinó que la acidez del suelo es una condición desfavorable para el rendimiento de los clones de cacao IC S-1, CCN-51, IC S-39 y TSH-565, por lo que es necesario encalar o fertilizar teniendo en cuenta las preferencias edáficas para cada clon, sean de pH o nutrientes. De estos genotipos, el clon CCN-51 muestra mayor habilidad en el uso de nutrientes que los restantes clones, reflejada en presentar alto rendimiento con menor cantidad de nutrientes; en este sentido, los cuatro clones responden de forma diferencial de acuerdo con la eficiencia agronómica y eficiencia de recuperación del fertilizante, evidenciando la influencia del genotipo y de las condiciones edafoclimáticas propias de la zona (Patiño *et al.*, 2019).

## 5. Metodología

### 5.1 Localización del estudio

El siguiente proyecto se desarrolló en la Estación Experimental El Padmi, perteneciente a la Universidad Nacional de Loja, ubicada en la parroquia Los Encuentros, del cantón Yantzaza, provincia de Zamora Chinchipe (Figura 1). La estación experimental tiene una extensión de 102,95 ha, una altitud de 775 y 1150 msnm, su tipo de vegetación es bosque siempre verde de tierras bajas con una temperatura de 23°C y una precipitación de 226 mm (UNL, 2021).



*Figura 1. Área de estudio (Estación Experimental El Padmi)*

### 5.2 Tipo y alcance de la investigación

Este proyecto de investigación es de tipo experimental-cuantitativo, pues se implementaron tratamientos y repeticiones, a esto también decimos que es cuantitativo porque se tomaron en cuenta datos numéricos y mediciones de variables de campo. Además, el proyecto que se llevó a cabo pertenece a una investigación descriptiva ya que el estudio se realizó en el cultivo de cacao clon EETP-801 con factores de sombra y enclado, tomando en cuenta que hasta la actualidad no se han realizado suficientes investigaciones en cuanto al efecto de estos factores, por lo que hasta la fecha se tienen solo datos empíricos sin ninguna

comprobación científica. Se la denomina descriptiva por que se describieron los distintos fenómenos y características que se presentaron durante el desarrollo del cultivo en cada una de las variables.

### 5.3 Diseño experimental y modelo matemático

El ensayo se desarrolló bajo un diseño completamente al azar (DCA), con arreglo bifactorial, siendo el factor A la sombra y el factor B el encalado. Se aplicaron dos niveles de sombra y encalado, siendo un total de 4 tratamientos, con 6 repeticiones, obteniendo un resultado de 24 plantas del clon EETP-801 como unidades experimentales, en un marco de plantación de 4 x 3.5m (Figura 2). El modelo matemático que se aplicó es el siguiente:

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

Donde:

$Y_{ij}$ = variable respuesta

$\mu$ = Media global de la variable respuesta

$\alpha_i$ = efecto del factor sombra (i 1, 2)

$\beta_j$ = efecto del factor encalado

$(\alpha\beta)_{ij}$ = efectos de la interrelación entre el factor A y el factor B

$\epsilon_{ij}$ = Error Experimental

#### 5.3.1 Diseño de los tratamientos en campo

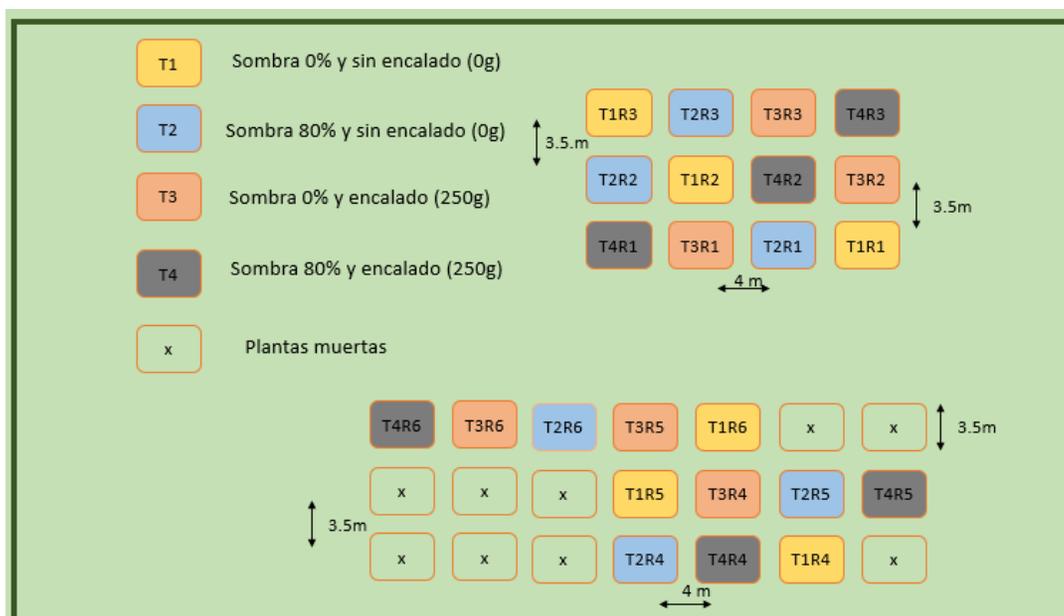


Figura 2. Diseño experimental implementado

Para el siguiente estudio de campo se trabajó con 1 clon (EETP-801) mismo que se encuentra repartido en 2 bloques distintos del área de estudio.

**Factor A:** Sombra (2 niveles)

**Factor B:** Encalado (2 niveles)

**Número de repeticiones:** Seis repeticiones

**Unidad experimental:** 1 planta

**Número total de plantas:** 24 plantas.

#### 5.4 Metodología General

El estudio abarca el período de octubre de 2022 a febrero de 2023 y se realizó en dos fases: la primera fase se desarrolló en campo y la segunda fase en laboratorio, trabajando en una plantación de cacao establecida en 2019, donde las plantas se encontraban desde el inicio de la plantación en luz directa algunas y otras en sombra artificial con la ayuda de pantallas de sarán o poli instaladas permanentemente a una altura de 2 a 3 m del suelo. Las plantas del sitio de investigación tienen por tanto dos años y medio, el marco de plantación es de 3,5 m de distancia y el espacio entre hileras es de 4 m y la densidad es de 714 plantas/ha.

Para el presente estudio se tomaron en cuenta dos niveles de retención de radiación fotosintéticamente activa (PAR) de los que ya estaban establecidos en la plantación: un nivel de 0 % de sombra y un nivel de 80 % de sombra y encalado (Anexo 1). La maya se mantuvo durante toda la ejecución del ensayo.

Todas las unidades del ensayo se manejaron con la misma técnica agrícola, control de malezas con hoz motorizada y poda con ayuda de tijeras de podar, además el control de malezas se lo hizo con herbicida glifosato en bomba de 20 litros en septiembre. La dosis fue de 150 ml, seguido de tratamiento con herramientas tradicionales (machetes, lampas y demás), dejando una copa de 1,50 m alrededor de la planta. Esta operación se produjo cada 21 días. Para el control de plagas (grillos), se utilizó una dosis de 40 ml de producto BANZAI (Fipronil) en una bomba de 20 l, y se realizó una sola aplicación durante el proyecto. En el caso de enfermedades (monilia), se realizaron controles de cultivo, al retirar la fruta contaminada y se desecha fuera del medio del cultivo.

Los datos se recopilaban cada 21 días después de que se identificaron y describieron los sitios de estudio.

La segunda fase se realizó en el Laboratorio de Bromatología de la Universidad Nacional de Loja, de las semillas se obtuvieron datos de: grados brix del mucílago, peso de las semillas y el análisis químico de semillas (la grasa total, proteínas y grados brix).

#### **5.4.1 Metodología del primer objetivo**

Determinar el efecto de la sombra y encalado, sobre rasgos fisiológicos y del suelo en plantas de cacao

Para la metodología del primero objetivo se hizo una toma continua de datos en intervalos de 21 días para poder determinar las variables en suelo: pH, conductividad eléctrica (CE) y humedad; y fisiológicas: índice de área foliar, índice SPAD y la radiación PAR.

##### ***pH y Conductividad eléctrica (CE)***

Para estas variables, se tomaron muestras de suelo en cantidades de 10 g (Anexo 2) a una profundidad de 10 cm que va a estar compuesta por submuestras en suelo tamizado a 2 mm, se almacenaron en fundas para seguidamente llevarlas al laboratorio de suelos de la Universidad Nacional de Loja, para el análisis del pH se empleó el equipo JENWAY, y para la conductividad eléctrica el equipo EC/TDS Testers.

##### ***Índice de área foliar***

El área foliar se calculó por medio de una ecuación de regresión sugerida por (Herrera *et al.*, 2022), a partir de la longitud de la hoja:  $AF = 0,3146x^{1,9241}$ , donde AF = área foliar de la hoja, y x = longitud de la hoja. Para determinar la longitud promedio de las hojas de cacao se seleccionaron 20 hojas al azar en cada unidad experimental. Además, se contó el número de hojas total por planta. El área foliar por planta se estimó multiplicando el área foliar promedio por el número de hojas por planta.

Posteriormente con los datos de área foliar, se determinó el IAF utilizando la ecuación:

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

##### ***Índice SPAD (Soil Plant Analysis Development)***

Se utilizó el medidor de clorofila SPAD - 501 (Minolta, Japón), para lo cual, se tomó tres hojas aleatorias con cuatro mediciones por unidad experimental para obtener el resultado

promedio de clorofila de esas hojas. Además, esta variable se tomó cada 21 días en el transcurso del proyecto (Anexo 3).

#### ***Radiación PAR (Photosynthetically Active Radiation)***

Es la cantidad de radiación integrada del rango de longitudes de onda que son capaces de producir actividad fotosintética en las plantas y otros organismos fotosintéticos como microalgas y bacterias. Este rango es el comprendido aproximadamente entre los 400 y los 700 nanómetros y se corresponde, también aproximadamente, con el espectro visible. Se midieron los niveles de radiación en tres momentos de la visita; al inicio, medio y al atardecer del día. Se tomaron datos con un medidor de radiación PAR el cual mide en  $\mu\text{mol}/\text{m}^2$  (Anexo 4).

#### **5.4.2 Metodología del segundo objetivo**

Determinar el efecto del encalado y la sombra, sobre parámetros de productividad de plantas de cacao.

En la metodología del segundo objetivo se tomó en cuenta la productividad y se midió las variables de número de frutos, peso promedio del fruto fresco, índice de mazorca, grasa total y proteína (del grano seco), diámetro de copa y rendimiento estimado.

#### ***Grasa total***

Se procedió a aplicar la metodología empleada por el laboratorio de bromatología donde se procedió a preparar las almendras de cacao separando la cubierta y dejando la almendra pelada, posterior se molieron las muestras en un mortero hasta obtener una muestra homogénea. Se pesaron en la balanza analítica 5 g de muestra de cacao clon EETP-801, pesando el papel solo y luego con el cacao (Mereles & Martinez, 2022).

$$\text{Lípidos totales (g/100g)} = (\text{Pbm} - \text{Pb}) \times 100 / \text{Pm}$$

para contenido de lípidos sobre base seca (SBS)

#### **Donde:**

**Pbm:** peso en gramos del balón con aceite de la muestra.

**Pb:** peso en gramos del balón vacío.

**Pm:** peso en gramos de la muestra.

### ***Diámetro de copa***

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

**La ecuación utilizada fue la siguiente:** Diámetro= (perímetro/ $\pi$ )

### ***Rendimiento***

Se determinó cosechando las mazorcas formadas por unidad experimental por cada tratamiento, en peso fresco y seco, empleando una balanza digital para estimar una producción por tratamiento o por hectárea.

### ***Ceniza***

Para obtener la ceniza se toma en cuenta dos muestras por cada repetición de cada tratamiento. La cual se tomaron 18 crisoles por las 9 muestras, los crisoles se encontraban previamente desinfectados en una mufla ajustada a ( $550 \pm 15^\circ\text{C}$ ), durante 30 min donde se procedió a enfriar en el desecador y se pesaron las muestras con aproximación 4 g de cacao con EETP 801. Los crisoles con las muestras fueron pesados uno por uno en la balanza digital después los crisoles con su contenido cerca de la puerta de la mufla abierta y mantenerla allí durante pocos minutos, para evitar pérdidas por proyección de material. La mufla se ajustó a ( $550 \pm 15^\circ\text{C}$ ) hasta obtener cenizas de cacao de un color gris claro se observaba que no se fundan las cenizas en el tiempo de 8 horas. Finalmente, de sacaron de la mufla y se dejó enfriar a temperatura ambiente por una hora y se llevó a pesar y digitalizar los datos. Para ello se aplicó la siguiente formula (Castro & Munevar, 2013):

$$C = \frac{100 (m^3 - m^1)}{100 - H (m^2 - m^1)}$$

En donde:

**C** = contenido de cenizas en harinas de origen vegetal, en porcentaje de masa.

**$m^1$**  = masa del crisol vacío, en g.

**$m^2$**  = masa del crisol con la muestra, en g.

**$m^3$**  = masa del crisol con las cenizas, en g.

**H** = porcentaje de humedad en la muestra.

### ***Proteína***

Según (AOAC, 2001) para la extracción de proteína se tomaron 2 muestras de cacao entre 2 tratamientos y se realizó mediante el Método Kjeldahl (Anexo 5), la cual nos dice que para la determinación analítica del contenido en proteína total, se determina por lo general el contenido de nitrógeno (N) tras eliminar la materia orgánica con ácido sulfúrico (método de Kjeldahl), calculándose finalmente el contenido de proteína con ayuda de un factor (en general  $f = 6.25$ ). Para el cálculo se utilizó la siguiente formula:

$$\text{Proteína total \%} = (V_{\text{Muestra}} - V_{\text{Blanco}}) \times N_{\text{Acido}} \times 1.4 \times F/G \text{ Muestra}$$

Donde:

**$V_{\text{Muestra}}$** : ml de ácido gastados en la valoración de la muestra

**$V_{\text{Blanco}}$** : ml de ácido gastados en la valoración del blanco

**$N_{\text{Acido}}$** : normalidad del ácido sulfúrico

**0.014**: peso del meq de nitrógeno, en g

**F**: factor de conversión de nitrógeno a proteína

**G**: muestra peso en g de la muestra

### ***Grados °Brix***

Grados °Brix Se procedió a partir el Cacao por la mitad y retirar las semillas con ayuda de un chuchillo se extrajo el mucilago en un mortero para tener toda la pulpa, con ayuda de una cuchara dosificadora colocamos la pulpa en un papel filtro para tomar una gota de la pulpa y colocar en el Refractómetro, mirando finalmente el valor obtenido para las muestras tomadas

### **5.5 Análisis estadístico**

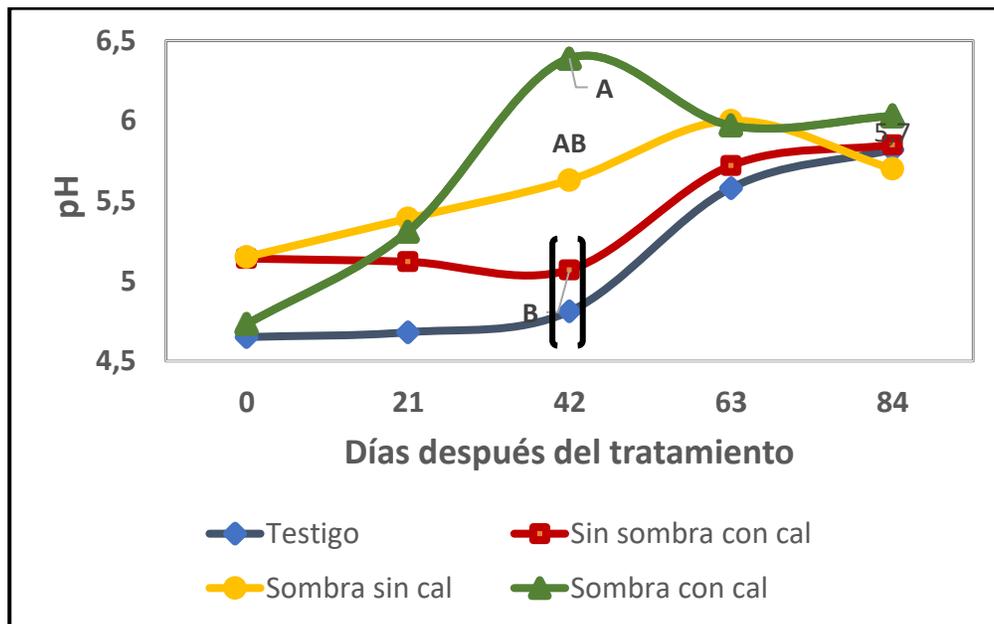
El análisis estadístico se ejecutó mediante el software INFOSTAT (Di Rienzo, 2011), en donde se realizó el análisis de supuestos para determinar si los datos poseen una distribución normal, análisis de varianza (ANOVA) para determinar la existencia de diferencias significativas entre los tratamientos, test de Tukey para determinar cuál es el mejor tratamiento y análisis de correlación de Pearson para ver si existe relación entre las variables cuantitativas.

## 6. Resultados

### 6.1 Variables Vegetativas y de suelo

#### 6.1.1 pH

El pH inicial del suelo en el área de estudio donde se ejecutó el ensayo fue de 4,6. En la Figura 3 se presentan los distintos valores de pH en las diferentes fechas de evaluación, donde se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos a los 42 días después del tratamiento con un p-valor de (0,0010). Como se puede observar hay un incremento en el tratamiento de sombra con cal a los días 42 y 63. Los tratamientos testigo (T1) y Sombra sin cal (T2) tienen un menor aumento en cuanto al pH en los días 21, 42 y 63 (Figura 3).



**Figura 3.** Promedios del pH del suelo del cacao clon EETP-801 a los 0 y 84 días después del inicio de la evaluación. Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas.

#### 6.1.2 Conductividad eléctrica (CE)

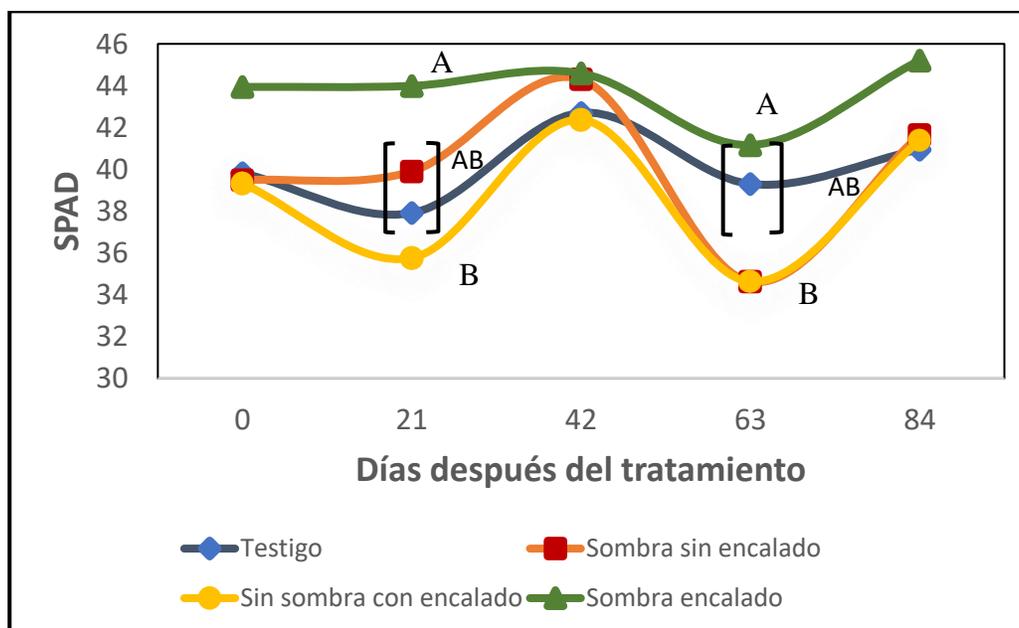
La conductividad eléctrica durante todos los momentos de evaluación no mostró diferencias estadísticas significativas. Sin embargo, se puede observar que en los días 42, 63 y 84 hubo un aumento leve entre todos los tratamientos, hasta que en el día 105 nuevamente disminuye en todos los tratamientos (Tabla 1).

**Tabla 1.** Conductividad eléctrica del cacao clon EETP-801

Conductividad Eléctrica (mS cm <sup>-1</sup> )					
Tratamientos	Días				
	0	21	42	63	84
Testigo (0%)	0,16	0,27	0,31	0,33	0,23
Sombra sin encalado (80%)	0,26	0,27	0,32	0,3	0,25
Sin sombra con encalado (0%)	0,15	0,27	0,22	0,3	0,24
Sombra con encalado (80%)	0,18	0,29	0,33	0,3	0,28

### 6.1.3 Índice SPAD

Durante la evaluación del índice SPAD, que es una estimación del contenido de clorofila, se observó una variación a lo largo del crecimiento vegetal incrementado este índice a los 42 DDT, y encontrándose diferencias significativas con un p-valor de (0,3222), curiosamente en el tratamiento encalado + sombreado, el contenido de clorofila fue más constante comparado con el resto de tratamientos (Figura 4)

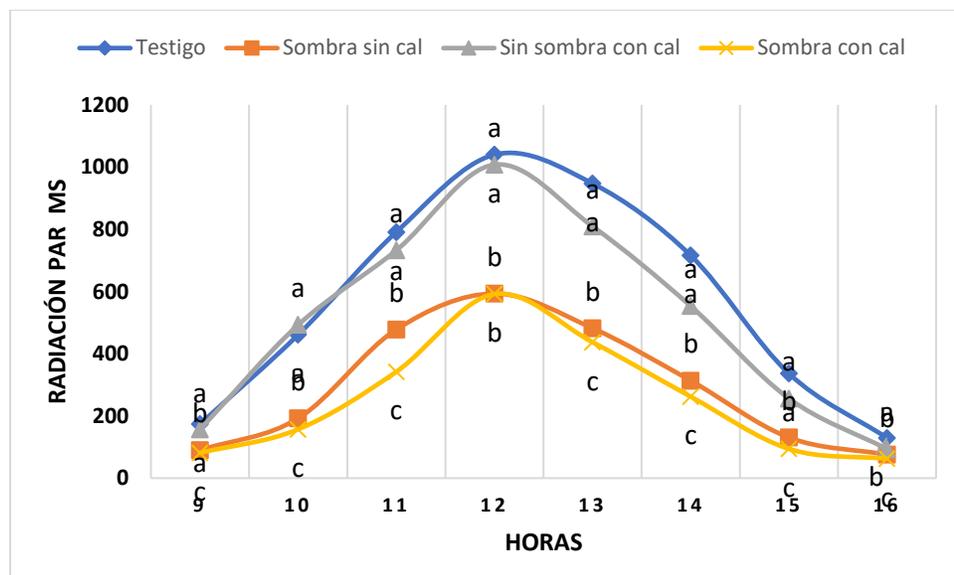


**Figura 4.** El índice SPAD del cacao clon EETP-801 a los 0 y 84 días después del inicio de la evaluación. Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas.

### 6.1.4 Radiación PAR

#### Radiación PAR dentro (sombra 80%)

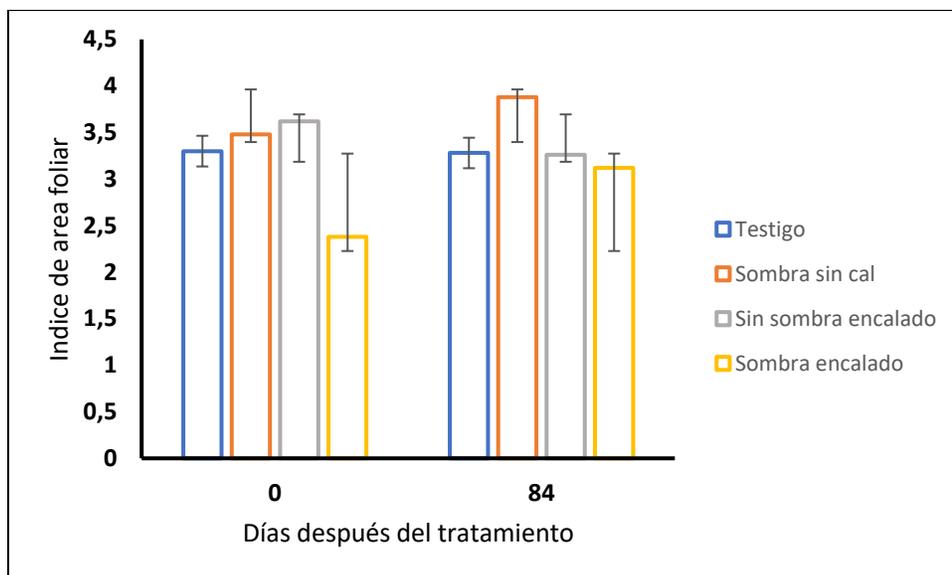
La radiación PAR obtuvo un mayor aumento en los tratamientos testigo y sin sombra con cal (T1 y T3) debido a que no hubo ningún efecto de la sombra que se aplicó a los otros tratamientos en este caso el de malla Sarán que tienen los tratamientos sombra sin cal y sombra con encalado (T2 y T4) (Figura 5)



**Figura 5.** Radiación PAR dentro de la malla sarán del cacao clon EETP-801, entre la toma de intervalos de 9:00h a 16:00h. Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas.

### 6.1.5 Índice de área foliar

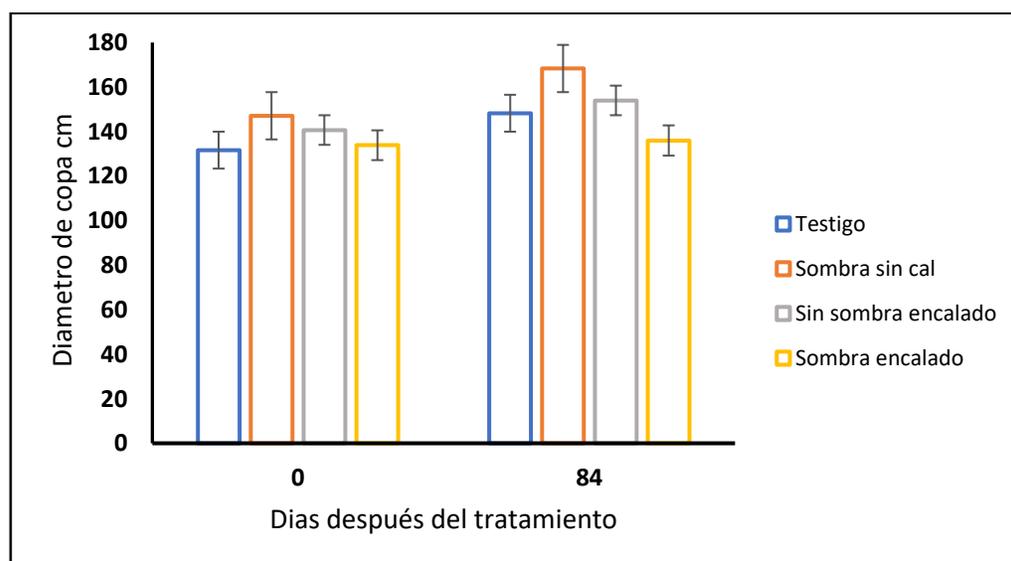
En cuanto al índice de área foliar (Figura 6), no se encontraron diferencia significativa entre los tratamientos. Los tratamientos sin sombra presentaron una media de 3,28 cm, mientras que en los tratamientos bajo sombra al 80 % presentaron valores similares,



**Figura 6.** Índice de área foliar del cacao clon EETP-801 a los 0 y 84 días después del inicio de la evaluación. Barras verticales representan el error estándar.

### 6.1.6 Diámetro de copa

Para el diámetro de copa (Figura 7), durante los 84 días de evaluación en los tratamientos bajo sombra presentaron una media de 147 cm, mientras que los tratamientos sin sombra al 0 % presentaron valores menores a estos, sin diferencias significativas entre ellos con valores de 143 cm respectivamente.

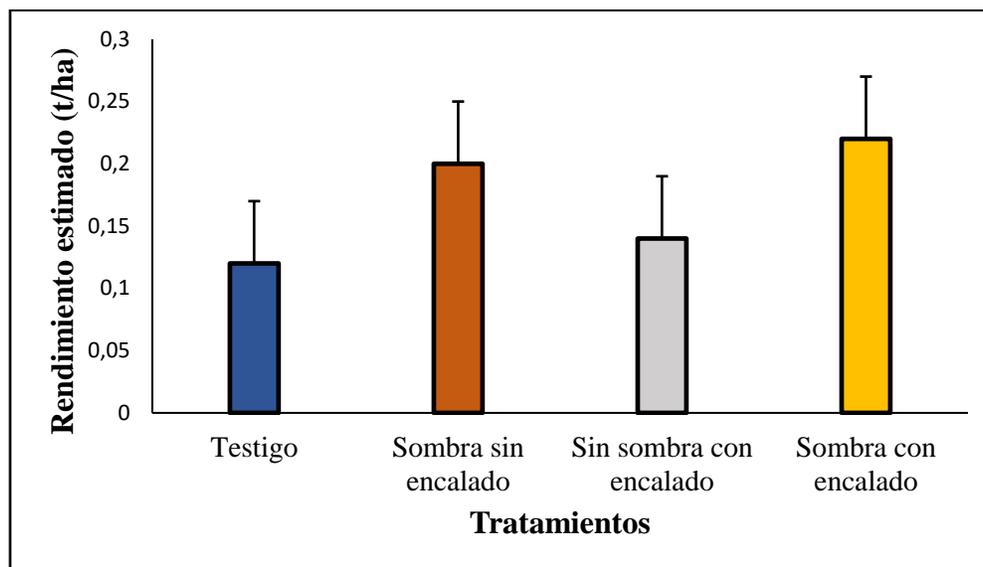


**Figura 7.** Diámetro de copa del cacao clon EETP-801 a los 0 y 84 días después del inicio de la evaluación. Barras verticales representan el error estándar.

## 6.2 Variables productivas

### 6.2.1 Rendimiento

El rendimiento estimado (Figura 8), el tratamiento T2 (bajo sombra sin encalado) y el T4 (bajo sombra con encalado) presentaron unas medias de 0,20 y 0,22 mientras que el tratamiento T1 (sin sombra sin encalado) y T3 (sin sombra con encalado) tuvieron valores menores que estos, sin diferencias significativas entre ellos.



**Figura 8.** Rendimiento estimado (t/ha) en cacao clon EETP-801 para cada nivel de sombra y encalado evaluado. Barras verticales representan el error estándar.

## 6.3 Análisis bromatológico

### 6.3.1 Grados Brix\*, grasa total y ceniza

Según los resultados bromatológicos de los grados brix se pudo hacer un análisis descriptivo de los frutos recolectados, en donde se obtuvo dos resultados, el tratamiento T3 (Sin sombra y con encalado) se obtuvo un valor de 11,43, mientras que el T4 (Bajo sombra y con cal) tiene un promedio de 10,93.

En la grasa total se obtuvo un valor de 28,17%, mientras que el T4 (Bajo sombra y con cal) tiene un promedio de 30,67% siendo el tratamiento T4 el de mejor rendimiento.

Finalmente, en el contenido de ceniza se obtuvo un promedio de 4,70%, mientras que el T4 (Bajo sombra y con cal) se consiguió un promedio de 4,44%, teniendo un menor porcentaje de ceniza que el T3 (Tabla 2).

Cabe recalcar que los resultados obtenidos únicamente se lo hicieron en dos tratamientos, por el motivo de que no hubo productividad por parte de las unidades experimentales del estudio.

**Tabla 2.** Grados Brix°, Grasa total y ceniza del cacao clon EETP-801.

<b>Grados Brix°, Grasa y Ceniza</b>			
<b>Tratamientos</b>	<b>Brix° promedio</b>	<b>Grasa total promedio</b>	<b>Ceniza promedio</b>
<b>T3R1 (Sin sombra con encalado)</b>	11,43	28,17%	4,70%
<b>T4R2 (Sombra con encalado)</b>	10,93	30,67%	4,44%

## 7. Discusión

El siguiente proyecto se evaluó tomando en cuenta dos niveles de sombra y encalado en el clon EETP 801 de cacao (*Theobroma cacao* L.) según variables fisiológicas, suelo y productivas en la Estación Experimental El Padmi en la provincia de Zamora Chinchipe. Los resultados del estudio muestran que el uso de la sombra y el encalado no tiene efectos estadísticamente significativos en las variables: diámetro de copa, IAF, clorofila, humedad relativa, ceniza, grasa, proteína, brix y acidez, esto puede deberse a que bajo las condiciones agroclimáticas de la zona de estudio, las plantas no están limitadas por los recursos del suelo nutrientes, agua y radiación, es posible también que las plantas de cacao tengan una gran capacidad de adaptación a la modificación de la radiación solar impuesta por el sombreado.

La exposición al sol disminuyó discretamente el contenido de clorofila foliar del cacao, esto se ha visto previamente donde el contenido de clorofila se incrementa con el sombreado. También se observó disminuciones (no significativas) en el índice de área foliar en los tratamientos expuestos al pleno sol como se ha visto previamente, que las plantas regulan su crecimiento a las condiciones de luminosidad como lo indica (Almeida & Valle, 2007)

Agudelo *et al.*, (2018) menciona que la sombra regula la actividad fotosintética de las hojas, disponiendo de menores cantidades de enzimas como la RuBisCO, que interviene en el proceso, al mismo tiempo incrementan la producción de clorofila, captadores de luz, esto podría explicar los resultados obtenidos en el presente estudio ya que en el contenido de clorofila (SPAD) se obtuvieron se observó mayores valores en el tratamiento de sombra + encalado.

El pH que se encontró en el área de estudio fue de entre 4,6 a 5,1 lo que se encuentra dentro del rango óptimo de 4,8 a 7 como lo menciona Dostert *et al.* (2012). Como era de esperarse el encalado mejora el pH del suelo obtenido valores que oscilan entre los 6,2 a 6,4 según la escala del pH, lo cual podría ser beneficioso para aumentar la disponibilidad de nutrientes en el suelo.

En la variable diámetro de copa en los cuatro tratamientos a los 84 días no presentaron diferencias significativas con un diámetro de copa 130 cm a los 166 cm donde se puede deducir que la sombra influye mayormente al tratamiento T2 (sin encalado bajo sombra) del clon EETP – 801 debido al campo de estudio donde se realizó ya que según expresa Tezara *et al.*, (2015) concluyó que los clones de cacao ecuatoriano estudiados, cultivados a plena

exposición solar, redujeron significativamente el área foliar, mostrando aclimatación morfoanatómica y regulación descendente del aparato fotoquímico, lo que constituye una evidencia de la aclimatación a diferentes condiciones lumínicas. En esta situación al no mostrar un efecto desfavorable de las plantas sometidas a plena luz se cree que las plantas de cacao experimentaron dicha aclimatación lumínica debido a que la radiación solar es reducida en gran medida por las condiciones climáticas y de relieve de la zona.

En el índice de área foliar no se encontraron diferencias significativas, los tratamientos T1 y T3 no presentaron aumentó por lo contrario disminuyeron, mientras que los T2 y T4 aumentaron notoriamente, lo cual indica que el efecto de la sombra + encalado si incide en esta variable. Esto concuerda con lo que dice (Suarez *et al.*, 2018) quienes realizaron un estudio en variedades ecuatorianas de cacao clon CCN51 sometidos a alta luminosidad bajo condiciones climáticas amazónicas colombianas. Estos clones mostraron incrementos de hasta el 3,5 % en la tasa fotosintética neta, por consiguiente, se registró un aumento en el crecimiento y el rendimiento de las plantas. Así mismo el área foliar aumenta y el grosor de la hoja disminuye es una estrategia adicional para hacer frente a la baja cantidad de fotones recibidos en la hoja. En este sentido, en mayor área foliar exhibido por las plantas de cacao cultivadas puede mejorar la capacidad fotosintética para una absorción más eficiente y optimización de la captura de fotones.

En el porcentaje de ceniza los valores en los dos únicos tratamientos que se tomaron se mantienen entre 4.44 % y 4.70 %, lo cual son superior con otros estudios, Según Andrade *et al.*, (2019) en su estudio los resultados con respecto al contenido de ceniza si existió diferencia significativa, entre los cultivares de cacao CCN 51, siendo superior el material CCN 51 de Ecuador con 2.73 %, y el menor para CCN 51 de Perú con 2.22 %; otra investigación reporta valores de ceniza en cacao, en Mérida (Venezuela), mayores con 2.96 % Lares *et al.*, (2012). Esto puede deberse que la variedad CCN51 presenta contenidos variables dependiendo de la zona en la que se encuentre y estado de madurez del fruto (Perca *et al.*, 2011).

El contenido de grasa obtenido en nuestro estudio bajo dos niveles de sombra fue 28,17 % y 30,67 % del T3 y T4 respectivamente, donde el T4 con sombra y encalado fue el que más resalta es decir que sombra influyo en contenido de grasa en las almendras del cacao Clon EETP 801. Los datos obtenidos son similares en estudio realizado por (Del Rosario

Castro *et al.*, 2017), donde obtuvo un porcentaje de grasa menor de 26 % en un SAF en cacao Nativo en la localidad de Chulucanas, Piura – Perú., donde determinó que la concentración puede variar por factores como la exposición a la temperatura, la fermentación, el secado o los efectos debido al contenido de grasa en la composición siendo porcentajes bajo ya que el contenido de grasa usualmente varía del 50 al 55% en cacao fresco, estando 38 constituida principalmente por glicéridos como el ácido oleico, palmítico y esteárico. Así como en el estudio realizado en el Cacao Trinitario-Laurel en Quevedo con un porcentaje alto del 51.11 %, donde el alto contenido está relacionado con los polifenoles es decir que entre las variedades varia este contenido ya que en algunas semillas se puede encontrar aproximadamente 2/3 de la cantidad de polifenoles en cacaos.

Así mismo los grados brix se encontraron valores que variaron entre 10,93 a 11,43 brix del T4 (80%) y T3 (0%) en cacao clon EETP-801 que se asemejan a los encontrados 14 a 18 brix, donde no se encontraron diferencias significativas en el estudio realizado al cacao Clon CCN51, procedente del caserío china alta, distrito de Huarango, provincia de San Ignacio, con una altitud de 930 m.s.n.m en Perú, (Mijahuanca & Cruz, 2020). Lo cual se encuentra en una línea buena de aceptación donde para parámetros de calidad se revisa el contenido de azúcar son menores a 15 brix en caso no cuente con los grados brix adecuados, la calidad final del cacao se verá afectada en aspectos como: mayores valores en las notas de astringencia y amargor, poco aroma y en algunas ocasiones se altera el sabor de la manteca acidificándola (Moreau Cruz *et al.*, 2013).

La radiación fotosintéticamente activa (PAR) Se encontraron variaciones significativas con respecto a los tratamientos T2 y T4 mismos que fueron sometidos a un nivel de sombra del 80% con valores de 111,27  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  hasta 592,06  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  Mientras que los tratamientos que los tratamientos T1 y T3 con sombra al 0% alcanzaron niveles de 1007,93  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  lo que concuerda con Mensah *et al.*, (2022) que evaluó los efectos limitados de la sombra en el rendimiento fisiológico del cacao bajo temperaturas elevadas, la investigación se llevó a cabo en África Occidental específicamente en Ghana en la estación cálida y seca con plántulas de cacao híbridas tolerantes a la sequía. Las plantas bajo tratamientos de sombra se colocaron en cobertizos abiertos hechos de postes de madera con 60 % mallas sombra negras, las plantas de sol se mantuvieron a pleno sol, los resultados fueron de 520  $\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$  a la sombra y 1485  $\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$  en sol, por lo que los niveles de

radiación fotosintéticamente activa (PAR) indicaron diferencias significativas entre los niveles de sombra con los tratamientos a pleno sol. Las mallas sombra interceptaron entre el 60 % y el 70 % de los fotones dirigidos a las plantas. Cabe recalcar que el mismo estudio fue realizado en África Occidental donde no se encuentran las mismas características de la Amazonia ecuatoriana.

En variables productivas como rendimiento el tratamiento T1 (sin sombra sin cal) obtuvo un valor de rendimiento de 0,12 t/ha, el T2 (con sombra sin cal) 0,2 t/ha, el T3 (sin sombra con cal) con 0,14 t/ha y el T4 (con sombra y con cal) obtuvo un valor de 0,22 t/ha, lo que concuerda con la literatura de Perez & Freile, (2017) que nos menciona que el clon CCN51 alcanzó el valor de 0,26362 t/ha igualándose a nuestro tratamiento T4 (con sombra y con cal). Al igual que otros cultivos, el rendimiento del cacao depende de las condiciones de crecimiento alrededor de la planta y de la captura eficiente de la luz, la conversión eficiente de la energía de la luz interceptada en biomasa y la partición en granos (Long *et al.*, 2006).

## 8. Conclusiones

En el presente estudio se tomaron cuatro tratamientos con dos niveles de sombra y encalado T1 0% sin encalado, T2 80% sin encalado, T3 0% con encalado y el T4 80% con encalado sobre la evaluación de plantas de cacao del clon EETP-801, los cuales no obtuvieron un efecto significativo en algunas variables como: diámetro de copa, índice de área foliar y índice de clorofila (SPAD). Sin embargo, se pudo observar que los tratamientos que son sometidos a sistemas agroforestales como la sombra tienen un mejor efecto en cuanto a su crecimiento y evolución. Para el pH del suelo se observó valores fluctuantes en cuanto a su desarrollo, no obstante, el tratamiento T4 obtuvo valores que se incrementaron en el día 42 y 63 pero se igualan al término de la evaluación en el día 84.

En cuanto a la productividad no se pudo obtener un análisis estadístico, sin embargo, se pudo hacer un análisis descriptivo en donde encontramos los grados brix en un total de 10,93 a 11,43, la grasa total de 28,17% a 30,87% y la ceniza en un promedio de 4,70% a 4,44%, de esa manera se puede ver que la calidad de los cacaos que se producen en la amazonia no se diferencia con la costa, teniendo en cuenta que las condiciones de este son menos favorables por sus cambios extremos de temperaturas, además también concluyendo que el efecto de la sombra no influye en el rendimiento del cacao, pero el encalado si ayuda a mejorar el pH del suelo.

## **9. Recomendaciones**

- Se recomienda incrementar el número de unidades experimentales para de esa manera obtener una mayor variabilidad y un mejor rendimiento en el cultivo, además, se debe evaluar los rendimientos de cada cosecha del cultivo para de esa manera tener mayor información de la productividad del mismo
- También podemos recomendar que se pueden utilizar nuevas dosis de encalado para obtener una mejor productividad. Además, se podrían utilizar otro tipo de encalado u otro tipo de compuesto más adaptable al tipo de suelo en este caso de la Amazonia, como podría ser las cales cálcicas, cales vivas y cal dolomítica.

## 10. Bibliografía

- Abad, A., Acuña, C., & Naranjo, E. (2020). El cacao en la Costa ecuatoriana: Estudio de su dimensión cultural y económica. *Estudios de la Gestión. Revista Internacional de Administración*, 59-83. <https://doi.org/10.32719/25506641.2020.7.3>
- Abdulai, I., Vaast, P., Hoffman, M., Asare, R., Jassogne, L., Asten, P., Rotter, R., & Grafhes, S. (2020). *La agrosilvicultura del cacao es menos resistente al clima subóptimo y extremo que el cacao a pleno sol*. 40. Artículos de investigación primaria.
- Agudelo, G. A., Cadena-Torres, J., Almanza-Merchán, P. J., & Pinzón-Sandoval, E. H. (2018). Desempeño fisiológico de nueve genotipos de cacao (*Theobroma cacao* L.) bajo la sombra de tres especies forestales en Santander, Colombia. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 12(1), 223-232. <https://doi.org/10.17584/rcch.2018v12i1.7341>
- Almeida, A., & Valle, R. (2007). Ecophysiology of the cacao tree. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 19(4), 425-448. <https://doi.org/10.1590/S1677-04202007000400011>
- Andrade, J. A., Rivera-García, J., Chire-Fajardo, G. C., & Ureña-Peralta, M. O. (2019). Propiedades físicas y químicas de cultivares de cacao (*Theobroma cacao* L.) de Ecuador y Perú. *Enfoque UTE*, 10(4), 1-12. <https://doi.org/10.29019/enfoque.v10n4.462>
- AOAC. (2001). *Organización de Metodos Analiticos [Protein/Crude Protein]*. <https://academic.oup.com/aoac-publications>
- Ardisana, F., Torres, A., Fosado, O., Alava, J., Sancán, G., & León, R. (2018, septiembre 18). *Contenido de clorofilas totales en doce clones de cacao (Theobroma cacao L.)*. 11-18.

- Castro, H., & Munevar, Ó. (2013, diciembre). *MEJORAMIENTO QUÍMICO DE SUELOS ÁCIDOS MEDIANTE EL USO COMBINADO DE MATERIALES ENCALANTES*.  
<http://www.scielo.org.co/pdf/rudca/v16n2/v16n2a15.pdf>
- Cordero, C. (2018). *Producción de cacao a punto de romper record en este año*.  
<https://www.agricultura.gob.ec/produccion-de-cacao-apunta-a-romper-record-este-año/#:~:text=En%20Ecuador%2C%20los%20cultivos%20de,Orellana%2C%20Napoo%20y%20Zamora%20Chinchi>
- Del Rosario Castro, M., Hernández, J. A., Marcilla, S., Córdova, J. S., Solari, F. A., & Chire, G. C. (2017). EFECTO DEL CONTENIDO DE GRASA EN LA CONCENTRACIÓN DE POLIFENOLES Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DE *Theobroma cacao* L. «CACAO». *Ciencia e Investigación*, 19(1), 19-23.  
<https://doi.org/10.15381/ci.v19i1.13623>
- Di Rienzo, J. A. (2011). *Infostat* [Software]. Universidad Nacional de Córdoba (FCA-UNC).  
<https://www.infostat.com.ar/>
- Dostert, N., Roque, J., Cano, A., Torre, M., Weigend, M., & Luebert, F. (2012, junio). *Cacao. Theobroma cacao L.* [Hoja Botánica].  
<https://repositoriodigital.minam.gob.pe/handle/123456789/185>
- Espinoza, J. A., Uresti-Gil, J., Vélez-Izquierdo, A., Moctezuma-Lopez, G., Inurreta-Aguirre, H. D., & Góngora Gonzalez, S. F. (2015). *Productivity and profit potential of cocoa (Theobroma cacao L.) in the Mexican tropics*. 6(5). Artículo.  
[https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-09342015000500012&script=sci\\_arttext](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-09342015000500012&script=sci_arttext)
- Garcia, A., Pico, B., & Jaimez, R. (2021). *La cadena de producción del Cacao en Ecuador: Resiliencia en los diferentes actores de la producción*. 2(4). Artículo de revisión.

[http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2631-26542021000200152#:~:text=El%20cacao%20en%20Ecuador%20se,diferentes%20provincias%20\(Tabla%201\).](http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2631-26542021000200152#:~:text=El%20cacao%20en%20Ecuador%20se,diferentes%20provincias%20(Tabla%201).)

García, M. (2007). *Sostenibilidad ambiental para el “Mejoramiento de producción y comercialización de cacao” en la provincia de Manabí* [Universidad San Francisco de Quito]. <https://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/890/1/86746.pdf>

García, M. (2020). *ECUADOR, LA CUNA DEL CACAO*. <https://republicadelcacao.com/es/blogs/news/ecuador-the-home-of-cacao#:~:text=Una%20investigaci%C3%B3n%20arqueol%C3%B3gica%20reci%C3%A9n%20sugiri%C3%B3,por%20m%C3%A1s%20de%205.000%20a%C3%B1os>

Gockowski, J., & Sonwa, D. (2010, diciembre 30). *Cocoa Intensification Scenarios and Their Predicted Impact on CO2 Emissions, Biodiversity Conservation, and Rural Livelihoods in the Guinea Rain Forest of West Africa*. <https://link.springer.com/article/10.1007/s00267-010-9602-3>

Godoy, P. (2021). *“INFLUENCIA DE DOS NIVELES DE NUTRICIÓN Y DOS NIVELES DE SOMBRA, SOBRE PARÁMETROS FISIOLÓGICOS Y DE CRECIMIENTO EN LA ETAPA VEGETATIVA DE CACAO (Theobroma cacao L.) CLON EETP-801, EN ZAMORA CHINCHIPE”* [UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA]. <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/23992/1/Paola%20Daniela%20Godoy%20Betancourt.pdf>

Guevara, A. (2017, noviembre 15). *Latinoamérica produce el 80% del cacao prime del mundo*. <https://www.caf.com/es/actualidad/noticias/2017/11/latinoamerica-produce-el-80-del-cacao-prime-del-mundo/>

- Gutiérrez, E. (2019). *Libro Manejo luz cultivo cacao*.  
<https://www.coursehero.com/file/62932670/Libro-Manejo-luz-cultivo-cacaopdf/>
- Gutiérrez, M., Gómez, R., & Rodríguez, N. (2011, enero). *Comportamiento del crecimiento de plántulas de cacao (Theobroma cacao L.), en vivero, sembradas en diferentes volúmenes de sustrato*. 33-41.
- Hernández, C., Leiva, E., & Ramírez, R. (2017, noviembre). *DINÁMICA ESTOMÁTICA EN CACAO (Theobroma cacao L.)*. <https://www.icco.org/wp-content/uploads/T2.59.DINAMICA-ESTOMATICA-EN-CACAO-Theobroma-cacao-L..pdf>
- Lares, M., Gutierrez, R., Pérez, E., & Alvarez, C. (2012). Efecto del tostado sobre las propiedades físicas, fisicoquímicas, composición proximal y perfil de ácidos grasos de la manteca de granos de cacao del estado Miranda, Venezuela. *Revista Científica UDO Agrícola*, 12<sup>a</sup>N, 439-446.
- Long, S. P., Zhu, X.-G., Naidu, S. L., & Ort, D. R. (2006). Can improvement in photosynthesis increase crop yields? *Plant, Cell and Environment*, 29(3), 315-330.  
<https://doi.org/10.1111/j.1365-3040.2005.01493.x>
- López, P. (2011). *Paquete Tecnológico Cacao (Theobroma cacao L.)*.  
[http://infocafes.com/portal/wp-content/uploads/2016/05/cacao\\_produccion.pdf](http://infocafes.com/portal/wp-content/uploads/2016/05/cacao_produccion.pdf)
- Mensah, E. O., Asare, R., Vaast, P., Amoatey, C. A., Markussen, B., Owusu, K., Asitoakor, B. K., & Ræbild, A. (2022). Limited effects of shade on physiological performances of cocoa (*Theobroma cacao L.*) under elevated temperature. *Environmental and Experimental Botany*, 201, 104983.  
<https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2022.104983>

Mereles, L., & Martinez, K. (2022). *Fundación facultad de ciencias químicas—Fundaquim facultad de ciencias químicas -fcq proyecto 14 inv 001 «estudio del proceso de industrialización de nueces de macadamia, con calidad de exportación» manual de procedimientos analíticos para el control de calidad de nueces de macadamia secas este proyecto fue financiado por conacyt a través del programa prociencia con recursos del fondo para la excelencia de la educación e investigación (feei del fonacide).*

Mijahuanca, A., & Cruz, Y. (2020). “*EFEECTO DEL MUCILAGO DE CACAO (Theobroma cacao) EN EL CRECIMIENTO POBLACIONAL DE ABEJAS (Apis mellifera)*” [UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN]. [http://repositorio.unj.edu.pe/bitstream/UNJ/107/1/Mijahuanca\\_EA\\_Cruz\\_SY.pdf](http://repositorio.unj.edu.pe/bitstream/UNJ/107/1/Mijahuanca_EA_Cruz_SY.pdf)

Montes, M. (2016). *EFFECTOS DEL FOSFORO Y AZUFRE SOBRE EL RENDIMIENTO DE MAZORCAS, EN UNA PLANTACIÓN DE CACAO (Theobroma cacao L.) CCN-51, EN LA ZONA DE BABAHOYO* [UNIVERSIDAD TECNICA DE BABAHOYO]. <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/3358/E-UTB-FACIAG-ING%20AGROP-000009.pdf?sequence=1&isAllowed=y#:~:text=Su%20corona%20es%20densa%20redondeada,alturas%20hasta%20unos%2012%20metros.>

Moreau Cruz, J. F., Bacelar Leite, P., Eduardo Soares, S., & da Silva Bispo, E. (2013). Assessment of the fermentative process from different cocoa cultivars produced in Southern Bahia, Brazil. *African Journal of Biotechnology*, 12(33), 5218-5225. <https://doi.org/10.5897/AJB2013.12122>

- Patiño, G., Puentes, Y., & Menjivar, J. (2019, abril). *Efecto del encalado en el uso eficiente de macronutrientes para cacao (Theobroma cacao L.) en la Amazonia colombiana*. 12 Pag.
- Perca, J., Ramirez, O., & Villamizar, A. (2011). Caracterización fisicoquímica de materiales regionales de cacao Colombiano. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Vol 9*, 35-42.
- Perez, G., & Freile, J. (2017). Adaptabilidad de clones promisorios de cacao nacional (Theobroma cacao L.), en el cantón Arosemena Tola de Ecuador. *SciElo, Vol 44*, 44-51.
- Quintero, M., & Díaz, K. (2004, junio 26). *El mercado mundial del cacao. Vol. 9*, 17-20.
- Quiroz, J. (2010). *SISTEMA DE SOMBRA DE CACAO CON MADERABLES*. <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/2060/1/iniaplsbt151.pdf>
- Ramirez, T. (2010). *Situación de la producción de cacao en la provincia de Zamora Chinchipe: Línea base 2009*. 72-76.
- Recalde, M., Carrillo, M., Sanchez, J., & Moreno, R. (2012, diciembre). *MANEJO DE LA NUTRICIÓN DEL CULTIVO DE CACAO EN LA REGIÓN DE SANTO DOMINGO – ETAPA DE ESTABLECIMIENTO DEL HUERTO*. [https://bandasavicolas.com/wp-content/uploads/2020/07/5\\_Recalde-Miriam.pdf](https://bandasavicolas.com/wp-content/uploads/2020/07/5_Recalde-Miriam.pdf)
- Romero, V. (2019). *CACAO RESILIENTE*. <https://clac-comerciojusto.org/unidad-de-gestion-de-programas-y-proyectos/cacao-resiliente/#:~:text=El%20cacao%20ocupa%20el%20cuarto,din%C3%A1mica%20comercial%20y%20productiva%20creciente>.

- Sáenz, B., & Cabezas, M. (2007). *Un acercamiento a la ecofisiología del cacao* (Vol. 6).  
[https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/772/110831\\_55420.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/772/110831_55420.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Suarez, J., Melgarejo, L., Casenoves, F., & Armas, C. (2018). Photosynthesis limitations in cacao leaves under different agroforestry systems in the Colombian Amazon. *PLoS One*. <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0206149>
- Tezara, W., Almeida, J., Valencia, E., Cortez, J., & Bolaños, M. (2015). *Actividad fotoquímica de clones élites de cacao (theobroma cacao l.) Ecuatoriano en el norte de la provincia esmeraldas photochemical activity of elites clones of ecuatorian cacao (theobroma cacao l.). 37-51.*  
[http://revistasdigitales.utelvt.edu.ec/revista/index.php/investigacion\\_y\\_saberes/articulo/view/90/20](http://revistasdigitales.utelvt.edu.ec/revista/index.php/investigacion_y_saberes/articulo/view/90/20)
- UNL. (2021). *ESTACION EXPERIMENTAL EL PADMI.*  
<https://unl.edu.ec/investigacion/estacion-experimental-el-padmi>
- Vásquez, A., Soto, J., & López, C. (2018). *ACTA BIOLÓGICA COLOMBIANA: Vol. Vol. 23.*  
<https://revistas.unal.edu.co/index.php/actabiol/issue/view/23%281%29%20enero-abril%202018>
- Zambrano, D. (2020, agosto 6). CACAO [Educativa]. *CUIDATE.*  
<https://cuidateplus.marca.com/alimentacion/diccionario/cacao.html>

## 11. Anexos



*Anexo 1. Encalado de plantas de cacao clon EETP-801.*



*Anexo 2. Toma de muestras de suelo.*



*Anexo 3. Medición del índice SPAD.*



*Anexo 4. Medición del nivel de radiación en las plantas.*



*Anexo 5. Pesado de muestras*

**Anexo 6.** Certificación de traducción de Abstract.

Lic. Andrea Sthefanía Carrión Mgs

0984079037

[andrea.s.carrión@unl.edu.ec](mailto:andrea.s.carrión@unl.edu.ec)

Loja-Ecuador

Loja, 5 de Julio del 2023

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

**CERTIFICA:**

Que la traducción del resumen del documento adjunto, solicitado por el señor: **Javler Hernán Uchuari Vera** con cédula de ciudadanía **No. 1105469876**, cuyo tema de investigación se titula: *"Efecto de la sombra y el encalado sobre características del suelo, variables fisiológicas y productivas del cultivo de cacao clon EETP-801 en la Estación Experimental El PADMINI"* ha sido realizado y aprobado por mí persona, Andrea Sthefanía Carrión Fernández, Mgs. Docente de Educación Superior en la enseñanza del inglés como lengua extranjera.

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

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



**Andrea Sthefanía Carrión Fernández. Mgs.**

**English Professor**