



Universidad  
Nacional  
de Loja

## Universidad Nacional de Loja

### Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables

#### Carrera de Ingeniería Agronómica

# EVALUACIÓN DE TRES NIVELES DE SOMBRA SOBRE VARIABLES PRODUCTIVAS EN CACA O (*Theobroma cacao* L.) CLON EETP-800 EN LA PROVINCIA DE ZAMORA CHINCHIPE, “EL PADMI”

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

**AUTORA:**

Jessenia Lourdes Quinche Masa

**DIRECTORA:**

Ing. Marlene Lorena Molina Müller PhD

Loja - Ecuador

2023

Educamos para **Transformar**

## **Certificación**

Loja, 15 de febrero de 2023

Dra. Marlene Lorena Molina Müller PhD.

**DIRECTORA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

### **C E R T I F I C O:**

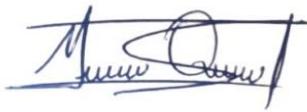
Que he revisado y orientado todo el proceso de elaboración del Trabajo de Titulación denominado: **“EVALUACIÓN DE TRES NIVELES DE SOMBRA SOBRE VARIABLES PRODUCTIVAS EN CACAO (*Theobroma cacao* L.) CLON EETP-800 EN LA PROVINCIA DE ZAMORA CHINCHIPE, “EL PADMI”**, de autoría de la estudiante: **Jessenia Lourdes Quinche Masa**, con cédula de identidad Nro. **1150774311** previa a la obtención del título de Ingeniera Agrónomo. 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.

Dra. Marlene Lorena Molina Müller PhD.

**DIRECTORA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

## **Autoría**

Yo, **Jessenia Lourdes Quinche Masa**, declaro ser la 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:**

**Autora:** Jessenia Lourdes Quinche Masa

**Cédula:** 1150774311

**Fecha:** 29/08/2023

**Correo electrónico:** jessenia.quinche@unl.edu.ec

**Teléfono:** 0967217919

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

Yo, **Jessenia Lourdes Quinche Masa**, declaro ser la autora del Trabajo de Titulación denominado: **“EVALUACIÓN DE TRES NIVELES DE SOMBRA SOBRE VARIABLES PRODUCTIVAS EN CACAO (*Theobroma cacao* L.) CLON EETP-800 EN LA PROVINCIA DE ZAMORA CHINCHIPE, “EL PADMI”** como requisito para optar al grado de **Ingeniera Agrónomo**, autorizo al sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que, con fines académicos, muestre la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido en el Repositorio Digital Institucional.

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

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

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, al día uno del mes de septiembre del dos mil veintitrés.



**Firma:**

**Autora:** Jessenia Lourdes Quinche Masa

**Cédula:** 1150774311

**Dirección:** Carigán (Valle hermoso)

**Correo electrónico:** jessenia.quinche@unl.edu.ec

**Celular:** 0967217919

## **DATOS COMPLEMENTARIOS**

**Directora de Trabajo de Titulación:** Ing. Marlene Lorena Molina Müller PhD.

## **Dedicatoria**

*Mi presente trabajo de investigación va dedicado principalmente a Dios, por ser el dueño de mi vida y acompañarme a lo largo de mi carrera y ser mi fortaleza en mis momentos de debilidad.*

*A toda mi familia, principalmente a mis padres, Carlota y José quienes con esfuerzo permitieron que yo logre este triunfo.*

***Jessenia Lourdes Quinche Masa.***

## **Agradecimiento**

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

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

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

**Jessenia Lourdes Quinche Masa**

## Índice de contenidos

Portada.....	i
Certificación.....	ii
Autoría.....	ii
Carta de autorización.....	iv
Dedicatoria.....	v
Agradecimiento.....	vi
Índice de contenido.....	vii
Índice de tablas:.....	viii
Índice de figuras:.....	ix
Índice de anexos:.....	x
<b>1. Título.....</b>	<b>1</b>
<b>2. Resumen.....</b>	<b>2</b>
<b>2.1. Abstract.....</b>	<b>3</b>
<b>3. Introducción.....</b>	<b>4</b>
<b>4. Marco teórico.....</b>	<b>7</b>
4.1 Origen.....	7
4.2 Taxonomía del cacao.....	7
4.3. Morfología del cacao.....	7
4.4 Cultivares de cacao.....	7
4.4.1 Criollo.....	7
4.4.2. Forastero.....	8
4.4.3. Trinitario.....	8
4.5 Clon EETP-800.....	8
4.5.1 Zonas recomendadas para la siembra.....	8
4.5.2 Distanciamiento de siembra.....	9
4.6 Ecología del cacao.....	9
4.6.1 Temperatura.....	9
4.6.2 Agua.....	9
4.6.3. Viento.....	9
4.6.4. Sombra.....	9
a. Sombra temporal:.....	10
b. Sombra Permanente:.....	10
4.6.5 Luminosidad.....	10
4.7 Suelos.....	11
<b>5. Metodología.....</b>	<b>11</b>
5.1 Ubicación del área de estudio.....	11
5.2 Diseño experimental en campo:.....	12
5.3 Metodología general.....	12
5.4. Metodología para el primer objetivo.....	13
5.5. Metodología para el segundo objetivo:.....	14
5.6. Análisis estadístico.....	16
<b>6. Resultados.....</b>	<b>17</b>
<b>7. Discusión.....</b>	<b>24</b>
<b>8. Conclusiones.....</b>	<b>27</b>
<b>9. Recomendaciones.....</b>	<b>28</b>
<b>10. Bibliografía.....</b>	<b>29</b>
<b>11. Anexos.....</b>	<b>33</b>

**Índice de tablas:**

<b>Tabla 1.</b> Área foliar del cacao.....	18
<b>Tabla 2.</b> Rendimiento estimado de cacao EETP-800 en Kg/ha.....	22

## Índice de figuras:

<b>Figura 1.</b> Localización del lugar de investigación (Montaño,2021).....	11
<b>Figura 2.</b> Diagrama del diseño experimental aplicado en campo.....	12
<b>Figura 3.</b> Circunferencia del tallo.....	17
<b>Figura 4.</b> Diámetro de copa.....	19
<b>Figura 5.</b> Índice de clorofila.....	19
<b>Figura 6.</b> Tasa de Crecimiento Absoluta.....	19
<b>Figura 7.</b> Análisis de la acidez del mucilago del cacao.....	20
<b>Figura 8.</b> Grados Brix.....	20
<b>Figura 9.</b> Contenido de grasa en la almendra.....	21
<b>Figura 10.</b> Análisis de la ceniza de la almendra.....	21
<b>Figura 11.</b> Análisis de la humedad de la almendra.....	22
<b>Figura 12.</b> Número de semillas por mazorca.....	22

**Índice de anexos:**

<b>Anexo 1.</b> Evidencias fotográficas realizadas en campo.....	33
<b>Anexo 2.</b> Evidencias fotográficas realizadas en laboratorio.....	34
<b>Anexo 3.</b> Análisis de suelo realizado en la Estación Experimental Santa Catalina.....	35
<b>Anexo 4.</b> Certificado de traducción del abstract.....	36

## **1. Título**

**“EVALUACIÓN DE TRES NIVELES DE SOMBRA SOBRE VARIABLES  
PRODUCTIVAS EN CACAO (*Theobroma cacao* L.) CLON EETP-800  
EN LA PROVINCIA DE ZAMORA CHINCHIPE, EL PADMI”**

## 2. Resumen

El cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) tiene una creciente demanda a nivel mundial. Sin embargo, a nivel nacional el bajo rendimiento es un problema evidente que afecta al sector cacaotero, entre los factores que limitan la producción de cacao es el mal manejo del cultivo debido al desconocimiento de criterios técnicos sobre el efecto que causaría el uso de la sombra sobre el rendimiento y calidad de los frutos. El objetivo de la presente investigación consistió en evaluar el efecto de tres niveles de sombra sobre parámetros fisiológicos y productivos en cacao, clon EETP-800 que se llevó a cabo en la quinta Experimental “El Padmi” en Zamora Chinchipe, en plantas de dos años de edad. El diseño experimental fue completamente al azar (DCA) con 7 repeticiones, tres tratamientos: sin sombra 0 % y sombra al 35 % y 80 %. Se midieron variables morfofisiológicas como diámetro de la copa, circunferencia del tallo índice de área foliar (IAF), contenido de clorofila. Para variables productivas se tomó en cuenta la tasa de crecimiento absoluto (TCA), número de semillas por fruto, rendimiento estimado, además se evaluó Grados brix, acidez, contenido de grasa, proteína, ceniza y humedad de la almendra. En las variables morfofisiológicas el índice de área foliar y diámetro de copa fueron mayor para el tratamiento 80 % de sombra ya que a menor exposición lumínica mayor índice de área foliar y diámetro de copa. El mayor índice de clorofila lo presentó la sombra al 35 % esto se debe a que las plantas necesitan un aclareo. En cuanto a los parámetros de rendimiento, no se encontraron diferencias significativas lo que se indicaría que en clon EETP-800 puede no necesitar sombra en esta zona.

**Palabra clave:** *Theobroma cacao* L, morfofisiología, sombra, rendimiento.

## 2.1. Abstract

The cultivation of cocoa (*Theobroma cacao* L.) has a growing demand worldwide. However, at the national level, low yield is an obvious problem affecting the cocoa sector. Among the factors limiting cocoa production is poor management of the crop due to lack of knowledge of technical criteria on the effect that the use of shade would have on the yield and quality of the fruits. The aim of this research was to evaluate the effect of three levels of shade on physiological and productive parameters in cocoa, clone EETP-800 that was carried out at the fifth Experimental "El Padmi" in Zamora Chinchipe, on two-year-old plants. The experimental design was completely randomized (DCA) with 7 repetitions, three treatments: no shade 0% and shade 35% and 80%. Morpho-physiological variables such as crown diameter, stem diameter leaf area index (FIA), chlorophyll content were measured. For production variables, the absolute growth rate (AWR), number of seeds per fruit, estimated yield were taken into account, as well as Brix degrees, acidity, fat content, protein, ash and moisture of the almond were evaluated. In the morphophysiological variables, the index of leaf area and crown diameter were higher for the treatment 80 % shade, since the lower light exposure, the higher the index of leaf area and crown diameter. The highest chlorophyll index was presented by the shade at 35%, this is because the plants need a lightening. As for the performance parameters, no significant differences were found which would indicate that in clone EETP-800 may not need shade in this area.

Keyword: *Theobroma cacao* L, morphophysiology, shadow, yield.

### 3. Introducción

El cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) se encuentra distribuido por casi todo el mundo, en más de 50 países ubicados en: África, América, Asia y Oceanía; 23 de ellos son países de América en los cuales se produce cacao a nivel comercial (Verburg, 2022). La producción mundial de cacao supera los 4 000 000 de toneladas de grano seco, cinco países (Costa de Marfil, Ghana, Indonesia, Nigeria y Camerún) concentran el 84 % de la producción mundial (Arévalo et al., 2017).

Ecuador es el cuarto productor de cacao a nivel mundial, con 300 000 toneladas al año. Pese a esto, nuestro País se encuentra entre los siete principales países productores de cacao (Sánchez-Mora et al., 2014; Quintana y Aguilar, 2018), el crecimiento ha llegado al 110 % durante los últimos diez años (Intriago et al., 2018).

Y es así como se posiciona como el país más competitivo de América Latina, seguido por Venezuela, Panamá y México, que son países que poco a poco han incrementado su participación en el mercado mundial del cacao fino en grano (Abad et al., 2020) y es uno de los productos de exportación más importante hacia los Estados Unidos (Chávez Betancourt et al., 2019).

Para el 2016, el 80 % del cultivo correspondía a pequeños productores. La provincia de Guayas representaba el 28 % de la producción nacional, Los Ríos, 23 % y Manabí, 13% (León-Villamar et al., 2016). En el mismo año se registraron 66 empresas de cacao ubicadas en Guayas, Pichincha y El Oro, que generaron plazas de trabajo con beneficios para 561 personas. En el mismo período, en la provincia de Pichincha se concentraron 32 empresas, que beneficiaron a 470 personas (Abad et al., 2021).

El Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), como resultado de nuevas estrategias de mejoramiento genético viene realizando investigaciones para crear nuevas variedades, híbridos y clones (Loor-Solórzano et al., 2019) resultado de ello se liberaron los clones EETP-800, que se los considera como cacao fino de aroma (INIAP, 2016).

El bajo rendimiento a nivel nacional es un problema evidente. Entre los factores que limitan la producción de cacao es el mal manejo del cultivo debido al desconocimiento de criterios técnicos sobre el efecto que causaría el uso de la sombra sobre el rendimiento y calidad de los frutos. En este aspecto el estudio realizado por (Sánchez et al., 2018) la sombra con Sistemas agroforestales en cacao permitió incrementar la biodiversidad, captura de carbono y acrecentó

la productividad del cultivo del cacao, en cambio (López et al., 2016) encontró incrementos en la productividad en cultivos de cacao a pleno sol. Tales contradicciones surgen debido a que las investigaciones se han llevado a cabo en áreas restringidas de determinados entornos y regiones, por tanto, las conclusiones extraídas de estos estudios pueden ser válidas solo para las circunstancias en las que se han llevado a cabo dichos estudios (Pocomucha et al., 2016).

Villarreyña (2016) menciona que la sombra puede favorecer en ciertas etapas de la producción, también dice que a pleno sol hay mayor número de flores, pero bajo sombra existe mayor cuaje; debido a que se evita la quema directa por la luz solar. (Tinoco y Vargas, 2018) recalca que es necesario mantener las plantas de cacao bajo sombra parcial, tanto en etapa de crecimiento como de producción. Aplicar la sombra de una forma correcta en el cultivo de cacao permitirá un mejor desarrollo del cultivar por ende una buena producción, esto justificaría la demanda que el cultivo presenta en diferentes mercados nacionales e internacionales.

El presente estudio busca generar información acerca de la influencia de la sombra sobre el desarrollo del cacao en etapas productivas, lo que podría ayudar a mejorar los conocimientos sobre estos factores para un potencial uso agronómico. Todo ello tendrá un impacto social y económico positivo en los productores de cacao de Zamora Chinchipe y zonas con condiciones edafoclimáticas similares.

### **3.1. Objetivo general**

Evaluar el efecto de tres niveles de sombra sobre variables productivas en el cultivo de cacao, clon EETP-800 en la estación experimental El Padmi de la Universidad Nacional de Loja.

### **3.2. Objetivos específicos**

- Determinar la influencia de los diferentes niveles de sombra sobre parámetros morfológicos en el cultivo de cacao, clon EETP-800.
- Evaluar la respuesta de distintos niveles de sombra sobre variables productivas en cacao clon EETP-800.

## 4. Marco teórico

### 4.1 Origen

El cacao (*Theobroma cacao* L.) es un árbol nativo de las regiones tropicales húmedas de América, específicamente en la zona del Alto Amazonas que comprende países como Colombia, Ecuador, Perú y Brasil (Motamayor, 2002). El cacao ha jugado un papel importante en la economía y la historia de Ecuador y es uno de los productos de exportación más importantes hacia los Estados Unidos (Chávez Betancourt et al., 2019).

### 4.2 Taxonomía del cacao

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

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliópsida

Orden: Malvales

Familia: Malvaceae

Género: *Theobroma*

Nombre científico: *Theobroma cacao* L.

### 4.3 Morfología del cacao

El cacao es una planta perenne, su polinización es cruzada alógama, su reproducción puede ser sexual o asexual. Son árboles de varios tamaños con un tallo principal que ramifica en un verticilo de 3 o 4 ramas laterales principales. Conforme va desarrollando el tallo principal llega a obtener un aspecto ininterrumpido y erecto lo que hace que los árboles crezcan de una forma irregular.

### 4.4 Cultivares de cacao

#### 4.4.1 Criollo

Incluye arbustos delgados; sus frutos se caracterizan por poseer una cubierta delgada y una pigmentación rojiza. El cultivar criollo muestran signos de depresión endogámica y frecuentemente, más bajos rendimientos y mayor susceptibilidad a plagas. En países de América, el cacao ‘Criollo’ es frecuentemente traducido como nativo. El cultivo comercial se desarrolla principalmente en las zonas de origen, en Venezuela, México, Nicaragua, Guatemala y Colombia (Arguello et al., 2000). Del 5 al 10 % de la producción mundial de cacao se origina de las formas Criollo. Los cuales abarca los tipos: cacao Pentágona, cacao Real y cacao Porcelana (Arguello et al., 2000).

#### **4.4.2. Forastero**

Son nativos de la cuenca superior del Amazonas, sus principales características son: fruto verde, una cubierta del fruto (pericarpo) gruesa, un mesocarpo fuertemente lignificado, semillas redondeadas y ligeramente aplanadas con cotiledones de color violeta. La gran parte de cacao que se cultiva en Brasil, África Occidental, América Central y el Caribe pertenecen al grupo forastero. Con cerca del 80 % de la producción mundial de cacao, el grupo de cultivares Forastero es el grupo comercialmente más importante (Ogata, 2007).

#### **4.4.3. Trinitario**

El cacao trinitario es consecuencia del cruzamiento entre cultivares criollos y forasteros. Incluye estructuras híbridas heterogéneas, su calidad y características botánicas son intermedias entre ambos grupos (Arguello et al., 2000).

Esta clase es heterogénea genéticamente y morfológicamente, muy polimorfo, no siendo posible delimitarlo a través de características comunes. Los árboles son generalmente muy robustos con frutos verdes o pigmentados y con semillas que varían entre violeta claro a violeta oscuro. Del 10 al 15 % de la producción mundial de cacao se origina en las formas Trinitario (Martinez, 2007).

#### **4.5 Clon EETP-800**

El clon de cacao EETP-800 se creó por el INIAP de Quevedo en Ecuador, como consecuencia de un cruce (CCN 51 × EET 233), ha sido liberado el 27 de octubre del año 2016, cuya demanda es primordialmente para la preparación de chocolate a nivel nacional e internacional, adaptado a las regiones agroecológicas del Ecuador con un rendimiento aproximado de 2 toneladas ha<sup>-1</sup> (FAO, 2016).

Se caracteriza por tener un crecimiento semi-erecto, con una floración en el primer y tercer trimestre del año, mazorca inmadura color verde y amarilla en su madurez fisiológica auto compatible, producción precoz (14 meses), índice de mazorca de 18, promedio de 46 semillas por mazorca e índice de semilla de 1.40, que según (INIAP, 2018), le ubica en la categoría Arriba Superior Summer Selecta (ASSS) (FAO, 2016).

##### **4.5.1 Zonas recomendadas para la siembra**

Tras haberse realizado diferentes pruebas experimentales en distintas zonas productoras de cacao en donde este clon ha rendido con un alto grado de adaptación debido a que el potencial genético presenta un gran comportamiento comercial; en alturas máximas a 600 msnm como la cuenca del río Babahoyo, nor-occidente de Pichincha y norte de Guayas (INIAP, 2018).

#### **4.5.2 Distanciamiento de siembra**

Puede ir desde 2,5 x 2,5m hasta 4 x 4 m, ya sea en cuadrado “cuatro vientos” (a), triángulo “tres bolillos” (b) o dobles hileras con calles de trabajo (c). La decisión final estará en función del tipo de terreno, superficie a sembrar, capacidad económica y nivel de intensificación de la producción (INIAP, 2018).

### **4.6 Ecología del cacao**

#### **4.6.1 Temperatura**

El cacao no tolera temperaturas bajas, siendo su límite medio anual de 21 °C caso contrario es complicado cultivar cacao satisfactoriamente con una temperatura menor a la indicada. La temperatura establece la formación de flores a 25 °C, la floración es habitual y exuberante (Somarriba y Trujillo 2005).

#### **4.6.2 Agua**

El cacao es una planta sensible a la escasez de agua y al encharcamiento por lo cual se precisarán de suelos provistos de un óptimo drenaje. Las necesidades de agua del cultivo oscilan entre 1 500 y 2 500 mm en las regiones bajas más cálidas y entre 1200 y 1500 mm en las regiones más frescas o los valles elevados.

#### **4.6.3. Viento**

Vientos persistentes pueden llegar a provocar un desecamiento, muerte y caída de las hojas. Por esta razón en las regiones costeras se requiere el trabajo de cortavientos para que el cacao no padezca perjuicios. Los cortavientos acostumbran estar formados por diversas especies arbóreas (frutales o madereras) que se disponen cerca de los árboles de cacao (Gremios, 2018).

#### **4.6.4. Sombra**

El cacao requiere sombra para su normal desarrollo y producción. Los requerimientos de sombra son de 60 % a 70 %, en los primeros años de 30 a 40 % en plantaciones adultas, el establecimiento y distancia de sombra depende de las condiciones del clima, suelo, densidad de siembra prevista para el cacao y del tamaño de la copa de las especies, la presencia de una estación seca y un suelo poco profundo y pobre demandan una mayor densidad de sombra temporal (Sánchez, 2000). El sombreado 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 sombreo 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 (Gremios, 2018).

La finalidad de la sombra es importante ya que minimiza la proporción de radiación que llega al cultivo para defenderlo de los vientos y que no dañen sus hojas. Una vez que el cultivo se encuentra predeterminado se va a poder minimizar el porcentaje de sombra hasta un 25 o 30 %. Se emplean especies para sombra, que principalmente son otros árboles frutales (Gremios, 2018).

**a. Sombra temporal:** en cacao permitió incrementar la biodiversidad, captura de carbono y acrecentó la productividad del cultivo del cacao, en cambio (López et al., 2016) encontró incrementos en la productividad en cultivos de cacao a pleno sol. Tales contradicciones surgen debido a que las investigaciones se han llevado a cabo en áreas restringidas de determinados entornos y regiones, por tanto, las conclusiones extraídas de estos estudios pueden ser válidas solo para las circunstancias en las que se han llevado a cabo dichos estudios (Pocomucha et al., 2016).

**b. Sombra Permanente:** Regula la temperatura, humedad y luz dentro del cacaotal. Además, se deben seleccionar árboles que no alojen plagas ni enfermedades que puedan afectar al cacao. Los árboles de sombra permanente mejoran las propiedades del suelo incrementando la materia orgánica y facilitando el drenaje (Arvelo, 2017).

#### **4.6.5 Luminosidad**

La acción directa de la luz es activar la fotosíntesis, proceso mediante el cual la planta a través de las hojas elabora sus compuestos nutricionales en presencia de luz solar, agua y nutrientes que toma del suelo (Banguero et al., 2015).

El cacao es una planta umbrófila y requiere más sombra en sus primeros meses de desarrollo, ya que es afectada por la incidencia directa de la luz en estas etapas. Según (Suárez-Salazar et al., 2017; Álvarez-Carrillo et al., 2015) la fotosíntesis ocurre a una baja intensidad lumínica, las plantas se saturan a una intensidad de flujo fotónico de entre 400 y 600  $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$  (25-30 % de radiación máxima en un día despejado). La cantidad de luz que debe recibir un cultivo de cacao depende de la disponibilidad de agua y los nutrientes del suelo, altas intensidades en suelos pobres y sin fertilización agotan a las plantas. Se necesita más sombra en suelos pobres y más luz en suelos fértiles; por lo que se estima que cinco horas de brillo solar, son las necesarias para el desarrollo óptimo de este cultivo.



## 5.2 Diseño experimental en campo:

Completamente al azar (DCA).

Unidad experimental: 20 Plantas de cacao clon EETP-800

Densidad de siembra: 3,5m entre planta y 4m entre surco

Tratamientos: 3 tratamientos, 3 niveles de sombra.

### 5.2.1 Modelo matemático

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

$y_{ij}$  : Variable respuesta

$\mu$  : Media general

$\alpha_i$  : Efecto del factor sombra

$\epsilon_{ij}$ : Error experimental

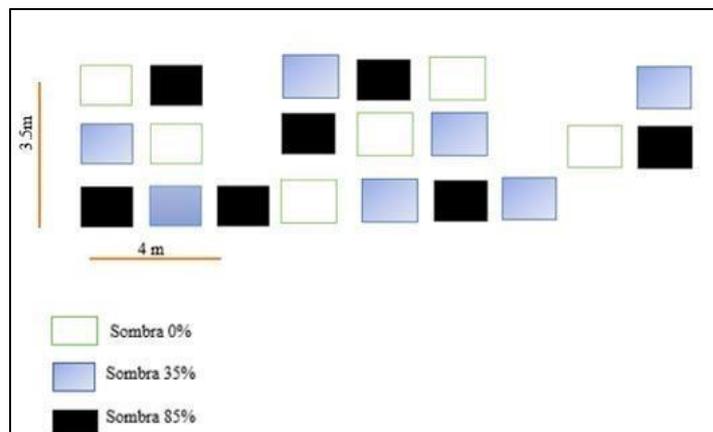


Figura 2. Diagrama del diseño experimental aplicado en campo.

## 5.3 Metodología general

El proyecto se ejecutó en dos etapas: una fase de campo y una de laboratorio. La fase de campo se realizó con plantas de cacao ya establecidas de 2 años de edad que ocupan un área aproximada de 3 800 m<sup>2</sup> y sembradas a una distancia de 3,5 m entre surco y 4 m entre plantas, por parte del macroproyecto “Efecto de la radiación fotosintéticamente activa sobre cacao (*Theobroma cacao* L.) en la Región sur del Ecuador y sus implicaciones agronómicas”. El clon que se trabajará será el EETP-800 liberado por el INIAP. Se seleccionaron siete plantas al azar por cada tratamiento que fueron sometidas a niveles de sombra de 0%, 35% y 80%.

La segunda etapa se llevó a cabo en el Laboratorio de Aguas, Suelo y Bromatología de la Universidad Nacional de Loja.

## **5.4. Metodología para el primer objetivo**

**Determinar la influencia de los diferentes niveles de sombra sobre parámetros morfológicos en el cultivo de cacao, clon EETP-800.**

### **5.4.1. Circunferencia del tallo**

Se midió el diámetro del tallo a 10 cm del suelo con una cinta métrica esta variable se midió al inicio y final del proyecto.

### **5.4.2. Diámetro de copa**

Se tomaron medidas del diámetro con un flexómetro en sentido norte-sur y este-oeste, proyectando la copa del árbol en círculo y se promedió y se reemplazó en la fórmula expresando los datos en metros (m). la toma de datos se realizó al inicio y final.

$$\text{Diámetro de copa} = \frac{\text{Diámetro de copa 1} + \text{Diámetro de copa 2}}{2}$$

### **5.4.3. Índice de área foliar**

Se midió el ancho de 10 hojas al azar de la planta. El IAF indica la relación entre el área foliar total y la superficie del suelo que ocupa dicha área. Se tomó todas las plantas por tratamiento, sumar los valores obtenidos de cada hoja por planta.

Se calculó con la siguiente ecuación:  $\text{IAF} = \frac{\text{AF (de la planta)}}{\text{superficie del suelo}}$

### **5.4.4. Índice de clorofila**

Las lecturas de clorofila se realizaron con el equipo Minolta SPAD-502, que evalúa cuantitativamente la intensidad del verde de las hojas, obteniéndose medias de una planta al azar por cada unidad experimental. Esta variable se evaluó al final del ensayo.

### **5.4.5. TCA (tasa de crecimiento absoluta)**

Para la evaluación del fruto previamente se realizó la selección de tres frutos en estadio 77 (80% de la madurez del fruto) de la escala BBCH modificada, la longitud, estos datos se recolectaron cada 22 días durante, para observar el desarrollo morfológico del fruto por unidad de tiempo, para eso se utilizó un TCA (tasa de crecimiento absoluta) formula:

$$\text{TCA} = \Delta L / \Delta t \quad (\Delta L = \text{longitud final} - \text{longitud inicial}, \Delta t = \text{tiempo final} - \text{tiempo inicial}).$$

## **5.5. Metodología para el segundo objetivo:**

### **Evaluar la respuesta de distintos niveles de sombra sobre variables productivas en cacao clon EETP-800.**

Para la evaluación de las mazorcas, se midió el pH del mucilago, grados brix, contenido de grasa en la almendra, proteína, ceniza, humedad, número de semillas de cada tratamiento, y rendimiento.

#### **5.5.1. Grados brix**

Se utilizaron técnicas modificadas (Urbia, 2022), se procedió a despulpar el cacao, se tomó un 1 g de muestra, con la ayuda de un colador y una cucharilla se hizo caer una gota del zumo en el prisma del refractómetro y se observó en el lente ocular los grados brix.

#### **5.5.2. Acidez**

Para obtener la acidez (pH) del cacao se pesó 25 g de mucilago y se aforo a 200 ml de agua destilada, se llevaron las muestras al calentador hasta que llegue al punto de ebullición, se dejó enfriar, con un embudo se pasó la muestra a un balón volumétrico de 250 ml y se aforo con agua destilada, con la ayuda de un colador se filtró las muestras y se las colocó en un vaso de precipitación, se midió 40 ml de muestra en la probeta y se colocó en un vaso de precipitación de 50 ml, se agregó tres gotas de fenolftaleína, que es un indicador de pH que en disoluciones ácidas permanece incoloro, pero en disoluciones básicas toma un color rosado (Avalos, 2005), ayudándonos con la bureta de 10 ml se anotó los ml de hidróxido de sodio (NaOH) gastados en el proceso de neutralización de las muestras.

#### **5.5.3. Contenido de grasa en la almendra**

Para poder obtener la cantidad de grasa de las almendra del cacao se utilizó el método de Soxhlet (Gerhardt GmbH 2022), se procedió a triturar las almendras con la ayuda de un mortero, la muestra debe tener una textura fina, se pesó 4g de la muestra triturada y las muestras fueron llevadas a un dedal, se las tapó con algodón para evitar que entre humedad, se colocó en el extractor de Soxhlet, la muestra fue puesta en un balón, para realizar la extracción se utilizó el solvente hexano ( $C_6H_{14}$ ), se colocó bajo un condensador después 72h se retiró las muestras, finalmente se realizó la diferencia del resultado con el peso del balón vacío y se obtuvo el resultado de la grasa de la almendra.

#### **5.5.4. Proteína**

Para la determinación de proteína se utilizó el método Kjeldahl (Viana, 2022) este permitió determinar la cantidad de nitrógeno en las muestras el cual consta de tres etapas digestión, destilación, valoración.

Para este procedimiento se pesó 4g de la muestra de almendra triturada de cacao, se enumeró los matraces y se los llevó al kjeldahl, para que realice el proceso de digestión que dura 24 h, transcurrido ese tiempo se realizó la digestión y la valoración de la cantidad de nitrógeno.

#### **5.5.5. Ceniza**

Se tomaron 12 crisoles por las 6 muestras, los crisoles se encontraban previamente desinfectados en una mufla ajustada a  $(550 \pm 15 \text{ }^\circ\text{C})$ , donde se procedió a enfriar durante 30 min en el desecador y se pesaron los crisoles con 4 g de cacao triturado. Los crisoles con las muestras fueron pesados uno por uno en la balanza digital, después los crisoles con la muestra, la mufla se ajustó a  $(550 \pm 15 \text{ }^\circ\text{C})$  hasta obtener cenizas de un color gris claro en un tiempo de 8 horas. Para finalizar se sacaron las muestras de la mufla y se dejó enfriar a temperatura ambiente por una hora y se llevó a pesar y digitalizar los datos se aplicó la siguiente formula:

$$C = 100(m_3 - m_1) / (100 - H) \cdot (m^2 - m^1)$$

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

**m<sup>1</sup>** = masa del crisol vacío, en g.

**m<sup>2</sup>** = masa del crisol con la muestra, en g.

**m<sup>3</sup>** = masa del crisol con las cenizas, en g.

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

#### **5.5.6. Humedad en la almendra**

Se realizaron dos mediciones en el peso de la muestra donde se colocó 2 gr por muestra en un crisol, posteriormente se llevó a una estufa MEMMERT a  $105 \text{ }^\circ\text{C}$  durante 24 h, se retiró los recipientes con la muestra y se colocó en un desecador, se dejó enfriar a temperatura ambiente, finalmente se pesó en la balanza analítica y se digitalizaron los datos con la fórmula aplicada.

$$\%MSP = \frac{\text{Peso de la muestra parcialmente seca}}{\text{peso muestra TCO}} * 100$$

Porcentaje de humedad inicial (%HI) = Porcentaje de humedad parcial (%HP)

#### **5.5.7. Número de semillas por fruto**

Se cuantificó el número total de semillas por frutos en estado de madurez fisiológica seleccionados para cada unidad experimental.

### **5.5.8. Rendimiento estimado**

Esta variable se calculó mediante el producto del peso promedio de la semilla seca, el número de semillas por fruto, el número de mazorcas por planta, a su vez, esta cantidad se dividió por la densidad de plantas.

### **5.6. Análisis estadístico**

El procesamiento estadístico de los datos de las variables evaluadas se realizó con el Software InfoStat. Se efectuó un análisis tipo ANOVA para saber cómo influyen los tratamientos con respecto a las variables de evaluación del cacao, con un nivel de confianza del 95%. En todos los casos se comprobaron los supuestos de normalidad de los datos, por la prueba de Shapiro-Wilks y homogeneidad de varianzas por la prueba de Levene.

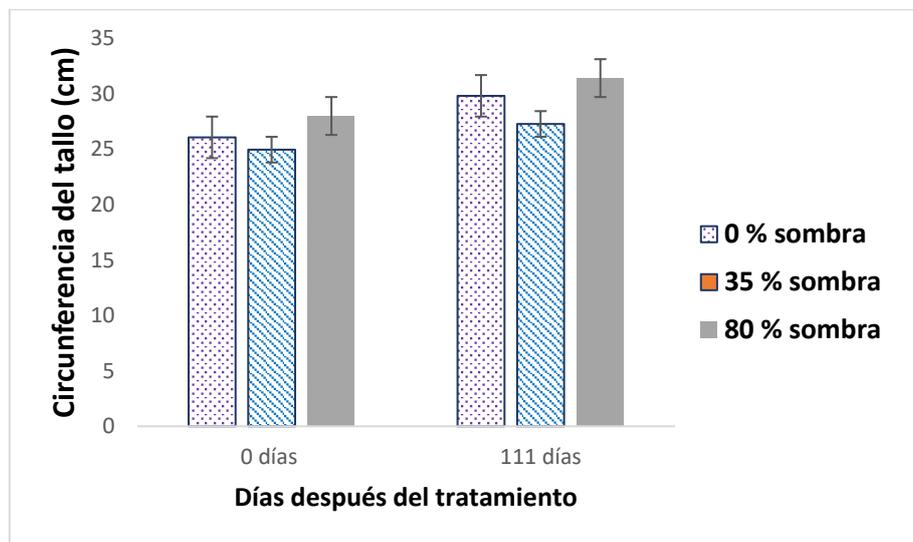
## 6. Resultados

### 6.1. Resultados para el primer objetivo

Determinar la influencia de los diferentes niveles de sombra sobre parámetros morfológicos en el cultivo de cacao, clon EETP-800.

#### 6.1.1 Circunferencia del tallo (cm)

Al analizar los resultados del diámetro del tallo en las plantas de cacao sometidas a diferentes niveles de sombra desde el primer día hasta el día 111, se observa que el mayor valor se registró en el tratamiento T3 80 % en comparación del tratamiento T1 0 % y T2 35 %.

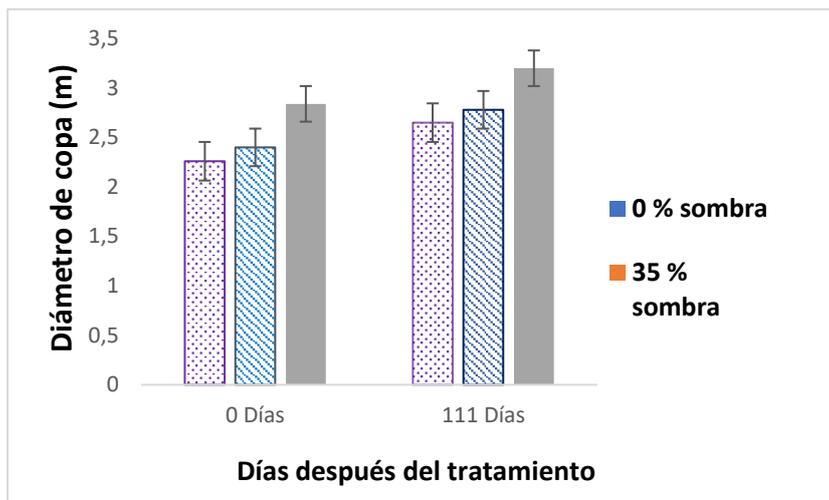


**Figura 3.** Circunferencia del tallo

A los 0 días y 111 días después de la implementación de tratamiento 0%, 35% y 80% de sombra; no existe diferencia significativa. Las barras sobre las columnas de los tratamientos representan el error estándar de la media.

#### 6.1.2 Diámetro de copa

La evaluación de diámetro de copa en las plantas de cacao EETP-800 sometidas a diferentes niveles de sombra el T2 35 % y T3 80 % presentaron un mayor diámetro de copa en comparación al tratamiento T1 0 % los cuales fueron evaluados a los 0 y 111 días.



**Figura 4.** Diámetro de copa

A los 0 días y 111 días después de la implementación de tratamiento 0%, 35% y 80% de sombra.; no existe diferencia significativa. Las barras sobre las columnas de los tratamientos representan el error estándar de la media.

### 6.1.3 Índice de área foliar

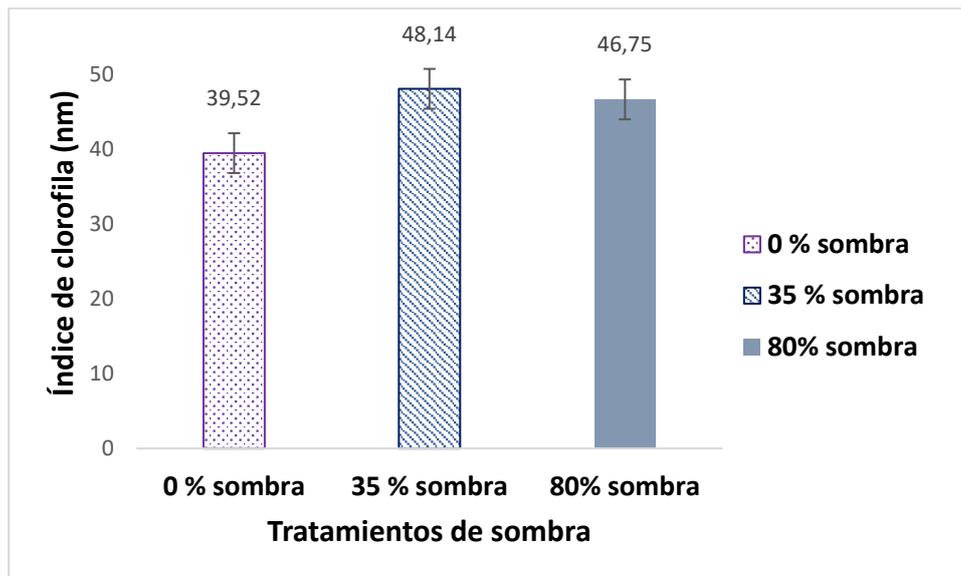
El índice de área foliar bajo el T2 35 % y T3 80 % de intensidad de sombra fueron los que demostraron mayor índice de área foliar en comparación del T1.

Tabla 1: Índice de área foliar.

Sombra	Tratamiento	Índice de área foliar (IAF)
0%	T1	3,86 a
35%	T2	4,27 a
80%	T3	5,11 a

### 6.1.4 Índice de clorofila

La concentración de clorofila de acuerdo a los resultados obtenidos el T2 35 % y T3 80 % presentaron una concentración de clorofila mayor con un valor de 46,67 y 47,64 mientras que T1 0 % mostró concentración de clorofila, menor con un valor de 39,53.

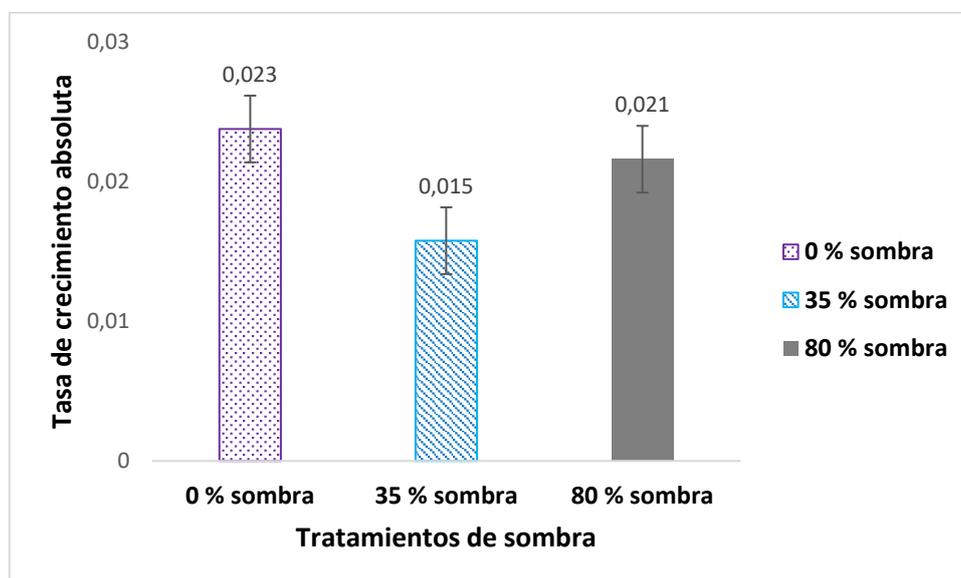


**Figura 5.** Índice de clorofila.

Las barras sobre las columnas representan el error estándar de la media.

### 6.1.5 TCA (tasa de crecimiento absoluta)

Los valores de la Tasa de Crecimiento Absoluta (TCA) para el clon EETP-800 evaluados en las unidades experimentales de cacao en los diferentes tratamientos la mayor tasa de crecimiento absoluta se registró en los tratamientos T1 0% y T3 80 % (0,023; 0,021 cm d<sup>-1</sup>).



**Figura 4.** Tasa de Crecimiento Absoluta.

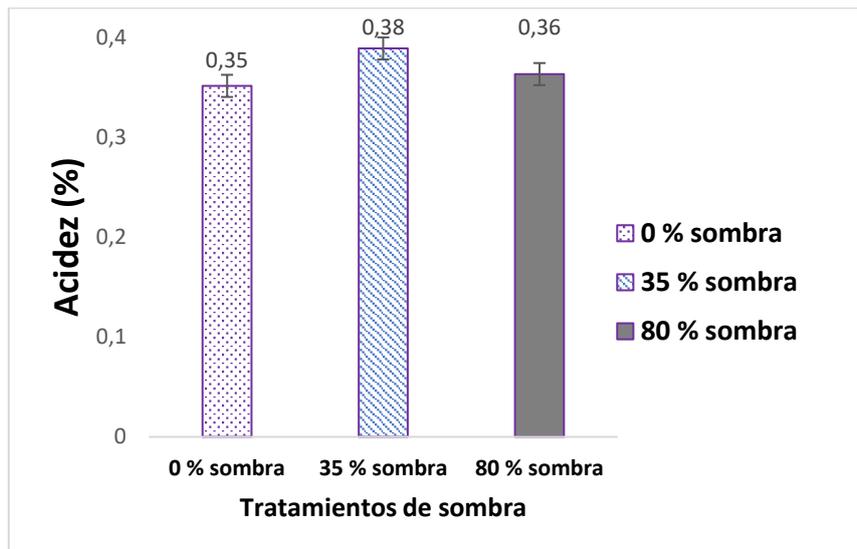
Las barras sobre las columnas representan el error estándar de la media.

## 6.2. Resultado para el segundo objetivo

Evaluar la respuesta de distintos niveles de sombra sobre variables productivas en cacao clon EETP-800.

### 6.2.1. Acidez

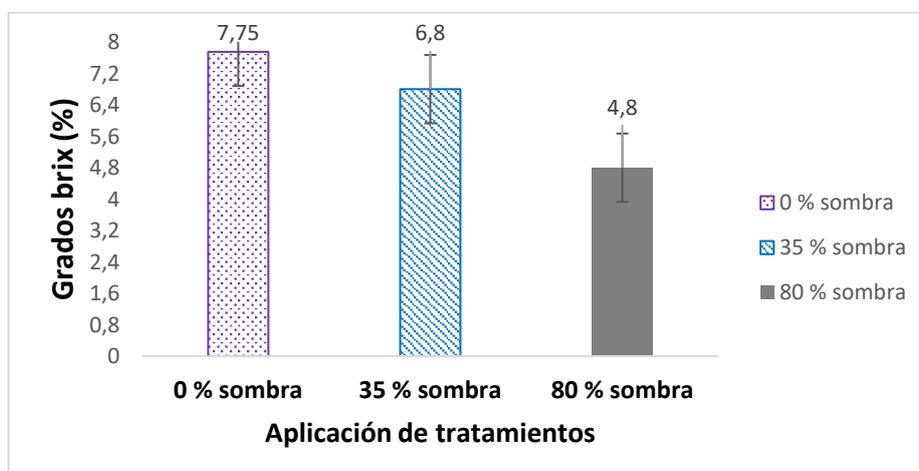
En lo que respecta al análisis de acidez del mucilago bajo los niveles de sombra el T2 35 % tuvo una mayor acidez, de 0,38, a comparación con el T1 0 % y T3 80 % (0,35 y 0,36).



**Figura 5.** Análisis de la acidez del mucilago del cacao.  
Las barras sobre las columnas representan el error estándar de la media.

### 6.2.2 Grados brix

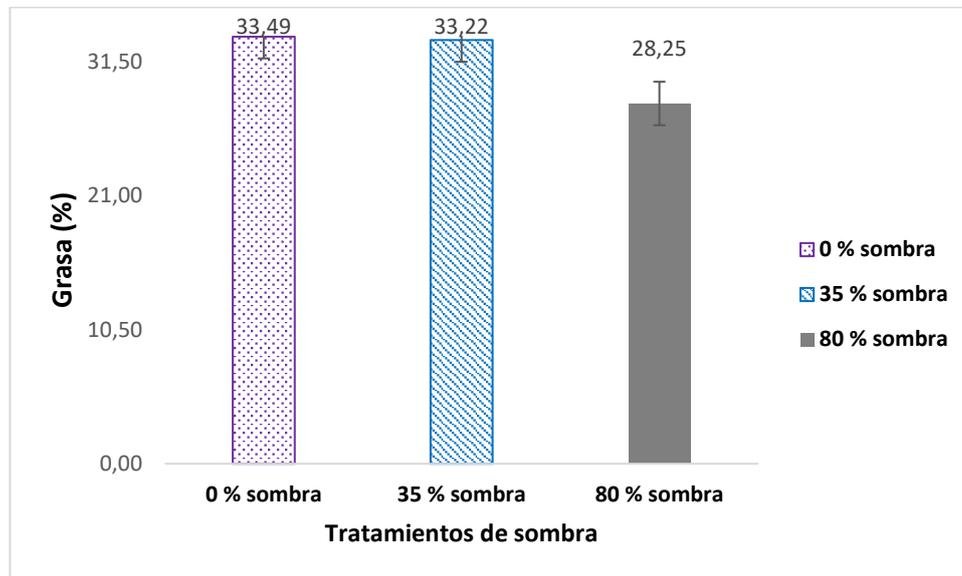
Al analizar los grados brix en el cacao en los diferentes niveles de sombra se observa que los mayores valores se registraron en los tratamientos T1 0 % y T2 35 % (7,75; 6,8) a diferencia del tratamiento T3 (4,8).



**Figura 6.** Grados Brix.  
Las barras sobre las columnas representan el error estándar de la media.

### 6.2.3 Contenido de Grasa en la Almendra

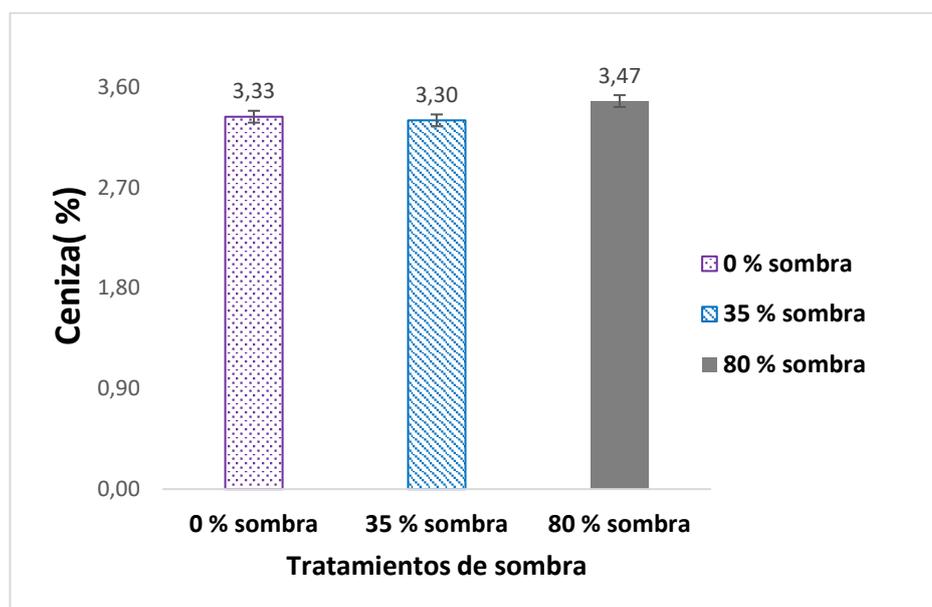
En el contenido de grasa analizado en la almendra de cacao en el clon EETP-800, bajo los diferentes niveles de sombra el T1 0 % y T2 35 % fueron los que demostraron mayor grasa, mientras que el T3 80 % tuvo un bajo contenido en grasa.



**Figura 7.** Contenido de grasa en la almendra.  
Las barras sobre las columnas representan el error estándar de la media.

### 6.2.4 Ceniza

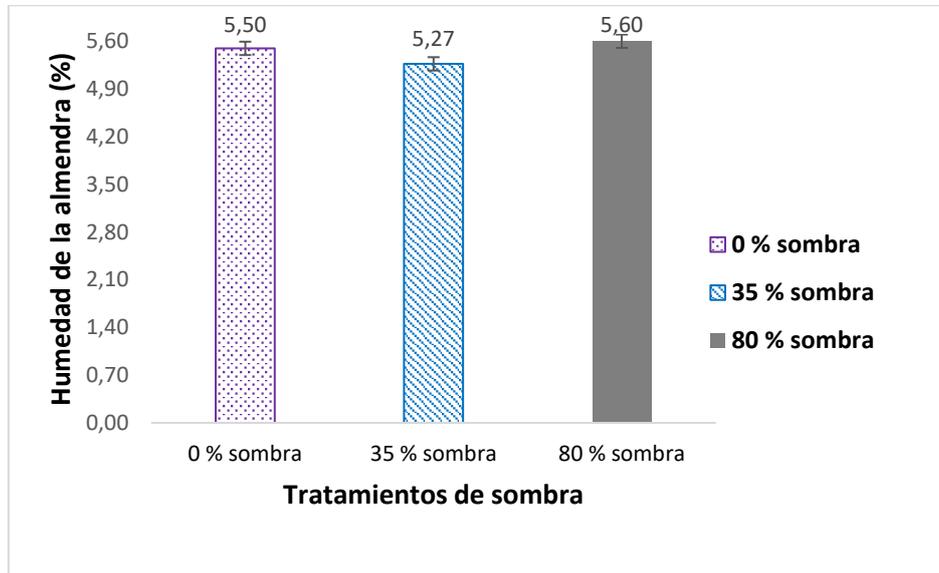
Al analizar los resultados en el porcentaje de ceniza en la almendra de cacao en el clon EETP-800 bajo el 0 %, 35 % y 80 % de intensidad de sombra, el T3 80% presentó mayor porcentaje de ceniza, en comparación de los tratamientos T1 0% y T2 35%.



**Figura 8.** Análisis de la ceniza de la almendra.  
Las barras sobre las columnas representan el error estándar de la media.

### 6.2.5 Humedad de la almendra

Al analizar la humedad de la Almendra bajo los niveles de sombra el T3 80 % fue ligeramente mayor en comparación de los tratamientos T1 0 % y T2 35 %.

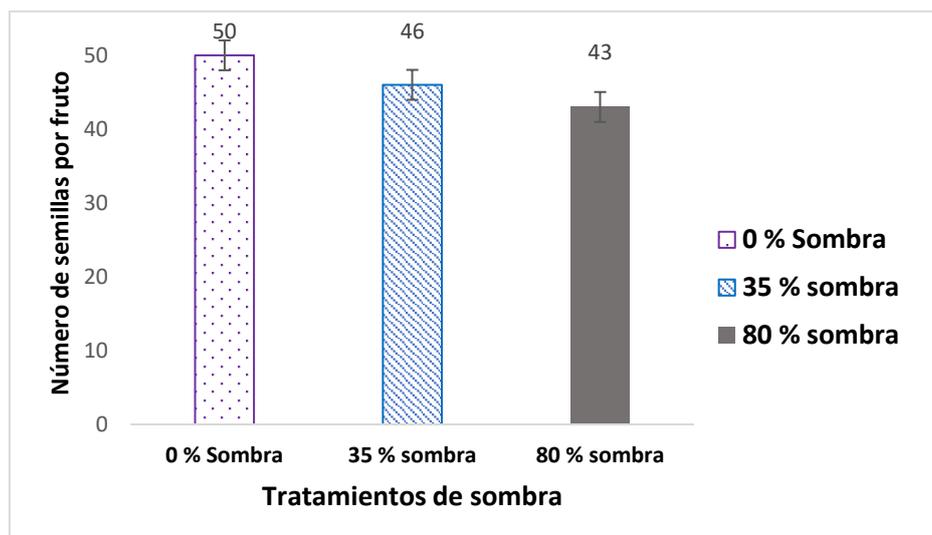


**Figura 9.** Análisis de la humedad de la almendra.

Las barras sobre las columnas representan el error estándar de la media.

### 6.2.6 Número de Semillas por fruto

El número de semillas por fruto no se vio afectado por los niveles de sombra aplicados 0 %, 35 % y 80 %, sin embargo; el T1 0% fue ligeramente mayor a los valores del T2 35% y T3 80%.



**Figura 10.** Número de semillas por fruto.

Las barras sobre las columnas representan el error estándar de la media.

### 6.2.7 Rendimiento estimado

Al analizar el rendimiento kg/ha en el clon EETP-800 bajo los distintos niveles de sombra, el T1 0 % y T3 80% presentaron un mayor valor en comparación del T2 35 %.

Tabla 2: Rendimiento estimado de cacao EETP-800 en Kg/ha

Tratamientos/ Sombra	Rendimiento kg/ha
T1 0% Sombra	205 kg/ha
T2 35% Sombra	159 kg/ha
T3 80% Sombra	200 kg/ha

## 7. Discusión

La circunferencia del tallo se obtuvo un mayor valor con sombra aplicada de 35 % y 80 % los valores fueron desde de acuerdo con Gómez (2002), quién realizó una investigación en el cultivo de cacao en donde se evaluó el efecto de diferentes intensidades de luz sobre el desarrollo del cacao, probando distintos niveles de sombreo de 20, 40, 60 y 80 %, en donde el valor más alto de circunferencia de tallo fue para los tratamientos de 20% y 40% esto indica que las plantas deben mantener un adecuado balance de carbono den sus órganos y así evitar un “golpe de calor”.

En las variables morfofisiologicas el índice de área foliar y diámetro de copa fueron mayor para el tratamiento T3 80 % de sombra, esto concuerda con (Rodríguez, 2016) asegurando que la sombra influye en el ciclo de vida de las hojas de las plantas teniendo la capacidad de ajustarse a condiciones de menor irradiación. Una mayor superficie foliar ayuda a las plantas a capturar un mayor número de fotones (Schulze et al., 2002), sin embargo; esta efectividad en la captación de luz no implica que las plantas bajo sombra sean más eficientes que las plantas a plena exposición, en cuanto a la utilización de los foto asimilados.

El mayor contenido de clorofila presentaron las plantas con nivel de 35 % de sombra, lo cual se asemeja a los resultados obtenidos de (Taiz y Zeiger 1998), en donde las plantas expuestas a la sombra presentan mayores concentraciones de clorofila, en comparación a las de sol debido a que estas son controladas por la intensidad lumínica, siendo sintetizada y destruida constantemente por una fotoxidación inducida por la luz, por tal motivo altas irradiancias generan mayor degradación y en consecuencia las plantas de sombra presentan mayor contenido de clorofila. De la misma manera, un estudio realizado por (Encalada-Córdova et al., 2016) quien realizó un estudio acerca de la Influencia de la luz en café mostro que el contenido de clorofila fue mayor con un nivel de 50 % ccon respecto a los demás tratamientos. Estos resultados indican que se produjeron cambios morfológicos y fisiológicos como respuesta a la restricción de luz, que evidencian la capacidad de adaptación del cafeto para aprovechar eficientemente la luz disponible, los niveles más bajos de clorofila o su degradación repercuten en la reducción en la capacidad fotosintética de la hoja, debido a que limita el proceso fotoquímico, ya que la absorción de radiación depende de su contenido (Pezeshki, 2001)

En los valores de la Tasa de Crecimiento Absoluta no se encontraron diferencias significativas

en los frutos para el clon EETP-800 evaluados en las unidades experimentales de cacao en los diferentes tratamientos, a los 111 días después no se encontraron diferencias significativas. (Maust et al., 2000), señalan que los frutos cultivados bajo sombra, tardaron más tiempo en alcanzar la madurez fisiológica Mejia,(2000) asegura que es necesaria la aplicación de fertilizantes químicos para obtener mejores rendimientos en el cultivo del cacao.

En el porcentaje de la acidez los valores en los tres tratamientos se mantienen entre T1 0,35 y T3 0,36; datos inferiores a un estudio realizado por (Andrade et al., 2019), en el clon CCN 51 y ICS 6 con valores de 2.05 % y 2.49% respectivamente, esta diferencia puede ser debido al origen, a la poscosecha y extracción del mucilago. Según (Solórzano et al., 2021), en características de la acidez como parámetro químico de calidad en muestras de cacao fino y ordinario de producción nacional, encontró acidez entre 1,2 y 1,6 %; recalca que para obtener una acidez óptima en la almendra es muy importante un buen manejo de la fermentación, ya que durante este proceso los ácidos acético y láctico producidos en la pulpa son difundidos hacia el cotiledón, aumentando la acidez de la fracción interna de la almendra.

Se debe revisar la calidad del cacao recibido en términos de uniformidad y su apariencia, además de verificar el contenido de azúcar, para lo cual debe de registrar un valor mínimo 15° Brix. En los cuales no se encontraron diferencias significativas en los tratamientos, los cuales variaron entre 7,75 a 4,80 °Brix del T1 0% y T3 80% en cacao clon EETP-800. Lo que significa que el cacao no cuenta con los °Brix adecuados, la calidad final del cacao se vio afectada en aspectos como: mayores valores en las notas de astringencia, amargor y poco aroma (Leite et al., 2013).

En nuestro estudio el contenido de grasa obtenido bajo diferentes niveles de sombra fueron bajos 33,49% y 28,25% del T1 y T3 respectivamente donde no existieron diferencias significativas, es decir que la sombra no influyo en contenido de grasa en las almendras del caco Clon EETP-800. Los resultados obtenidos son similares en estudio realizado por (Castro et al., 2016), donde obtuvo un porcentaje de grasa menor de 26 % en mazorcas de cacao Cultivar Nativo, procedentes del distrito de Chulucanas, provincia de Morropón, departamento de Piura, en Perú. Esto se debe a que la grasa de cacao cambia según la variedad, época de cosecha, origen geográfico, grado de madurez, ya que considera que el contenido de grasa esta entre el 48 y 55%. La variedad de cacao forastero contiene más del 52% de grasa y los de la variedad de cacaos finos menos del 50% (Larez et al., 2013).

En el porcentaje de ceniza, los valores en los tres tratamientos se encuentran entre 3.33 % y 3.47 %, lo cual son similares a otros estudios, según (Álvarez et al., 2007), reportaron un contenido de cenizas de 2.86 a 3.32% en almendras de cacao secas de cinco genotipos de la región de Cuyagua, Venezuela, de la misma manera se observó variabilidad para el contenido de cenizas en muestras seleccionadas al azar, en la que se obtuvo un valor 3,02 a 4,30 %, respectivamente en la región centro norte del mismo país.

La variación en la disminución del contenido de cenizas en la almendra tiene que ver con el estado del cacao, ya sea fresco, cacao fermentado o secado al sol, esto se debe a la gran actividad microbiológica que se desarrolla en el proceso de fermentación y del requerimiento de sustratos (proteínas y minerales) para realizarlo (Álvarez et al., 2013)

El contenido de humedad es un factor de calidad para preservación, conveniencia en empaque transporte y almacenamiento, también constituyendo un criterio de identidad; los valores están en un amplio rango de variabilidad comprendido entre 4,26 a 6,37% (Bradley 2003).

Los valores en los tres tratamientos se mantienen entre 5.50 % a 5.60 % en el T1 y T3 respectivamente es decir que la sombra no influyó con el contenido de humedad en las almendras del cacao Clon EETP-800 los resultados obtenidos son medios en comparación a los que obtuvieron (Zambrano et al., 2010) un contenido de humedad de 7,5% en cacao criollo merideño San Juan, esta diferencia puede estar asociada tanto al tipo de cacao, como las condiciones ambientales. Un porcentaje más alto de humedad puede propiciar el crecimiento de mohos y uno más bajo origina almendras muy frágiles, fácilmente quebradizas que rebajan su eficiencia.

Finalmente, no se encontraron diferencias significativas tanto para el número de semillas como para el rendimiento obteniendo valores de T1 50 T2 45 T3 53; T1205kg/ha T2 159kg/ha T3 201kg/ha en el clon EETP-800 datos similares a un estudio realizado por (Loor et al., 2019) que obtuvo un promedio de 46 semillas por mazorca ubicándose en la categoría Arriba Superior Summer Selecta (ASSS) (Loor et al., 2019). Mientras que para el rendimiento no fueron datos similares, según (Abdulai et al., 2018) en su estudio donde a los 364 DDT observó efectos en los rendimientos obteniendo 849 kg ha<sup>-1</sup> año con un sistema de sombra leve y el que se encontraba sin sombra obtuvo 288 kg ha<sup>-1</sup> año, siendo significativamente diferente.

## 8. Conclusiones

- En las variables morfofisiológicas el índice de área foliar y diámetro de copa fueron mayor para el tratamiento 80 % de sombra ya que a menor exposición lumínica mayor índice de área foliar y diámetro de copa. El mayor índice de clorofila lo presentó la sombra al 35 % esto se debe a que las plantas necesitan un aclareo.
- No mostro diferencias significativas con respecto a las variables productivas donde el cultivo demostró tener buena adaptación a las condiciones climáticas en la provincia de Zamora Chinchipe.
- El rendimiento fue casi similar en los tres tratamientos, con esto llegamos a la conclusión de que la participación de sombra para este clon no tuvo mayor impacto.
- La aplicación de tratamientos no afectó los parámetros productivos, ni composición química de la semilla o almendra.

## **9. Recomendaciones**

- Se recomienda manejar adecuadamente el uso de sombra con medidas que no afecten el exceso de sombra y cause reacciones negativas en los resultados.
- Continuar con los estudios de rendimiento para tener datos más precisos sobre la aplicación de tratamientos, tomando mayor número de muestras para determinar la influencia de la sombra sobre los análisis bromatológicos, así como parámetros productivos.
- Ampliar las evaluaciones de rendimiento por al menos dos temporadas productivas más para tener datos más concretos sobre el sombreo.

## 10. Bibliografía

- Abad, KLB, Cevallos, HV, Montealegre, VJG y Romero, HC (2021). Análisis de las exportaciones del cacao ecuatoriano en grano en el periodo 2008 al 2018. *Revista Metropolitana de Ciencias Aplicadas*, 4 (S1), 147–155. <https://remca.umet.edu.ec/index.php/REMCA/article/view/422>
- Abad Merchán, G. A., Acuña Bermeo, C., & Naranjo Borja, K. E. (2020). *El cacao en la Costa ecuatoriana: estudio de su dimensión cultural y económica (Estudios)*. 59–83. <https://repositorio.uasb.edu.ec/handle/10644/7494>
- Álvarez, C., Pérez, E., & Lares, M. C. (2007). Caracterización física y química de almendras de cacao fermentadas, secas y tostadas cultivadas en la región de Cuyagua, estado Aragua. *Agronomía tropical*, 57(4), 249–256. [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0002-192X2007000400001](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0002-192X2007000400001)
- Arvelo, M., Leon, D. G., & T Delgado, S. M. (2017). Manual técnico del cultivo de cacao praticas. *Biblioteca de la Sede Central*.
- Arguello Castellanos, O. (1998). *Variabilidad morfoagronómica de 59 árboles elite de cacao Theobroma Cacao L. en Santander*. 25–29. <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/21131>
- CEPAL. (2010). Diagnóstico de la Cadena Productiva del Cacao en el Ecuador:
- Chávez Betancourt, R. X., Carbo Avellán, S. C., Lombeida García, E., & Cobos Mora, F. J. (2019). Estudio socio-económico del cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) en la parroquia Febres Cordero, Cantón Babahoyo Los Ríos-Ecuador. *Observatorio de la Economía Latinoamericana*, febrero. <https://www.eumed.net/rev/oel/2019/02/cultivo-cacao-ecuador.html>
- Cuenca-Cuenca, E. W., Puentes-Páramo, Y. J., & Menjivar-Flores, J. C. (2019). Efficient use of nutrients in fine aroma cacao in the Province of Los Ríos-Ecuador. *Revista Facultad Nacional De Agronomía Medellín*, 72(3), 8963–8970. <https://doi.org/10.15446/rfnam.v72n3.74862>
- Dostert, N., & Roque, J. (2011). *Hoja botánica: Cacao Theobroma cacao* L. Perú.
- Dubón, A. y Sánchez, J. (2011). *Manual de Producción de Cacao*. San Pedro Sula, Honduras: Fundación Hondureña de Investigación Agrícola.
- Gonzalez, D. (2017). Manual Tecnico del Cultivo de Cacao . *IICA*, 78-91.
- FAO. (2016). Liberación de clones de cacao de alto rendimiento EETP 800 y EETP 801.

Recuperado de: <http://www.fao.org/family-farming/detail/es/c/449707/>.

INIAP. (2016). INIAP - EETP-800 e INIAP - EETP-801. Nuevos clones de cacao fino y de aroma con alto rendimiento. Quevedo Ecuador, Estación experimental tropical Pichilingue. 2 p.

Jaimez, R. A. (2018). *Photosynthetic response to low and high light of cacao growing Without shade in an area of low evaporative demand. Acta biol. Colomb.23(1):95-103.*

Recuperado de: <http://dx.doi.org/10.15446/abc.v23n1.64962>

Leon Villamar, F., Calderon Salazar, J., & Mayorga Quinteros, E. (2016). Estrategias para el cultivo, comercialización y exportación del cacao fino de aroma en Ecuador / Strategies for cultivation, marketing and export of aroma fine cocoa in Ecuador. *Ciencia Unemi*, 9(18), 45–55. <https://doi.org/10.29076/issn.2528-7737vol9iss18.2016pp45-55p>

Lima, L. (2014). Guía Técnica: Cultivo de cacao bajo sombra de maderables o frutales. Honduras, FIHA. 20 p.

López Ochoa, E. (2017). LA PRODUCCIÓN DE CACAO EN LA PROVINCIA DEL GUAYAS. *LA PRODUCCIÓN DE CACAO EN LA PROVINCIA DEL GUAYAS*. [https://www.academia.edu/38582721/LA\\_PRODUCCI%C3%93N\\_DE\\_CACAO\\_EN\\_LA\\_PROVINCIA\\_DEL\\_GUAYAS](https://www.academia.edu/38582721/LA_PRODUCCI%C3%93N_DE_CACAO_EN_LA_PROVINCIA_DEL_GUAYAS)

Loor Solórzano, R. G., Sotomayor Cantos, I. A., Jiménez Barragán, J. C., Tarqui Freire, O. M., Rodríguez Zamora, G. A., Casanova Mendoza, T. de J., & Quijano Rivadeneira, G. C. (2018). *INIAP-EETP-800 e INIAP-EETP-801 nuevos clones de cacao fino y de aroma con alto rendimiento*. <https://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/5240>

Martinez, W. (2007). Caracterización morfológica y molecular del Cacao Nacional . *CATIE*.

Obtenido de Caracterización morfológica y molecular del Cacao Nacional : [https://www.worldcocoafoundation.org/wpcontent/uploads/files\\_mf/julymartinez2007.pdf](https://www.worldcocoafoundation.org/wpcontent/uploads/files_mf/julymartinez2007.pdf)

Mendis (2003) Manual del cultivo de cacao. Características deseables especies sombra temporal del cultivo de cacao.

Maroto, S., Montoya Rodríguez, P., González León, D., Delgado, T., Arvelo Sánchez, M. Á., & la Agricultura (IICA), I. I. de C. P. (2017). *Manual técnico del cultivo de cacao prácticas latinoamericanas*. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA).

- Moreau Cruz, J. F., Department of Bromatological Analysis, Faculty of Pharmacy, Federal University of Bahia, Salvador, Bahia, Brazil, 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>
- Ochoa-Fonseca, L. E., Ramírez-González, S. I., López-Báez, O., Espinosa-Zaragoza, S., Alvarado-Gaona, Á. E., & Álvarez-Siman, F. (2017). Control in vivo de *Moniliophthora roreri* en *Theobroma cacao* L. utilizando polisulfuro de calcio y silicosulfocálcico. *Ciencia y agricultura*, 14(2), 59–66. <https://doi.org/10.19053/01228420.v14.n2.2017.7149>
- Ortega, G. (2019). Buenas prácticas de manejo en el cacao. *Rikollio*.
- Parra-Paitan, C., & Verburg, P. H. (2022). Accounting for land use changes beyond the farm-level in sustainability assessments: The impact of cocoa production. *The Science of the Total Environment*, 825(154032), 154032. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.154032>
- Pezeshki, S. R. (2001). Wetland plant responses to soil flooding. *Environmental and Experimental Botany*, 46(3), 299–312. [https://doi.org/10.1016/s0098-8472\(01\)00107-1](https://doi.org/10.1016/s0098-8472(01)00107-1)
- Pocomucha, V. S., Alegre, J., & Abregú, L. (2016). ANÁLISIS SOCIO ECONÓMICO Y CARBONO ALMACENADO EN SISTEMAS AGROFORESTALES DE CACAO (*Theobroma cacao* L.) EN HUÁNUCO. *Ecología aplicada*, 15(2), 107. <https://doi.org/10.21704/rea.v15i2.750>
- Ramírez, T. (2012). Situación de la producción de cacao en la provincia de Zamora Chinchipe: línea base 2009. *CEDAMAZ*, 2(1). <https://revistas.unl.edu.ec/index.php/cedamaz/article/view/109>
- Somarriba, E., Trujillo, L. 2005. El Proyecto “Modernización de la cacaocultura orgánica del Alto Beni, Bolivia”.
- Sánchez-Mora, F. D., Garcés Fiallos, F. R., Vásquez Montúfar, G. H., Vera Chang, J. F., Zambrano Montufar, J., & Ramos Remache, R. (2014). Productividad de clones cacao tipo nacional en una zona de bosque húmedo tropical de la provincia de los Ríos, Ecuador. *Ciencia Tecnología*, 7(1), 33–41.
- Sánchez, V. A. (2007) Caracterización organoléptica del cacao (*Theobroma cacao* L.), para la selección de árboles con perfiles de sabor de interés comercial. Tesis de grado para la obtención del título de ingeniero agrónomo, Universidad Técnica

Estatad de Quevedo, Ecuador.

- Snoeck, D., Koko, L., Joffre, J., Bastide, P., & Jagoret, P. (s/f). *Cacao nutrition and fertilization*. Recuperado el 16 de julio de 2023, de [https://publications.cirad.fr/une\\_notice.php?dk=579867](https://publications.cirad.fr/une_notice.php?dk=579867)
- Taiz, L. and Zeiger, E. (1998) *Plant Physiology. 2nd Edition, Sinauer Associates Publishers, Sunderland, Massachusetts. - references - scientific research publishing*. (s/f). Scirp.org. Recuperado el 16 de julio de 2023, de [https://www.scirp.org/\(S\(351jmbntvnsjt1aadkposzje\)\)/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=1142947](https://www.scirp.org/(S(351jmbntvnsjt1aadkposzje))/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=1142947)
- Tinoco, L. A., & Vargas Tierras, Y. B. (2018). *Sistemas Agroforestales de Cacao: Revisión de Literatura Sobre el Efecto de la Sombra en la producción de Theobroma cacao L.* Sacha, EC:INIAP/AGLATAM, 2018 p. 1-7.
- Vanhove, W., Vanhoudt, N., & Van Damme, P. (2016). Effect of shade tree planting and soil management on rehabilitation success of a 22-year-old degraded cocoa (*Theobroma cacao* L.) plantation. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 219, 14–25. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2015.12.005>
- Zuidema, P. A., Leffelaar, P. A., Gerritsma, W., Mommer, L., & Anten, N. P. R. (2005). A physiological production model for cocoa (*Theobroma cacao* L.): model presentation, validation and application. *Agricultural Systems*, 84(2), 195–225. <https://doi.org/10.1016/j.agry.2004.06.015>

## 11. Anexos

### Anexo 1. Evidencias fotográficas realizadas en campo.



**Manejo de poda en plantas de cacao clon EET-800.**



**Medición de frutos de mazorcas**



**Cosecha de frutos de cacao clon EETP-800.**



**Medición de concentración de clorofila**

**Anexo 2. Evidencias fotográficas realizadas en laboratorio**



**Preparación de Almendras para análisis Bromatológicos, humedad, ceniza, proteína y grasa en Caco Clon EETP-800**



**Secado de muestras de la almendra**



**Peso y toma de datos de muestras de almendras secas al inicio y al final del ensayo en cacao Clon EETP-800.**





## Anexo 4. Certificado de traducción del abstract

### CERTIFICADO DEL RESUMEN

Yo **Siria Elicia Torres Rivera**, portadora de la cedula de identidad N° 1102609433 Licenciada en ciencias de la educación especialidad idioma inglés. Certifico la traducción al idioma inglés el resumen de la tesis denominada: **EVALUACIÓN DE TRES NIVELES DE SOMBRA SOBRE VARIABLES PRODUCTIVAS EN CACAO (*Theobroma cacao L.*) CLON EETP-800 EN LA PROVINCIA DE ZAMORA CHINCHIPE, "EL PADMI"**, perteneciente a la señorita **Jessenia Lourdes Quinche Masa**, esta corresponde al texto original en español.

A la parte interesada muy atentamente.



**Siria Elicia Torres Rivera**

Licenciada en Ciencias de la Educación Especialidad Idioma Inglés

Registro Nro 1008-07-798209CONESUP.