



Universidad  
Nacional  
de Loja

# Universidad Nacional de Loja

## Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales

### Renovables

#### Carrera de Ingeniería Agronómica

**Evaluación de tres niveles de fertilización y su influencia en el crecimiento vegetativo en Cacao (*Theobroma cacao* L.) clon EETP 800, en La Estación Experimental El Padmi, Zamora Chinchipe**

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

**AUTORA:**

Mariana Leticia Valdez Paucar

**DIRECTORA:**

Dra. Mirian Irene Capa Morocho, PhD.

Loja – Ecuador

2022

## **Certificación**

Loja, 21 de julio del 2022

Ing. Mirian Irene Capa Morocho, PhD.

### **DIRECTORA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

#### **CERTIFICO:**

Que luego de haber dirigido y revisado el trabajo de titulación: “Evaluación de tres niveles de fertilización y su influencia en el crecimiento vegetativo en Cacao (*Theobroma cacao* L.) clon EETP 800, en La Estación Experimental El Padmi, Zamora Chinchipe”, previo a la obtención del título de Ingeniero Agrónomo, de la egresada: Mariana Leticia Valdez Paucar, se autoriza su presentación debido a que el mismo se sujeta a las normas y reglamentos generales de graduación exigido por la Carrera de Ingeniería Agronómica.

En mi calidad de directora de trabajo de titulación certifico que la investigación realizada ha sido trabajo propio de la egresada.



Firmado electrónicamente por:

**MIRIAN IRENE  
CAPA MOROCHO**

Ing. Mirian Irene Capa Morocho, PhD.

### **DIRECTORA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

## **Autoría**

Yo, **Mariana Leticia Valdez Paucar**, con número de cédula **1105538522**, declaro ser autora del presente trabajo de titulación y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos, de posibles reclamos y acciones legales, por el contenido de la misma. Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja la publicación de mi trabajo de titulación, en el Repositorio Digital Institucional-Biblioteca Virtual.

**Firma:**



**Cedula de identidad:** 1105538522

**Fecha:** 09 de noviembre de 2022

**Correo electrónico:** mariana.valdez@unl.edu.ec

**Celular:** 0994231322

**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, **Mariana Leticia Valdez Paucar**, declaro ser autora del trabajo Titulación denominado: Evaluación de tres niveles de fertilización y su influencia en el crecimiento vegetativo en Cacao (*Theobroma cacao* L.) clon EETP 800, en La Estación Experimental El Padmi, Zamora Chinchipe, como requisito para optar 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 Titulación que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja a los nueve días del mes de noviembre de dos mil veintidós.

**Firma:**



**Autor:** Mariana Leticia Valdez Paucar

**Cédula:** 1105538522

**Dirección:** Consacola, Cantón Loja, Provincia Loja

**Correo:** mariana.valdez@unl.edu.ec

**Celular:** 0994231322

**DATOS COMPLEMENTARIOS**

**Directora del trabajo de titulación:** PhD. Mirian Irene Capa Morocho

## **Dedicatoria**

Dedico este trabajo a Dios y a la Virgen por permitirme haber logrado una de mis metas.

A mis padres, Mariana del Cisne y Gilber Adalberto, por haberme guiado en mi camino, apoyarme y motivarme a seguir adelante.

A mis hermanos, Jandry, Nayelly y Jhuliana, quienes me acompañaron y me dieron ánimo de continuar, pese a los obstáculos de la vida.

A una persona especial, Jefferson, quien ha estado conmigo en mis alegrías y en mis momentos más difíciles, pero también, con todo su amor y paciencia me motiva a cumplir mis sueños y me ha impulsado a seguir adelante.

*Con amor...*

*Mariana Leticia Valdez Paucar*

## **Agradecimiento**

Primeramente, agradezco a Dios y a la Virgen por estar presentes en mi vida, guiarme y darme la sabiduría para saber tomar decisiones para alcanzar mis metas, en especial, por brindarme la oportunidad de haber culminado esta etapa muy importante dentro de mis estudios.

A mis padres, Mariana del Cisne y Gilber Adalberto que por su apoyo y consejos pude culminar una de mis metas.

A Jefferson, gracias a su motivación, amor y apoyo incondicional en todo momento.

De manera especial, a la Dra. Mirian Irene, directora de tesis, por su apoyo y asesoría durante todo el proceso de la realización de este proyecto.

A la Dra. Jeamel Ruíz quien, con su conocimiento, carisma y paciencia, supo guiarme durante la fase de laboratorio para el desarrollo de la presente investigación.

A los docentes encargados del proyecto, por su dedicación y estar presentes ante las inquietudes y dificultades durante el proceso.

A la Estación Experimental El Padmi y las autoridades encargadas, por permitirnos un espacio favorable a nuestro equipo de trabajo, con el fin de desarrollar el proyecto de investigación.

Gracias a todos...

*Mariana Leticia Valdez Paucar*

## Índice de contenidos

<b>Portada</b> .....	i
<b>Certificación de dirección de trabajo de Titulación</b> .....	ii
<b>Autoría</b> .....	iii
<b>Carta de autorización</b> .....	iv
<b>Dedicatoria</b> .....	v
<b>Agradecimiento</b> .....	vi
<b>Índice de contenidos</b> .....	vii
Índice de Tablas.....	ix
Índice de Figuras.....	x
Índice de Anexos.....	xi
<b>1. TÍTULO</b> .....	1
<b>2. RESUMEN</b> .....	2
2.1. ABSTRACT.....	4
<b>3. INTRODUCCIÓN</b> .....	6
3.1. Objetivo General.....	7
3.1.1. Objetivos Específicos.....	7
<b>4. MARCO TEÓRICO</b> .....	8
4.1. Generalidades.....	8
4.1.1. Importancia del cacao.....	8
4.1.2. Origen.....	8
4.1.3. Distribución.....	9
4.2. Descripción botánica.....	9
4.2.1. Taxonomía.....	9
4.2.2. Morfología.....	9
4.2.3. Variabilidad.....	10
4.2.4. Hibridación.....	11
4.2.5. Cacao fino de aroma.....	11
4.3. Cacao clon EETP 800.....	12
4.3.1. Distanciamiento de siembra.....	13
4.3.2. Análisis de suelos.....	13
4.3.3. Manejo agronómico y sanitario.....	13
4.3.4. Riego.....	13
4.4. Fenología.....	13
4.5. Condiciones recomendadas para el cultivo.....	14
4.5.1. Condiciones ambientales.....	14
4.5.2. Condiciones de suelo.....	14

4.6.	Producción y rendimiento .....	15
4.7.	Nutrición.....	15
4.8.	Requerimiento nutricional del cacao .....	16
4.9.	Macro y Micronutrientes .....	17
4.10.	Dinámica nutricional .....	17
<b>5.</b>	<b>METODOLOGÍA</b> .....	<b>19</b>
5.1.	Ubicación del estudio .....	19
5.2.	Establecimiento del cultivo .....	20
5.2.1.	Diseño experimental.....	21
5.3.	Análisis estadístico .....	22
5.4.	Metodología para el primer objetivo .....	22
5.5.	Metodología para el segundo objetivo .....	23
<b>6.</b>	<b>RESULTADOS</b> .....	<b>27</b>
6.1.	Parámetros químicos del suelo .....	27
6.1.1.	pH del suelo.....	27
6.1.2.	Conductividad eléctrica .....	27
6.2.	Parámetros morfológicos.....	28
6.2.1.	Altura de planta .....	28
6.2.2.	Área de sección transversal del tronco (ASTT).....	29
6.2.3.	Longitud de brote .....	29
6.2.4.	Longitud y número de metámeros .....	30
6.2.5.	Diámetro de copa.....	30
6.2.6.	Área foliar (AF) e índice de área foliar (IAF) .....	31
6.3.	Parámetros fisiológicos .....	31
6.3.1.	Densidad estomática por mm <sup>2</sup> (DE) .....	31
6.3.2.	Estructura anatómica de las hojas.....	32
6.3.3.	Tamaño de estomas .....	33
6.3.4.	Concentración de clorofila .....	33
6.4.	Fenología del cultivo .....	34
6.5.	Correlaciones.....	35
<b>7.</b>	<b>DISCUSIÓN</b> .....	<b>36</b>
<b>8.</b>	<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>42</b>
<b>9.</b>	<b>RECOMENDACIONES</b> .....	<b>43</b>
<b>10.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>44</b>
<b>11.</b>	<b>ANEXOS</b> .....	<b>50</b>



## Índice de Tablas

<b>Tabla 1. Exigencia nutritiva en las diferentes etapas de desarrollo del cacao.....</b>	<b>20</b>
<b>Tabla 2. Dosificación de fertilizante en gramos por planta para una aplicación.....</b>	<b>21</b>
<b>Tabla 3. Área de la sección transversal del tronco (ASTT) del portainjerto y vareta de cacao EETP-800.....</b>	<b>29</b>
<b>Tabla 4. Longitud del brote (cm) de cacao EETP-800, de 22 a 85 días después de la aplicación de tres niveles de fertilización.....</b>	<b>29</b>
<b>Tabla 5. Longitud y número de metámeros (cm) en cacao EETP-800, bajo tres niveles de fertilización.....</b>	<b>30</b>
<b>Tabla 6. Número de hojas, área foliar (AF) e índice de área foliar (IAF), en cacao EETP-800, bajo tres niveles de fertilización.....</b>	<b>31</b>
<b>Tabla 7. Densidad estomática por mm<sup>2</sup> en hojas de cacao EETP-800, bajo diferentes dosis de fertilización.....</b>	<b>31</b>
<b>Tabla 8. Concentración de clorofila en cacao EETP-800, bajo tres niveles de fertilización.....</b>	<b>33</b>
<b>Tabla 9. Fenología del cultivo de cacao EETP-800, bajo tres niveles de fertilización.....</b>	<b>34</b>
<b>Tabla 10. Correlaciones entre variables morfológicas y fisiológicas.....</b>	<b>35</b>

## Índice de Figuras

<b>Figura 1. Ubicación geográfica del área de estudio.....</b>	<b>19</b>
<b>Figura 2. Esquema del diseño Experimental.....</b>	<b>22</b>
<b>Figura 3. Ecuación de regresión del área foliar.....</b>	<b>24</b>
<b>Figura 4. pH del suelo influenciado por tres niveles de fertilización en el cultivo de cacao EETP- 800. Letras diferentes entre puntos de un mismo DDT representan diferencias significativas, según prueba de Tukey (<math>p &lt; 0,05</math>).....</b>	<b>27</b>
<b>Figura 5. Conductividad eléctrica en plantas de cacao EETP-800, bajo tres niveles de fertilización. Letras diferentes entre puntos de un mismo DDT representan diferencias significativas, según prueba de Tukey (<math>p &lt; 0,05</math>).....</b>	<b>28</b>
<b>Figura 6. Dinámica del crecimiento de cacao EETP-800 bajo tres niveles de fertilización A: Altura y B: Incremento de altura. NS: no existen diferencias estadísticamente significativas. Barras verticales representan el error estándar.....</b>	<b>28</b>
<b>Figura 7. Diámetro de copa bajo tres niveles de fertilización en cacao EETP-800.....</b>	<b>30</b>
<b>Figura 8. Estomas en el envés de la hoja de cacao EETP-800, obtenidas en microscopio bajo el objetivo 10X. A: impronta de tratamiento de 0 % de fertilización (T1); B: impronta de tratamiento de 100% de fertilización (T2); C: impronta de tratamiento de 200 % de fertilización (T3).....</b>	<b>32</b>
<b>Figura 9. Ancho de lámina foliar bajo tres niveles de fertilización en cacao EETP-800. Barras verticales representan el error estándar.....</b>	<b>32</b>
<b>Figura 10. Ancho de la lámina foliar bajo tres niveles de fertilización, observada en microscopio con objetivo 10X. A: Corte transversal de tratamiento 0 %; B: Corte transversal de tratamiento 100 %; C: Corte transversal de tratamiento 200 %.....</b>	<b>32</b>
<b>Figura 11. Efectos de tres niveles de fertilización en cacao EETP 800: A: Largo, B: ancho de estomas y C: Ancho de la célula oclusiva de los estomas. Letras diferentes indican diferencia estadística significativa según prueba de Tukey (<math>p &lt; 0,05</math>).....</b>	<b>33</b>
<b>Figura 12. Fenología del cultivo de cacao EETP-800, influenciado por tres niveles de fertilización.....</b>	<b>34</b>

## Índice de Anexos

<b>Anexo 1. Fotografías de campo.....</b>	<b>50</b>
<b>Anexo 2. Fotografías de laboratorio.....</b>	<b>51</b>
<b>Anexo 3. Principales estadios de crecimiento reproductivo 5-8 de cacao var. TSH de T. según escala BBCH modificada.....</b>	<b>52</b>
<b>Anexo 4. Fenología del cultivo.....</b>	<b>54</b>
<b>Anexo 5. Contabilización de estomas por mm<sup>2</sup>, en los tres tratamientos en plantas de cacao.....</b>	<b>55</b>
<b>Anexo 6. Datos de las mediciones del largo y ancho de estomas en hojas de cacao EETP 800.....</b>	<b>56</b>
<b>Anexo 7. Resultados estadísticos del pH de los tratamientos aplicados al cultivo de cacao EETP 800.....</b>	<b>58</b>
<b>Anexo 8. Análisis de suelo.....</b>	<b>59</b>
<b>Anexo 9. Certificado de traducción del Resumen.....</b>	<b>61</b>

## **1. TÍTULO**

**Evaluación de tres niveles de fertilización y su influencia en el crecimiento vegetativo en Cacao (*Theobroma cacao* L.) clon EETP 800, en La Estación Experimental El Padmi, Zamora Chinchipe.**

## 2. RESUMEN

Ecuador, por sus condiciones geográficas y su riqueza en recursos biológicos, es el productor por excelencia de cacao fino y de aroma proveniente del tipo Nacional, cuyo sabor es reconocido en el mercado internacional. Sin embargo, los rendimientos son bajos, posiblemente por la falta de investigaciones referentes a la fertilización y adaptación del cultivo en diferentes zonas. Por lo tanto, ha necesario probar diferentes niveles de fertilización en cacao durante la fase vegetativa en condiciones de la amazonia. El objetivo de este estudio fue evaluar tres niveles de fertilización (0, 100 y 200 %) y su influencia sobre las condiciones químicas del suelo, morfología, fisiología y fenología del cacao. La fertilización se calculó mediante un análisis de suelo inicial y en base a los requerimientos nutricionales del cacao en etapa vegetativa. El estudio se realizó en la provincia de Zamora Chinchipe, en la estación experimental “El Padmi” perteneciente a la Universidad Nacional de Loja. La investigación se llevó a cabo durante 5 meses, en plantas de cacao clon EETP 800 de 20 meses de edad, con un diseño completamente al azar con tres tratamientos y cinco repeticiones. Las variables estudiadas correspondieron a pH, conductividad eléctrica, altura de la planta, longitud del brote y diámetro de copa, las cuales se evaluaron cada 20 días. Además, se determinaron la densidad estomática, estructura anatómica de la hoja, clorofila, número de metámeros, área foliar, índice de área foliar y fenología, las cuales se midieron al final del ensayo; el área de la sección transversal del tronco se midió al inicio y al final del ensayo. Como resultado no se encontraron diferencias significativas en variables morfológicas como altura, ASTT, longitud de brote, número de metámeros, diámetro de copa, AF e IAF. En cuanto a parámetros químicos del suelo, se encontraron diferencias significativas en el pH, el tratamiento testigo (T1) registró valores superiores a 5 durante toda la evaluación, mientras que, en la conductividad eléctrica no se obtuvieron resultados significativos, sin embargo, todos los valores fueron menores a 1 ds/m. En las variables fisiológicas, se encontraron diferencias en la densidad estomática, en el tratamiento testigo se obtuvo mayor número de estomas: 1031,8 estomas por mm<sup>2</sup>. Por último, la fertilización influye en el desarrollo fenológico del cultivo de cacao, ya que las plantas fertilizadas tuvieron una fase reproductiva más temprana con aparición de flores y frutos cuajados, en comparación con las plantas testigo que aún se encontraban en plena floración.

Los resultados de este estudio permitieron conocer el efecto que provoca la fertilización en el desarrollo del cultivo de cacao con respecto a la absorción de nutrientes del suelo, también, se pudo determinar el comportamiento y adaptabilidad del clon EETP 800 bajo condiciones

amazónicas; esta información permite brindar opciones de manejo del cultivo para los agricultores de la zona.

**Palabras clave:** *Theobroma cacao* L., nutrición, fenología, fisiología, morfología.

## 2.1. ABSTRACT

Ecuador is considered the quintessential producer of fine and aroma cocoa from the National type, whose flavor is recognized in the international market, due to its geographical conditions and its richness in biological resources. Nevertheless, cocoa production yields are low, due to the lack of research regarding fertilization and crop adaptation in different areas. Therefore, it is required necessary to test different levels of fertilization during the vegetative phase in Amazonian conditions. In this way, the objective of this study is to evaluate three levels of fertilization (0, 100, and 200 %) and their influence on the chemical conditions of the soil, morphology, physiology, and phenology of cocoa. Fertilization was calculated by an initial soil analysis and based on the nutritional requirements of cocoa in the vegetative stage. The study was carried out in the province of Zamora Chinchipe, in the experimental station "El Padmi" of the National University of Loja. The research was carried out for 5 months, on cocoa plants clone EETP 800 of 20 months of age, using a completely randomized design with three treatments and five replications. The variables studied were pH, electrical conductivity, plant height, shoot length, and crown diameter, which were evaluated every 20 days. Stomatal density, leaf anatomical structure, chlorophyll, number of metameres, leaf area, leaf area index, and phenology were measured at the end of the trial; the trunk cross-sectional area was measured at the beginning and end of the trial. According to the results, no significant differences were found in morphological variables such as height, ASTT, shoot length, number of metameres, crown diameter, AF, and IAF. Regarding chemical parameters of the soil, significant differences were found in pH, the control treatment (T1) registered values higher than 5 during the entire evaluation, while in electrical conductivity no significant results were obtained, however, all the values were less than 1 ds/m. On the other hand, in the physiological variables, differences were found in stomatal density, in the control treatment, a greater number of stomata was obtained: 1031.8 stomata per mm<sup>2</sup>. Finally, fertilization influences the phenological development of the cocoa crop, since the fertilized plants had an earlier reproductive phase with the appearance of flowers and fruit set, compared to the control plants that were still in full bloom.

It concludes the results of this study allowed us to determine the effect of fertilization on the development of the cocoa crop with respect to the absorption of nutrients from the soil, as well as the behavior and adaptability of the EETP 800 clone under Amazonian conditions; this information allows us to provide crop management options for farmers in the area.

**Keywords:** *Theobroma cacao* L., nutrition, phenology, physiology, and morphology



### 3. INTRODUCCIÓN

Ecuador, por sus condiciones geográficas y su riqueza en recursos biológicos, es el productor por excelencia de cacao fino y de aroma proveniente del tipo Nacional cuyo sabor ha sido reconocido durante siglos en el mercado internacional. Este tipo de grano es utilizado en todos los chocolates refinados (ANECACAO, 2015).

En Ecuador, la región que concentra la mayor superficie cosechada de cacao es la región Costa; las provincias Orientales (Amazonía) están incrementando su área cacaotera y la región Sierra cultiva cacao, pero con menor participación (Arvelo *et al.*, 2017).

Actualmente, el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) recomienda 15 materiales genéticos según la zona de cultivo, todos ellos con calidad. Los últimos materiales genéticos liberados son de tipo Nacional fino y de aroma INIAP-EETP-800 e INIAP EETP-801 (INIAP, 2019).

Los clones INIAP-EETP-800 e INIAP-EETP- 801 son resultado de un arduo trabajo por más de dos décadas de investigación y desarrollo en el área de mejoramiento genético, con lo cual se demuestra que sí es posible aumentar significativamente los niveles de producción por hectárea en el cacao tipo Nacional fino y de aroma, a niveles iguales o superiores al CCN51. Pruebas experimentales en diferentes zonas productoras de cacao demostraron que los clones INIAP-EETP-800 e INIAP-EETP-801 presentan un alto grado de adaptación en la parte media y alta de la cuenca del río Babahoyo, nor-occidente de Pichincha y norte de Guayas, hasta una altura máxima de 600 msnm, zonas donde el potencial genético de los mencionados clones expresa su mejor comportamiento comercial (INIAP, 2018).

Es importante tener en cuenta que el análisis de suelos y hojas son herramientas básicas y necesarias para el diagnóstico de las condiciones reales del suelo y estado nutricional de las plantas, y así, se puede planificar un adecuado programa de fertilización. De esta manera, las plantas podrán aprovechar todos los nutrientes aplicados y, con ello, obtener mayores rendimientos por unidad de superficie. Además, estos análisis permiten monitorear y controlar cualquier programa de nutrición (Mite, 2016). Sin embargo, aún no se ha determinado el comportamiento y adaptabilidad de estos clones bajo condiciones amazónicas.

En la provincia de Zamora Chinchipe, específicamente en El Padmi, no se han realizado investigaciones en cultivos de cacao con aplicaciones de diferentes dosis de fertilización. No se

conocen datos del efecto que provoca la fertilización en el desarrollo y producción del cultivo con respecto a la absorción de nutrientes del suelo, por lo tanto, es necesario que se evalúen las propiedades químicas del suelo para determinar la eficiencia del aprovechamiento de insumos.

En consecuencia, para analizar la influencia de la fertilización sobre el desarrollo vegetativo de cacao clon EETP 800 se propusieron los siguientes objetivos:

### **3.1.Objetivo General**

- Evaluar tres niveles de fertilización y su influencia en el crecimiento vegetativo en Cacao (*Theobroma cacao* L.) clon EETP 800, en La Estación Experimental El Padmi, Zamora Chinchipe.

#### **3.1.1. Objetivos Específicos**

- Determinar los efectos de diferentes dosis de fertilización en las propiedades químicas del suelo del cultivo de cacao clon EETP 800.
- Analizar los efectos de diferentes niveles de fertilización en el crecimiento vegetativo de cacao clon EETP 800.

## 4. MARCO TEÓRICO

### 4.1. Generalidades

#### 4.1.1. Importancia del cacao

Ecuador es el primer productor de cacao (*Theobroma cacao* L) fino de aroma del mundo, conocido también como cacao Nacional (Recalde *et al.*, 2012).

El cultivo de cacao es uno de los principales generadores de divisas y fuentes de trabajo para la población rural de Ecuador. El III Censo Nacional Agropecuario del 2002 reportó que existían 433 978 ha destinadas al cultivo de cacao distribuidas en 16 provincias. El Censo también determinó que solamente en 2 294 ha se utilizaban fertilizantes y tan solo en 2 272 aplicaban fungicidas. La superficie nacional cosechada con cacao en el año 2011 creció a 521 091 ha y se han producido cambios en el manejo, particularmente con la introducción de nuevas variedades de cacao Nacional y la reposición de huertos viejos. Sin embargo, la situación general con respecto al manejo del cultivo ha cambiado poco en los últimos años (Recalde *et al.*, 2012).

Los ingresos de los países por efecto de las exportaciones de cacao son crecientes desde el 2000. Para el 2016, los ingresos por efecto de las exportaciones alcanzaron los 1,65 billones de dólares americanos. El análisis de los ingresos venidos de la comercialización de cacao, desde los países más representativos de la región, indica que Ecuador es el que mayores cifras reporta, seguido de Brasil, Perú y República Dominicana (INIAP, 2019).

#### 4.1.2. Origen

El cacao (*Theobroma cacao* L.) fue domesticado por los Mayas y su fruto simbolizó riqueza, poder y origen divino (Aguirre *et al.*, 2019).

Investigaciones realizadas en 2009 por el antropólogo Francisco Valdez y un grupo de investigadores franceses, determinaron que Ecuador es la cuna de origen del cacao, anulando la creencia de que provenía de Centroamérica. El estudio demostró de manera concluyente, que la domesticación del cacao tuvo lugar en la Amazonia ecuatoriana hace 5 500 años, específicamente en el cantón Palanda, ubicado en la provincia de Zamora Chinchipe (Ministerio de Turismo, 2022). En la actualidad, los mayores productores de cacao son Costa de Marfil y Ghana en África, seguidos de Indonesia en Asia y Brasil, Ecuador, República Dominicana y Colombia en América (Puentes *et al.*, 2015).

### 4.1.3. Distribución

En África se produce la mayor cantidad de cacao en el mundo, cubre el 66% de la oferta mundial, siendo Costa de Marfil, Ghana, Nigeria y Camerún los países más representativos, ya que juntos obtienen alrededor de 2 752 mil toneladas por año. El continente que le sigue en importancia es el asiático, puesto que produce el 17,5 %, en este caso, sólo Indonesia produce alrededor de 738 mil toneladas. Sin embargo, las tendencias de cultivo durante la última década muestran que América creció un 11 %, siendo Brasil y Ecuador los principales productores: 235 y 138 mil toneladas (INIAP, 2019).

## 4.2. Descripción botánica

### 4.2.1. Taxonomía

*Theobroma* pertenece a la familia Malvaceae, subfamilia Sterculioideae (antes Sterculiaceae) y comprende 22 especies en seis secciones. Todas las especies crecen bajo el dosel de bosques tropicales lluviosos. El área de distribución natural se extiende desde la cuenca del Amazonas por el sur hasta la región meridional de México (Dostert *et al.*, 2011).

**Reino:** Plantae

**Subreino:** Tracheobionta

**División:** Magnoliophyta

**Clase:** Magnoliopsida

**Orden:** Malvales

**Familia:** Malvaceae

**Género:** *Theobroma*

**Especie:** *Theobroma cacao* L. (Arvelo *et al.*, 2017)

### 4.2.2. Morfología

*Theobroma cacao* es un árbol o arbusto semicaducifolio glabro o parcialmente pubescente en ejes jóvenes. De corteza oscura (generalmente, de color gris-café) con ramas cafés y finamente vellosas (Arvelo *et al.*, 2017).

**Hojas:** son coriáceas simples (con limbo duro y espeso), enteras, angostamente ovadas a obovado-elípticas, ligeramente asimétricas, alternas y glabras o laxamente pubescentes en ambas caras y de aproximadamente 17 a 48 cm de largo, con 7 a 10 cm de ancho. La base de las hojas es redondeada a ligeramente cordada y con un ápice largamente apiculado. El pecíolo

es de aproximadamente 14 a 27 mm de largo. Las estípulas son lineares y caducas (Arvelo *et al.*, 2017).

**Inflorescencias:** son caulinares (se originan del tallo) y cimosas o cerradas. Las flores son pentámeras, hermafroditas, actinomorfas, y de 10 a 20 mm de diámetro, con un pedúnculo floral de 1 a 3 cm de largo. Los sépalos son blancos o rosa claros, de 5 a 8 mm de largo y de 1,5 a 2 mm de ancho, angostamente lanceoladas, persistentes y fusionados en la base. Los pétalos son un poco más largos que los sépalos, de 6 a 9 mm de largo, libres, amarillentos, con dos o tres nervios violetas adentro, glabros, con la parte inferior redondeada o abruptamente atenuada, recurvos y apiculados. Los estambres son 10 y lineares: cinco estambres fértiles se alternan con cinco estaminodios. Todos los estambres están fusionados en la base formando un tubo. Los estambres fértiles son de 2,5 a 3 mm de largo y están dispuestos frente a los pétalos; los estaminodios son violeta de 6,5 a 7,5 mm de largo. El ovario es de 2 a 3 mm de largo, anguloso ovado, ligeramente pentagonal y pentámero. Los óvulos se disponen en dos filas con 6, 12 o 16 óvulos por fila (Arvelo *et al.*, 2017).

**Fruto:** es una baya grande (mazorca), polimorfa, esférico a fusiforme, púrpura o amarillo en la madurez, glabro, con medidas de 10, 20 o 35 cm de largo y 7 cm ancho, con 200 a 1 000 gr de peso y con 5 a 10 surcos longitudinales. El endocarpo es de 4 a 8 mm de grosor, duro, carnoso, y leñoso (Arvelo *et al.*, 2017).

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

#### 4.2.3. Variabilidad

La especie *Theobroma cacao* comprende una gran variedad de formas y poblaciones muy diferentes. Para la caracterización de las formas y cultivares hoy se utilizan, aparte de características morfológicas (por ejemplo, flores), características agronómicas (por ejemplo, resistencia a enfermedades, forma del fruto y tamaño del grano) y moleculares (isoenzimas); así como, con frecuencia, marcadores genéticos (Arvelo *et al.*, 2017). El cacao abarca tres complejos genéticos: los criollos originarios de Venezuela, Forasteros encontrados en la cuenca superior del Amazonas (Ecuador, Perú y Brasil) y trinitarios de la Isla Trinitaria con características intermedias entre criollos y forastero (Barrezueta, 2018).

➤ **Criollos:**

De sabor suave y aromático,

Fruto alargado y de punta pronunciada, doblada y aguda,  
Granos grandes y gruesos,  
De éstos se obtienen chocolates de gran calidad.

➤ **Forastero:**

Producidos en los cuatro continentes cacaoteros (América, África, Asia y Oceanía),  
Frutos ovalados y cortos, de superficie lisa y corteza gruesa,  
Granos pequeños y aplanados.

➤ **Trinitario:**

Planta robusta con fruto verde o pigmentado,  
Extendido en Venezuela, Ecuador, México, Centro América, Camerún, Samoa, Sri Lanka, Java y Papúa Nueva Guinea.  
Sus granos bien procesados son reconocidos por su calidad (Arvelo *et al.*, 2017).

#### **4.2.4. Hibridación**

La hibridación es posible tanto entre diferentes formas dentro de la especie como también entre especies diferentes del género *Theobroma*. Hibridación interespecífica e injertos son considerados como estrategias potenciales para el desarrollo de nuevos cultivos de cacao. *Theobroma cacao* es una especie característica dentro del género *Theobroma* y es la única especie de la sección *Theobroma*, una de las seis secciones del género. Esta especie (*Theobroma cacao*) es la única que posee altas cantidades de teobromina y cafeína en las semillas maduras (Arvelo *et al.*, 2017).

#### **4.2.5. Cacao fino de aroma**

Ecuador, al contar con más del 62 % de la producción global de cacao fino de aroma, se destaca por ser el primer exportador de este tipo de producto emblemático a escala mundial. En la actualidad, la cadena de valor del cacao en el país tiene gran importancia social y económica, cuenta con un área cultivada de 560 387 hectáreas que involucran alrededor de 150 000 familias de productores (OLC\_CAF, 2018).

El cacao fino es aquel de calidad superior, de aromas y sabores especiales y distintivos, cuyas propiedades organolépticas, químicas y físicas se pueden percibir e identificar claramente. Anteriormente, estas características estaban principalmente asociadas a grupos genéticos definidos, sin embargo, en la actualidad se han encontrado varios tipos de cacao, sobre todo en

las zonas amazónicas del Perú y Ecuador que, siendo genéticamente cacaos forasteros, por sus características organolépticas se consideran como cacaos 100 % finos y de aroma (OLC\_CAF, 2018).

### **4.3. Cacao clon EETP 800**

El bajo rendimiento es una de las principales limitantes que impide mejorar la producción de cacao (*Theobroma cacao* L.). El promedio mundial, de alrededor de 0,5 t ha<sup>-1</sup>, se atribuye principalmente a la escasez de materiales genéticos productivos; sin embargo, existen excepciones como el clon ecuatoriano CCN 51, cuya productividad oscila entre 1 y 2 t ha<sup>-1</sup>, dependiendo del nivel de tecnificación (Solórzano *et al.*, 2019).

El clon EETP 800 “Aroma Pichilingue” se liberó comercialmente en octubre del año 2016; además, el Servicio Nacional de Derechos Intelectuales del Ecuador otorgó el Título de Obtentor respectivo mediante Resolución Núm. 017-2018. Los interesados pueden obtener semilla comercial (plantas y varetas) en la EETP en Mocache, Ecuador y con productores autorizados para el efecto como licenciarios (Solórzano *et al.*, 2019).

Las principales características de este clon son: crecimiento semi-erecto, floración en el primer y tercer trimestre del año, mazorca inmadura color verde y amarilla en su madurez fisiológica, autocompatible, producción precoz (14 meses), índice de mazorca de 18, promedio de 46 semillas por mazorca e índice de semilla de 1,40, que según le ubica en la categoría Arriba Superior Summer Selecta (ASSS) (Solórzano *et al.*, 2019).

Los nuevos clones INIAP-EETP-800 e INIAP-EETP-801 disponen de un perfil sensorial que los ubica dentro de los llamados cacaos finos y de aroma. La expresión del aroma y sabor característico para cada uno de ellos, está supeditado al tipo de tratamiento post cosecha que se les otorgue y a las instalaciones con las que se cuente para este fin. Entre las tecnologías desarrolladas y disponibles están: el pre secado, fermentación cuyo tiempo está en dependencia del volumen (3-4 días) y de las facilidades con las que se cuenta (sacos, cajones, montón, etc.), secado: ya sea natural, con libre exposición al sol, cuyo tiempo puede variar (4-8 días) en dependencia de la intensidad solar y de las instalaciones (tendal, marquesina, etc.) (INIAP, 2018).

Este cacao fino y de aroma se utiliza para la elaboración de chocolate a nivel nacional e internacional, adaptado a las zonas agroecológicas del Ecuador y adecuado para rehabilitar

huertas tradicionales de los productores que realizan agricultura familiar y posee un rendimiento de más de 2 toneladas por hectárea (FAO, 2016). Sin embargo, el rendimiento puede incrementarse hasta llegar a sobrepasar las 2,5 toneladas de cacao seco ha-1 año, dependiendo del nivel de tecnología que se le aplique al cultivo (fertilización, fertiriego, etc.) (INIAP, 2018).

#### **4.3.1. Distanciamiento de siembra**

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

#### **4.3.2. Análisis de suelos**

Permitirá aplicar un plan de nutrición adecuado. De esta manera, aportará al cultivo las cantidades necesarias de macronutrientes y micronutrientes, para optimizar la producción (INIAP, 2018).

#### **4.3.3. Manejo agronómico y sanitario**

Estos clones son precoces, inician su fase productiva a partir de los 15 meses después de la siembra. Con el propósito de permitir un adecuado desarrollo del cultivo, reducir la incidencia de enfermedades y alcanzar altos niveles de producción sostenido a través del tiempo (INIAP, 2018).

#### **4.3.4. Riego**

Durante la época seca, siguiendo los patrones de evapotranspiración de la zona. La optimización del factor riego, en relación a la frecuencia y láminas de agua, tiene potencial de incrementar el rendimiento en más del 15 % (INIAP, 2018).

### **4.4. Fenología**

**Botón floral:** Los brotes tienen cerca de un centímetro de tamaño.

**Floración:** Se abren los botones florales, las flores permanecen abiertas por un corto tiempo (24 horas)

**Fructificación:** El fruto crece, se anota la fase cuando el fruto alcanza dos centímetros



**Maduración:** Los frutos alcanzan su tamaño máximo y el color típico de la variedad (Yzarra, 2005).

La escala BBCH proporciona una descripción detallada de los detalles morfológicos y anatómicos del desarrollo de la planta, independientemente de la variación en el tiempo. Se basa en una escala que proporciona una descripción general de las etapas de desarrollo fenológico, con un código similar para etapas fenológicas similares de las especies de plantas. Se apoya en un código descriptivo completo con ilustración (Bridgemohan *et al.*, 2016) (Anexo 3).

#### **4.5. Condiciones recomendadas para el cultivo**

##### **4.5.1. Condiciones ambientales**

La mejor temperatura media anual para el cultivo del cacao se ubica en 25 °C con un rango de temperaturas media mensual entre 24 °C y 26 °C, que es considerado óptimo para la producción. Zonas con temperaturas medias mensuales superiores a 31 °C e inferiores a 20 °C no se consideran aptas para la producción comercial del cacao. La producción cacaotera se encuentra en zonas con precipitaciones anuales entre 1 250 y 3 000 mm. El rango para su mejor desempeño comercial es el comprendido entre 1 500 y 2 000 mm. El cacao se cultiva desde el nivel del mar hasta los 800 msnm.; sin embargo, en plantaciones cerca de la línea del ecuador se desarrolla de manera normal en altitudes mayores: desde los 1 000 hasta los 1 400 msnm.; requiere suelos profundos, con textura intermedia (francos), buena retención de agua, estructura granular, drenaje moderado, buena fertilidad y un porcentaje de materia orgánica de al menos 3 % (Arvelo *et al.*, 2017).

##### **4.5.2. Condiciones de suelo**

Las condiciones del suelo son muy importantes, pues malas condiciones edáficas de aireación, infiltración o suelos muy arenosos pueden generar condiciones desfavorables por exceso o falta de humedad, provocando problemas en la raíz y en el desarrollo de la planta (Arvelo *et al.*, 2017).

Para la siembra del cacao se requieren suelos con las siguientes características:

##### **Propiedades físicas**

- ✓ **Profundidad:** Aunque tolera suelos con una profundidad de 0,60 m, lo mejor es seleccionar suelos con una profundidad de entre 0,8 y 1,5 m.

- ✓ **Textura:** Mediana (franco, franco-arcilloso, franco-arenoso): 30 a 40 % de arcilla, 50 % de arena y 10 a 20 % de limo. Requiere suelos bien estructurados con porosidad de 10 a 66 %, con buena retención de humedad.
- ✓ **Drenaje:** Un buen drenaje es esencial y deseable (Arvelo *et al.*, 2017).

### Propiedades químicas

- ✓ **Acidez:** Los suelos deben de tener un pH de 6 a 7 y un contenido de materia orgánica mayor a 3 %, con una relación carbono/nitrógeno (C/N) de 9 como mínimo.
- ✓ **Capacidad de intercambio catiónico:** Debe ser superior a 12 meq por 100 g de suelo en la superficie y más de 5 meq en el subsuelo.
- ✓ **Fertilidad:** Requiere suelos con una fertilidad media a alta, con un contenido de boro y calcio que supere a las 0,2 ppm, magnesio y potasio mayor a 2 y 0,24 meq por 100 g de suelo, respectivamente. La saturación de bases debe ser mayor a 35 % (Arvelo *et al.*, 2017).

### 4.6. Producción y rendimiento

Para expandir la producción cacaotera se requiere la producción de plantas de alta calidad desde la etapa de vivero para ser utilizadas como patrones en las nuevas plantaciones (Fernández *et al.*, 2016).

Los bajos rendimientos en la producción de cacao (*Theobroma cacao* L.) están, en parte, relacionados con factores físicos y químicos del suelo, manejo del cultivo y el potencial genético de los materiales cultivados. Entre los parámetros más importantes que determinan el rendimiento en este cultivo se pueden citar la intercepción de luz, la tasa de fotosíntesis, la respiración, la morfología del fruto, el proceso de fermentación de las semillas y la disponibilidad hídrica. Por otra parte, se considera que la disponibilidad, la absorción y la distribución de nutrientes esenciales en la planta, así como la absorción de estos están relacionados con su tasa de crecimiento y son los factores que ejercen mayor influencia sobre el crecimiento y rendimiento del cultivo (Puentes *et al.*, 2014).

### 4.7. Nutrición

Una planta se considera normal cuando sus tejidos contienen los elementos en cantidades y proporciones adecuadas, es capaz de dar altas producciones y exhibir un buen aspecto visual. Cuando se identifican deficiencias nutricionales, se recurre a la fertilización como una práctica

que busca entre otras cosas corregir esas limitantes, lograr un buen desarrollo y rendimiento de los cultivos; sin embargo, es claro que la respuesta de las plantas depende de las condiciones edáficas, del medio que las rodea y del material vegetal (Puentes *et al.*, 2016).

#### **4.8. Requerimiento nutricional del cacao**

La aplicación de fertilizantes se hace inevitable para reponer los nutrientes del suelo que se explotan a través de la cosecha de las vainas del cacao anualmente, aumentando la producción de alimentos en por lo menos un 50 %. Se ha reportado que el uso eficaz de los fertilizantes por la planta de cacao podría ayudar no solo a mejorar el rendimiento, sino la calidad del producto, la rentabilidad y la protección del medio ambiente (Álvarez *et al.*, 2015).

En Ecuador, a pesar de que las investigaciones sobre la nutrición del cacao son escasas, se ha reportado que la fertilización balanceada tiene beneficios en la fisiología y arquitectura de la planta. Al inicio de la etapa productiva del cultivo de cacao se requiere 212, 23 y 321 kg ha<sup>-1</sup> de nitrógeno, fósforo y potasio, respectivamente; así como 140, 71, 7,1 y 0,9 kg ha<sup>-1</sup> de calcio, magnesio, manganeso y zinc, respectivamente. Sin embargo, los estudios en cacao no han evaluado el uso eficiente de los nutrientes, y las fertilizaciones que se realizan no consideran los resultados de la eficiencia de recuperación de nutrientes para determinar las dosis a aplicar (Cuenca *et al.*, 2019). Los requerimientos nutricionales del cacao varían de acuerdo con el material de siembra, las condiciones del cultivo y, en especial, con el grado de sombra (Álvarez *et al.*, 2015).

Una de las formas de realizar un monitoreo o evaluación del estado nutricional en cultivos perennes como cacao, es mediante los análisis foliares, ya que se considera que la hoja es el órgano de la planta que refleja mejor el estado nutricional. Estos análisis realizados de forma oportuna e interpretados adecuadamente, son una herramienta apropiada para corregir limitantes nutricionales del cultivo, y para determinar la concentración óptima de los nutrientes en una determinada época del ciclo del cultivo, que asegure los mejores rendimientos; en este sentido, los resultados de los análisis foliares se pueden interpretar de varias formas, como los índices de balance, las relaciones ternarias o el sistema integrado de diagnóstico y recomendación (DRIS) (Puentes *et al.*, 2016).

#### **4.9. Macro y Micronutrientes**

Las aplicaciones individuales de nutrientes con dosis medias del cultivo no suelen tener respuestas satisfactorias en el rendimiento porque no se considera necesario mantener una relación adecuada entre determinados nutrientes, lo que provoca alteraciones metabólicas. En este sentido, se ha demostrado que la relación N/P afecta a la madurez, con un exceso de N impidiéndolo y el exceso de P acelerándolo o estimulando el desarrollo de las raíces con respecto al crecimiento de la zona aérea (Puentes *et al.*, 2015).

Se ha encontrado que las cantidades excesivas de Ca causan disturbios fisiológicos en las plantas y las adiciones de Mg restablecen la normalidad; así mismo, los excesos de Mg causan efectos nocivos, que desaparecen al incrementar la cantidad de Ca, concluyendo que debe existir una relación absoluta entre el Ca y el Mg para el óptimo desarrollo de las plantas (Quiceno *et al.*, 2019).

La dominancia de K en relación a los otros cationes, tales como Ca y Mg, siempre es desfavorable para el crecimiento del cacao y especialmente, la supresión de la toma de Mg influye desfavorablemente disminuyendo el crecimiento y la producción. Es por eso que el Mg tiene gran importancia en suelos para cultivos de cacao (Quiceno *et al.*, 2019).

Al aplicar mezclas de carbonatos de Ca y Mg cuando el contenido de Mg es mayor o igual al de Ca, hay una tendencia a incrementar el desarrollo del cacaotero; en tal sentido, el Mg debe entrar en proporciones más elevadas que el Ca en la nutrición del cacaotero para mantener el equilibrio K/Ca/Mg (Quiceno *et al.*, 2019).

#### **4.10. Dinámica nutricional**

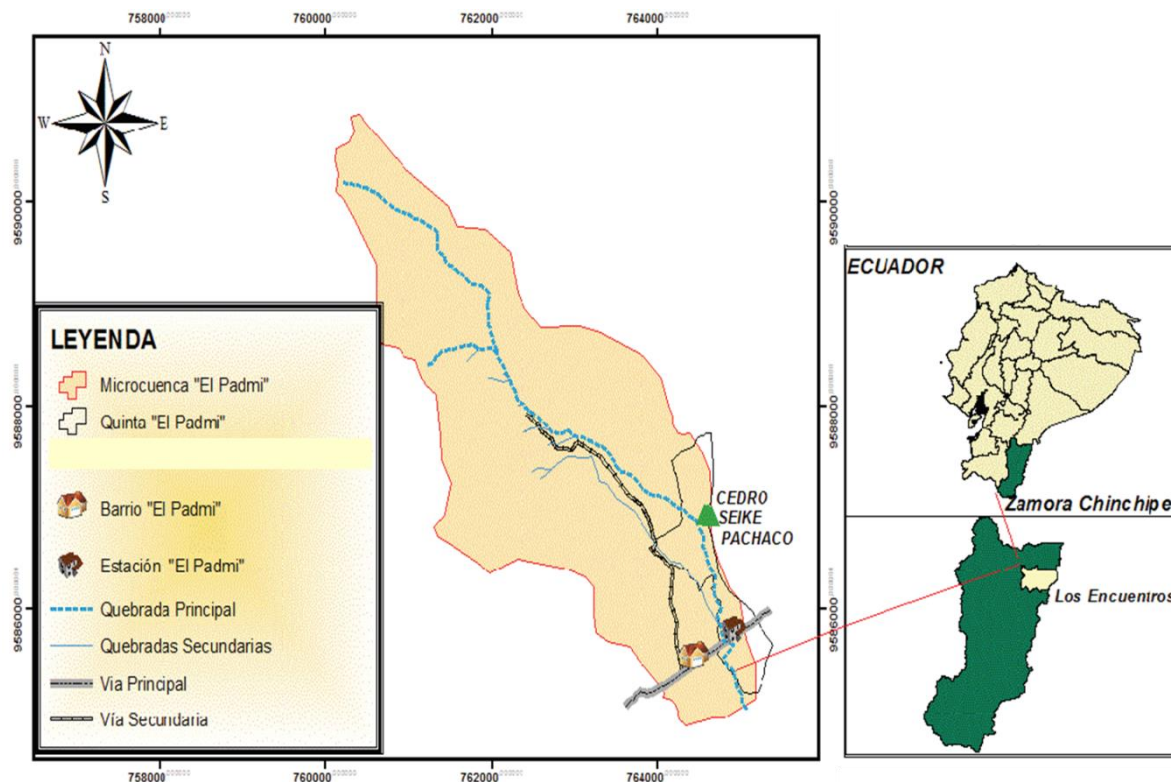
La producción de cacao no sólo depende del nivel de fertilidad del suelo, sino también de las interacciones con los factores ambientales, el manejo del cultivo y las proporciones presentes entre los nutrientes. Se sabe que la absorción de iones por parte de las plantas depende de la solución del suelo, cuya composición es modificada por la forma y cantidad de nutrientes aplicados. Cada vez que se añaden nutrientes de forma individual, se modifica el comportamiento de los iones y la relación entre ellos en la solución del suelo y se altera la absorción de cationes y la relación entre ellos en la solución, como consecuencia de los cambios en los sitios de intercambio. El conocimiento de esta dinámica de los nutrientes en los suelos ayuda a mejorar la nutrición de los cultivos (Puentes *et al.*, 2015).

Desde hace mucho tiempo ha sido posible demostrar que la absorción de un ión por la planta puede variar considerablemente con la concentración y naturaleza de los demás iones presentes en el suelo. También se ha comprobado que al aumentar la concentración de un ión dado en el medio donde se desarrollara la planta, aumenta la concentración de este ión en ella y ocasiona un aumento en el requerimiento de los demás iones, para restaurar el equilibrio disturbado por el exceso del ión dado; en cambio, al aumentar la concentración de un catión dado en el medio donde se desarrolla la planta, aumenta la cantidad de este catión dentro de ella y ocasiona una disminución correspondiente en las cantidades de los otros cationes presentes y aumento en su requerimiento para restaurar el equilibrio disturbado por el exceso del ión dado (Quiceno *et al.*, 2019).

## 5. METODOLOGÍA

### 5.1. Ubicación del estudio

El estudio se realizó en la provincia de Zamora Chinchipe, cantón Yantzaza, parroquia Los Encuentros, barrio El Padmi en la estación experimental El Padmi de la Universidad Nacional de Loja (Figura 1).



**Figura 1.** Ubicación geográfica del área de estudio.

La Quinta Experimental cuenta con un área de cien hectáreas para la investigación. La ubicación geográfica corresponde a  $3^{\circ}51'S$   $78^{\circ}45'O$ , con una altitud media de 820 msnm (Climate-data, 2019). El área de estudio está dentro de la microcuenca El Padmi, donde se encuentran tres tipos de ecosistemas. De acuerdo con Köppen y Geiger el clima se clasifica como Af (Clima de la selva lluvioso, ecuatorial, cálido y lluvioso todo el año, sin estaciones). La temperatura media anual es de  $22,8^{\circ}C$ , con una precipitación anual de 1 948 mm. El clima corresponde a la transición entre tropical subhúmedo y tropical húmedo. La zona de vida es bosque muy húmedo premontano (bh-PM) y bosque húmedo tropical (bh-T) (Palacios *et al.*, 2015). Presenta suelos jóvenes del grupo entisoles e inceptisoles, en la clasificación de la FAO este orden de suelos entra típicamente en el Grupo de Cambisoles (Lozano *et al.*, 2018).

## 5.2. Establecimiento del cultivo

El trabajo de tesis se realizó en un cultivo ya establecido, que forma parte de la investigación del macroproyecto “Efecto de la radiación fotosintéticamente activa sobre cacao (*Theobroma cacao L.*) en la Región sur del Ecuador y sus implicaciones agronómicas”. El cultivo cuenta con plantas de cacao clon nacional (CCN51, EETP 800 y EETP 801) las cuales se encuentran en etapa vegetativa de más del 50 % y otras iniciando el estadio 5 según la escala BBCH modificada (Bridgemohan *et al.*, 2016). El clon con el que se trabajó es EETP 800. El experimento contó con plantas de 1 año y 8 meses de edad, sembradas a una distancia de 3,5 m entre filas y 4 m entre plantas, en un área aproximada de 164 m<sup>2</sup>. Estas plantas fueron adquiridas del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), el cual garantiza el origen y las características de las plantas.

Para el estudio se evaluaron variables para la etapa vegetativa e inicio de producción. Previamente, se realizó un análisis de suelo (Anexo 1 y 8) para realizar las debidas correcciones de suelo y posteriormente se determinaron las dosis de fertilización para los tratamientos establecidos. El Boro fue el único elemento deficiente y para su corrección se utilizó 0,028 kg/planta de Ácido bórico para dos aplicaciones cada 40 días.

En el estudio se aplicaron tres niveles de fertilización que se calcularon a partir de un análisis de suelo previo. Se establecieron tres tratamientos de nutrición con cinco repeticiones cada uno. El primer tratamiento (**T1**) fue el testigo, ya que no se aplicó ninguna dosificación de fertilizante. En el tratamiento dos (**T2**) se aplicó la dosificación al 100 % de lo que requiere el cultivo y en el tratamiento tres (**T3**) se aplicó la nutrición al 200 % de lo que requiere el cultivo. Las aplicaciones de los fertilizantes se realizaron en 6 particiones.

Para determinar la dosis de fertilización, los cálculos se basaron de acuerdo a los requerimientos nutricionales promedio del cultivo en estado de inicio de producción de acuerdo a Rojas (2012) (Tabla 1).

**Tabla 1.** Exigencia nutritiva en las diferentes etapas de desarrollo del cacao.

Estado de cultivo	Edad de planta (meses)	Requerimiento nutricional promedio en kg/ha						
		N	P	K	Ca	Mg	Mn	Zn
Vivero	5-12	2,4	0,6	2,4	2,3	1,1	0,04	0,01
Establecimiento	28	136	14	156	113	47	3,9	0,5
Inicio de producción	39	212	23	231	140	71	7,1	0,9

**Plena producción**                      50-87                      438      48      633      373      129      6,1      1,5

**Fuente:** Rojas (2012).

Es así que, para el tratamiento uno no se aplica ninguna dosis de fertilización ya que se lo determinó como testigo, en el tratamiento dos las dosis de aplicación fueron de 212 kg/ha de nitrógeno (N), 23 kg/ha de fósforo (P), 231 kg/ha de potasio (K), 140 kg/ha de calcio (Ca), y 71 kg/ha de magnesio (Mg). Para el tratamiento tres se utilizaron el doble de la dosificación del tratamiento dos. Los fertilizantes que se utilizaron son Nitrato de calcio, DAP, Muriato de potasio, Nitrato de amonio y Sulfato de magnesio, la dosificación se describe en la tabla 2.

**Tabla 2.** Dosificación de fertilizante en gramos por planta para una aplicación.

Fertilizantes	Dosis g/planta para una aplicación	
	Tratamiento 2 (100 %)	Tratamiento 3 (200 %)
Nitrato de Calcio	126	252
DAP (18-46-0)	12	24
Muriato de potasio	125	250
Nitrato de amonio	86	172
Sulfato de magnesio	104	208

Cabe mencionar que todas las plantas recibieron el mismo manejo agronómico, prácticas culturales y manejo de plagas y enfermedades acorde a las necesidades del cultivo, con el fin de controlar posibles fuentes de variación.

### 5.2.1. Diseño experimental

El diseño experimental que se aplicó fue un Diseño Completamente al Azar (DCA), con tres tratamientos, que corresponden a tres diferentes niveles de nutrición: 0 %, 100 % y 200 % y cinco repeticiones por tratamiento (Figura 2). La unidad experimental corresponde a una planta de cacao clon EETP 800, con un total de 15 unidades experimentales. El modelo matemático para un DCA se expresa como:

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

Donde,

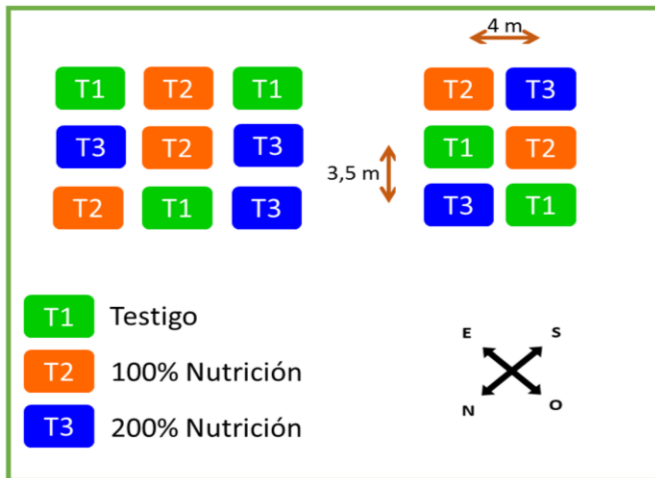
$Y_{ij}$ : Variable de respuesta

$\mu$ : Media global de la variable respuesta

$T_i$ : Efecto de la fertilización (i= niveles de nutrición)



$\epsilon_{ij}$ : Error experimental



**Figura 2.** Esquema del diseño Experimental

### 5.3. Análisis estadístico

Para la interpretación de datos de todas las variables se utilizó el software estadístico InfoStat, donde se realizó análisis de supuestos y se determinó la distribución normal de las variables, luego, se realizaron análisis de varianza ANOVA con un nivel de significancia del 5 % para determinar si existen o no diferencias entre los tratamientos. Posteriormente, se realizó una prueba de TUKEY al 95 % de confianza para determinar qué tratamiento es el mejor, por último, se realizaron pruebas de correlación de Pearson al 95 % de confianza para identificar cómo se correlacionan las variables cuantitativas.

### 5.4. Metodología para el primer objetivo

Para determinar los efectos de diferentes dosis de fertilización en las propiedades químicas del suelo del cultivo de cacao clon EETP 800 se evaluaron durante 5 meses las variables de pH y conductividad eléctrica. Para cumplir con este objetivo se consideró en cuenta el análisis de suelo inicial y se evaluaron las siguientes variables:

**Medición del pH del suelo:** se realizaron las mediciones cada mes, tomando cuatro muestras de suelo de 200 g por cada tratamiento, a una distancia de 20 cm de radio desde la planta y a una profundidad de 15 cm, las muestras se estudiaron en el laboratorio de suelos de la Universidad Nacional de Loja, para lo cual se utilizaron tiras de papel pH, para determinar el pH de la muestra.

**Conductividad eléctrica:** se midió cada mes, se tomaron cinco muestras de suelo por cada tratamiento, de 50 g aproximadamente a una profundidad de 15 cm. El análisis se realizó en el laboratorio de suelos de la Universidad Nacional de Loja, mediante un conductímetro.

### 5.5. Metodología para el segundo objetivo

Para analizar los efectos de diferentes niveles de fertilización en el crecimiento vegetativo de cacao clon EETP 800, se evaluaron los siguientes indicadores:

**Altura de la planta:** se midió mensualmente con cinta métrica desde el cuello o base de la planta hasta el ápice que alcanzó más altura en la planta y se expresó en cm.

**Área de sección transversal del tronco ASTT:** se midió una vez al inicio y una vez al final del estudio. Se midió el perímetro del portainjerto a 5 cm desde el suelo con una cinta métrica, y otra medición a 5 cm desde donde finaliza el portainjerto para medir la vareta, para ambos se calculó su área y se expresó en cm<sup>2</sup>. Se calculó mediante la fórmula:

$$ASTT=C^2/4\pi,$$

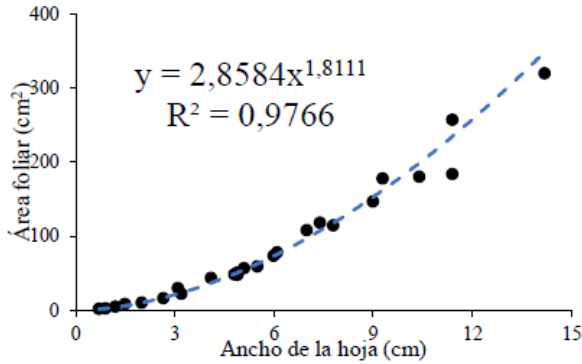
donde, C= circunferencia del tronco (cm) y  $\pi$ = valor constante (3,1416).

**Longitud de brote:** se seleccionaron y etiquetaron dos brotes por planta posicionados en el tercio medio de la altura de la planta para medir su crecimiento longitudinal en cm. Esta medición se realizó una vez cada mes.

**Longitud y número de metámeros:** en los brotes seleccionados, se contó el número de entrenudos y en base a su longitud total, por división, se obtuvo una longitud promedio de metámero en el brote. Esta medición se realizó al final de cada “*flush*” de crecimiento con una cinta métrica y se expresó en cm.

**Índice de área foliar (IAF):** Para calcular el AF se tomó la ecuación ajustada al ancho de la hoja, con un ajuste de regresión de  $R^2= 0,9766$ , n de 25 y p-valor < 0,05, determinada por Guamán (2022) (Figura 3). Con el área foliar obtenida previamente, se determinó el área total de la cobertura foliar para el IAF, el cual, indica la relación entre el área foliar total y la superficie del suelo que ocupa dicha área. La medición se realizó al final del ensayo, mediante la siguiente fórmula:

$$IAF= \text{área foliar}/\text{superficie del suelo}$$



**Figura 3.** Ecuación de regresión del área foliar (Guamán, 2022).

**Concentración de clorofila:** se realizó una sola vez al final del estudio, siguiendo el protocolo empleado por Suárez *et al.* (2017) mediante un espectrofotómetro: se tomaron muestras de hojas totalmente funcionales, las cuales fueron lavadas, secadas y cortadas en secciones sin nervadura. Para la extracción de pigmentos se pesó 0,5 g de hoja, y para determinar la cantidad de cada tipo de clorofila a (Ca), b (Cb) y c total se hizo uso de las fórmulas siguientes:

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

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

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

Donde,

Ca: Concentración de clorofila a.

Cb: Concentración de clorofila b.

C total: Concentración de clorofila total.

A645 y A 663. Longitudes de onda de luz medidas en nanómetros (nm) para medir la cantidad de absorbancia.

**Densidad estomática por mm<sup>2</sup> (DE):** se realizaron de acuerdo a la metodología de Barrientos-Priego *et al.* (2003) la cual consiste en la aplicación de barniz para uñas transparente en un área de 50 mm<sup>2</sup> en la superficie abaxial de la hoja. Después de que el barniz se seca, la capa es

removida y montada en un portaobjetos. Se tomaron dos hojas completamente expandidas por brote y dos muestras de cada hoja en la región de la parte central entre las venas secundarias, y se observaron los estomas en un microscopio con el objetivo 10X y mediante el uso del programa Anfinity Analyze 5.0 se procedió a fotografiar marcando 3 cuadros de 1 000  $\mu\text{m}$  cada uno, siendo esta el área de conteo. El resultado se expresó en número de estomas por  $\text{mm}^2$ . La medición se realizó una vez al final del proyecto.

**Fenología:** Cada 20 días aproximadamente se tomaron notas de los cambios en los estados fenológicos de las plantas de cacao, basados en la escala BBCH para cacao (Bridgemohan *et al.*, 2016). Se consideró cambio de fase fenológica cuando más del 50 % de las plantas presentaron características de un próximo estadio fenológico.

**Diámetro de copa:** se realizaron una vez cada veinte días, se procedieron a medir en dos direcciones, de dirección norte – sur y de dirección este – oeste, tomando como referencia la proyección de los extremos de la misma sobre el suelo para los cuales se midieron con una cinta métrica la distancia entre ambos extremos. La fórmula que se utilizó fue:

$$Dc = \frac{Dc\ 1 + Dc\ 2}{2}$$

donde, Dc: diámetro de copa.

**Estructura anatómica de las hojas:** se midieron al final del experimento, adaptando la metodología de Manzano *et al.* (2014). Se realizaron cortes transversales finos con gillette tomando la nervadura central (en el tercio medio de la hoja) de la parte central de la hoja, las muestras se colocaron en un frasco con 3 ml de alcohol al 98 % durante 20-24 horas. Luego se sacaron los cortes con pinza y se los enjuagó con agua destilada durante 6 minutos, posteriormente se colocaron los cortes en hipoclorito de sodio al 5,25 % (HCl) hasta que los cortes adquirieron un color blanquecino a transparente (15 - 20 minutos).

Después se procedieron a sacar los cortes con pinza y enjuagar con agua destilada durante 6 minutos, luego se colocaron en (sales (NaCl 8 gr y KCl 0,2 gr) + Toluidina a 0,075%)/1000 ml durante 1 minuto y 30 segundos.

Por último, se sacaron del colorante y se enjuagaron durante 5 minutos, se flamearon el porta y cubre objetos y se colocaron con glicerina, luego se montaron las muestras y se observaron al microscopio en 4X, 10X y 40X. Mediante el uso del programa Micro Cam Ver 5.7 se midieron el grosor de la lámina foliar.

**Tamaño de estomas:** se midieron al final del ensayo, para lo cual se utilizaron muestreo de hojas de todas las plantas, se lavaron las hojas con agua corriente y se secaron con gasa, en el tercio medio de la hoja se pintaron con esmalte transparente (dejando caer dos gotas antes de aplicar) a lado derecho e izquierdo de la nervadura central, se dejaron secar durante 4 minutos (observar que se mantenga de color transparente), luego con pinza de acero punta fina y un pincel redondo número 3 se desprendieron las improntas y se colocaron en un porta y cubre (24 x 50 mm) objetos frotados con alcohol al 98 % y flameados.

Por último, se observaron las muestras en el microscopio en 4X, 10X y 40X y se determinaron áreas de observación en el programa Micro Cam Ver 5.7 donde se realizaron las cuantificaciones de estomas y células epidérmicas y se calcularon los índices estomáticos de acuerdo a Wilkinson (1979).

$$IE = (NE * 100)/(CE + NE)$$

Dónde:

IE= Índice estomático

NE= número de estomas por campo de observación

CE= Numero de células epidérmicas en el campo de observación

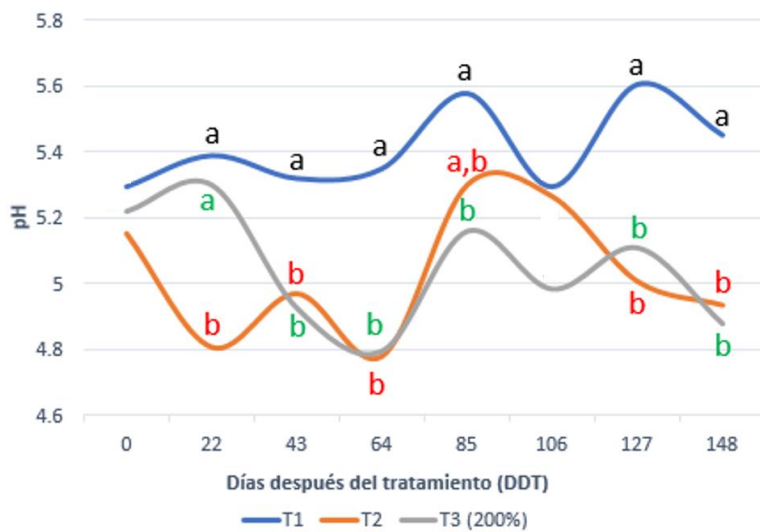
Finalmente se midieron el tamaño, longitud y ancho de los estomas; y ancho de células oclusivas.

## 6. RESULTADOS

### 6.1. Parámetros químicos del suelo

#### 6.1.1. pH del suelo

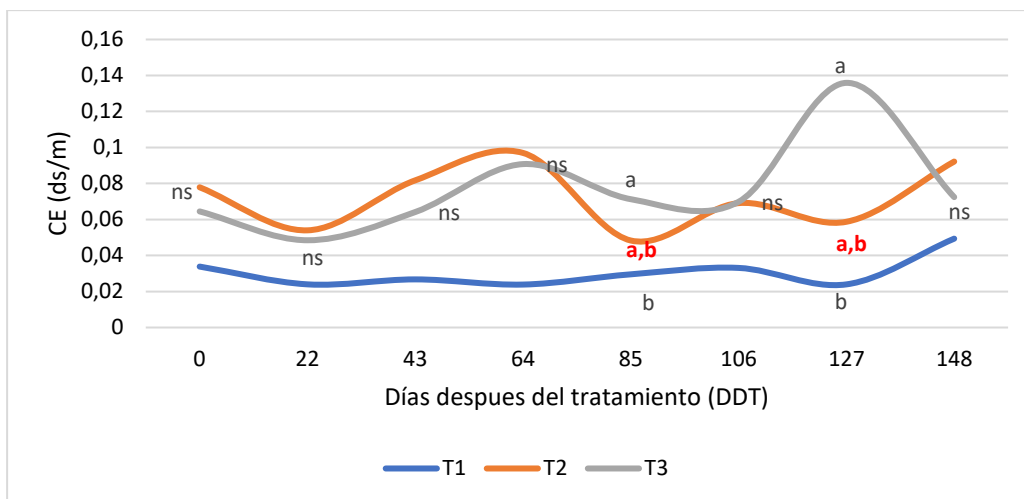
Durante el ensayo los valores de pH presentaron diferencias significativas entre los tratamientos, desde el día 0 hasta el DDT 85 y del DDT 127 al 148 ( $p < 0,05$ ), mientras que en el DDT 106 no existen diferencias significativas ( $p = 0,065$ ). Al final del ensayo los tratamientos fertilizados presentaron los pH más bajos (4,78 – 5,3), mientras que el testigo se mantuvo con valores superiores a 5 a lo largo del ensayo (Figura 4 y Anexo 7).



**Figura 4.** pH del suelo influenciado por tres niveles de fertilización en el cultivo de cacao EETP- 800. Letras diferentes entre puntos de un mismo DDT representan diferencias significativas, según prueba de Tukey ( $p < 0,05$ ).

#### 6.1.2. Conductividad eléctrica

La conductividad eléctrica no mostró diferencias significativas durante la evaluación, a excepción del DDT 85 y 127, en los que sí se evidenciaron diferencias significativas con  $p < 0,05$ . Los niveles más altos de CE se refieren a los tratamientos fertilizados (Figura 5).

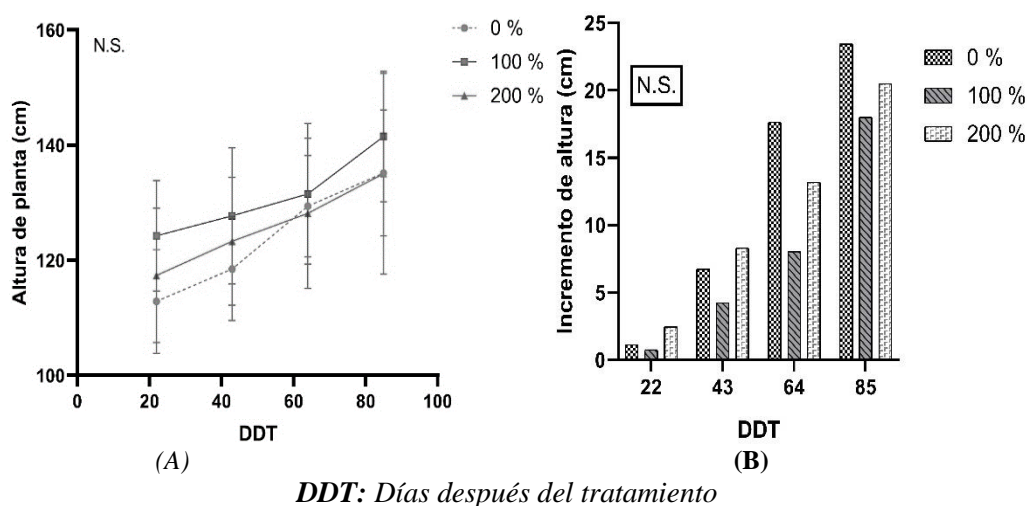


**Figura 5.** Conductividad eléctrica en plantas de cacao EETP-800, bajo tres niveles de fertilización. Letras diferentes entre puntos de un mismo DDT representan diferencias significativas, según prueba de Tukey ( $p < 0,05$ ).

## 6.2. Parámetros morfológicos

### 6.2.1. Altura de planta

Después de la aplicación de los tratamientos de fertilización, la dinámica de crecimiento de las plantas de cacao EETP-800 y el incremento de altura (Figura 6) no mostraron diferencias significativas entre los tratamientos durante el periodo de la evaluación. La altura final promedio de las plantas de cacao EETP-800 fue de 137,24 cm, con incrementos de 0,32 cm/día.



**Figura 6.** Dinámica del crecimiento de cacao EETP-800 bajo tres niveles de fertilización A: Altura y B: Incremento de altura. NS: no existen diferencias estadísticamente significativas. Barras verticales representan el error estándar.

### 6.2.2. Área de sección transversal del tronco (ASTT)

Los resultados obtenidos del área de la sección transversal del tronco a los 169 días después de la aplicación de los tratamientos, tanto en el portainjerto como en la vareta no mostraron diferencias estadísticas significativas (Tabla 3). Cabe considerar que, al inicio del ensayo el T3 tuvo mayor área en el portainjerto (10,42 cm<sup>2</sup>) y en la vareta (4,79 cm<sup>2</sup>) en relación al T1 y T2. A los 169 días después del inicio del ensayo hay un incremento promedio de ASTT 12,26 cm<sup>2</sup> en el portainjerto; y de 6,64 cm<sup>2</sup> para la vareta.

**Tabla 3.** Área de la sección transversal del tronco (ASTT) del portainjerto y vareta de cacao EETP-800.

Tratamiento	1 DDT		169 DDT		Incremento	
	Portainjerto	Vareta	Portainjerto	Vareta	Portainjerto	Vareta
<b>T1 (Testigo)</b>	8,07	4,66	24,31	12,80	16,24	8,15
<b>T2 (100 %)</b>	9,67	3,82	18,45	7,36	8,79	3,54
<b>T3 (200 %)</b>	10,42	4,79	22,16	13,02	11,74	8,24
<b>P-valor</b>	0,611	0,681	0,786	0,154	0,634	0,164

\*NS: No existen diferencias estadísticamente significativas.

### 6.2.3. Longitud de brote

La elongación de los brotes se mantuvo en crecimiento durante toda la evaluación del estudio, pero los valores obtenidos no mostraron diferencias significativas entre los tratamientos. La longitud promedio final de los brotes fue de 43,16 cm (Tabla 4). Sin embargo, en el DDT 43 sí existieron diferencias altamente significativas entre tratamientos ( $p=0,0002$ ), mostrando menor longitud de brote los tratamientos fertilizados.

**Tabla 4.** Longitud del brote (cm) de cacao EETP-800, de 22 a 85 días después de la aplicación de tres niveles de fertilización.

Tratamiento	Días después del tratamiento (DDT)			
	22	43	64	85
<b>T1 (Testigo)</b>	32,70	36,73 a	41,71	46,58
<b>T2 (100 %)</b>	26,24	29,47 b	30,82	40,56
<b>T3 (200 %)</b>	28,58	31,51 b	34,22	42,33
<b>P-valor</b>	0,182	0,0002	0,196	0,802

\*Letras diferentes en sentido vertical muestran diferencias significativas ( $p\text{-valor} < 0,05$ ).



#### 6.2.4. Longitud y número de metámeros

Los datos obtenidos de longitud de metámeros no mostraron diferencias significativas entre los tratamientos (Tabla 5). La longitud promedio de metámeros entre tratamientos fue de 2,1 cm y la longitud promedio de brote fue de 30,32 cm. Sin embargo, el número de metámeros sí tuvieron diferencias altamente significativas ( $p = 0,0050$ ). El menor número de metámeros se obtuvo con los tratamientos fertilizados, mientras que el testigo mostró el valor más alto (18,5 cm).

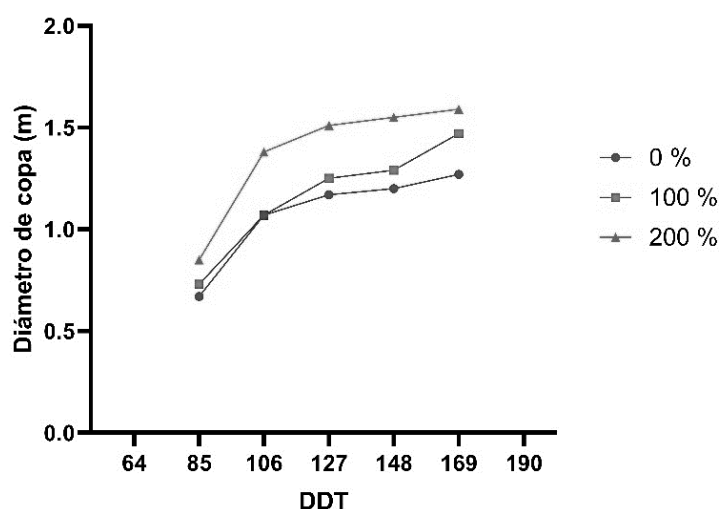
**Tabla 5.** Longitud y número de metámeros (cm) en cacao EETP-800, bajo tres niveles de fertilización.

Tratamiento	Longitud de brote (cm)	N° de metámeros	Longitud de metámeros (cm)
T1 (Testigo)	34,58	18,50 a	1,87
T2 (100 %)	22,5	9,75 c	2,31
T3 (200 %)	33,88	16,00 b	2,12
<i>P-valor</i>	0,483	0,0050	0,464

\* Letras diferentes en sentido vertical muestran diferencias significativas ( $p$ -valor  $< 0,05$ ).

#### 6.2.5. Diámetro de copa

El diámetro de copa se empezó a determinar a mediados del ensayo (DDT 85) después de una poda de formación (Anexo 1). Durante el tiempo de toma de datos no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos ( $p$ -valor  $> 0,05$ ). El promedio del diámetro de copa entre tratamientos al final de la evaluación (DDT 169) fue de 1.51 m (Figura 7).



**Figura 7.** Diámetro de copa bajo tres niveles de fertilización en cacao EETP-800.

### 6.2.6. Área foliar (AF) e índice de área foliar (IAF)

De acuerdo a los datos obtenidos en el AF, se conserva la misma tendencia para IAF, ya que no existen diferencias significativas entre tratamientos ( $p$ -valor $>0,05$ ); el promedio de AF e IAF fue de 2,843 m<sup>2</sup> y 0,237 respectivamente (Tabla 6).

**Tabla 6.** Número de hojas, área foliar (AF) e índice de área foliar (IAF), en cacao EETP-800, bajo tres niveles de fertilización.

Tratamiento	Número de hojas	AF (m <sup>2</sup> )	IAF
T1 (Testigo)	327	3,96	0,330
T2 (100 %)	177	2,3	0,191
T3 (200 %)	169,5	2,27	0,190
<i>P-valor</i>	0,284	0,429	0,427

\*NS

### 6.3. Parámetros fisiológicos

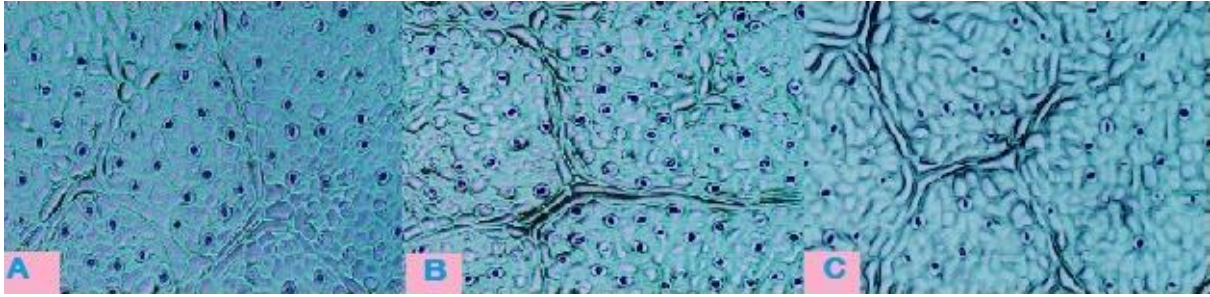
#### 6.3.1. Densidad estomática por mm<sup>2</sup> (DE)

La densidad de estomas mm<sup>-2</sup>, a los 169 días después del tratamiento fue mayor en el tratamiento del 0 % de fertilización (Tabla 7, Figura 8 y Anexo 5), con una diferencia estadística altamente significativa ( $p= 0,0061$ ). Los tratamientos fertilizados mostraron menor densidad estomática.

**Tabla 7.** Densidad estomática por mm<sup>2</sup> en hojas de cacao EETP-800, bajo diferentes dosis de fertilización.

Tratamiento	Número de estomas mm <sup>-2</sup>
T1 (Testigo)	1 031,8 a
T2 (100 %)	903,27 b
T3 (200 %)	830,66 b
<i>P-valor</i>	0,0061

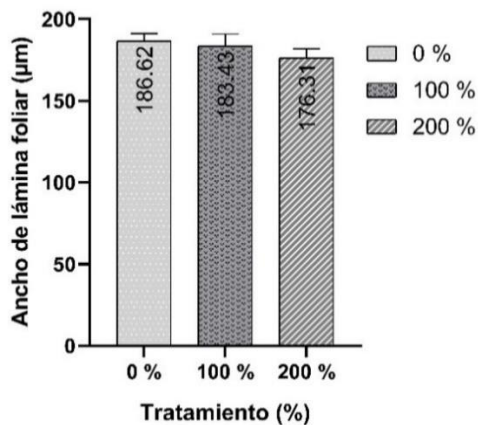
\* Letras diferentes en sentido vertical muestran diferencias significativas ( $p$ -valor  $< 0,05$ ).



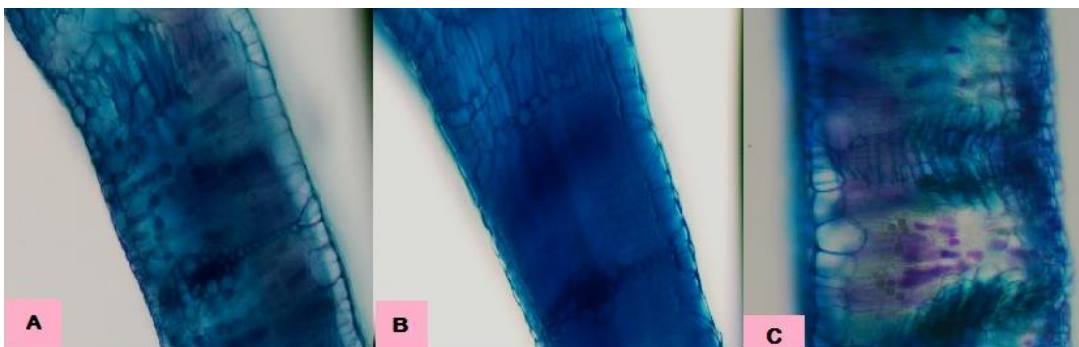
**Figura 8.** Estomas en el envés de la hoja de cacao EETP-800, obtenidas en microscopio bajo el objetivo 10X. A: impronta de tratamiento de 0 % de fertilización (T1); B: impronta de tratamiento de 100% de fertilización (T2); C: impronta de tratamiento de 200 % de fertilización (T3).

### 6.3.2. Estructura anatómica de las hojas

Los análisis de la estructura anatómica de la hoja (Anexo 2) muestran que no existen diferencias significativas ( $p$ -valor  $>0,05$ ) en el ancho de la lámina foliar de las hojas de cacao bajo diferentes niveles de fertilización (Figuras 9 y 10). El valor promedio del ancho de lámina foliar fue de 182,12  $\mu\text{m}$ .



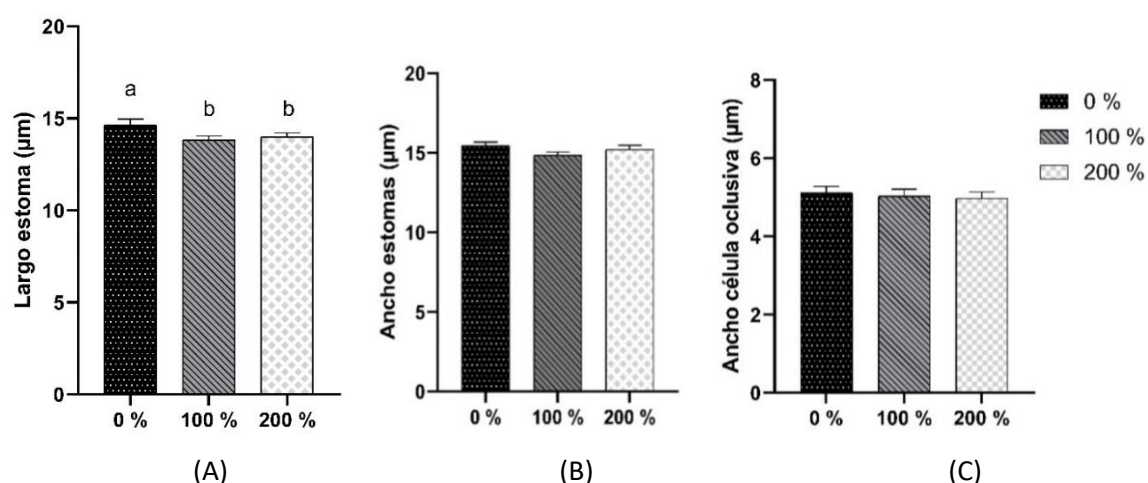
**Figura 9.** Ancho de lámina foliar bajo tres niveles de fertilización en cacao EETP-800. Barras verticales representan el error estándar.



**Figura 10.** Ancho de la lámina foliar bajo tres niveles de fertilización, observada en microscopio con objetivo 10X. A: Corte transversal de tratamiento 0 %; B: Corte transversal de tratamiento 100 %; C: Corte transversal de tratamiento 200 %.

### 6.3.3. Tamaño de estomas

El tamaño de estomas tuvo valores significativos en cuanto a largo de estoma ( $p$ -valor = 0,0421), en el que el T1 (testigo) presentó mayor largo (14,65  $\mu\text{m}$ ), en comparación con los tratamientos fertilizados, mientras que para ancho de estomas no hubo diferencias significativas entre tratamientos ( $p$ -valor > 0,05), con valores de 14,86 a 15,45  $\mu\text{m}$ . De igual manera, el ancho de la célula oclusiva no mostró diferencias significativas, evidenciando una media de 5,04  $\mu\text{m}$  (Figura 11 y Anexo 2 y 6).



**Figura 11.** Efectos de tres niveles de fertilización en cacao EETP 800: A: Largo, B: ancho de estomas y C: Ancho de la célula oclusiva de los estomas. Letras diferentes indican diferencia estadística significativa según prueba de Tukey ( $p < 0,05$ ).

### 6.3.4. Concentración de clorofila

Después de 169 días de la aplicación de los tratamientos, los contenidos de clorofila a, b y total no mostraron diferencias estadísticas significativas en ninguno de los tratamientos (Tabla 8). Los promedios de clorofila a, b y total fueron de 17,14 8,95 y 26,08 ml/g, respectivamente.

**Tabla 8.** Concentración de clorofila en cacao EETP-800, bajo tres niveles de fertilización.

Tratamiento	Clorofila a (ml/g)	Clorofila b (ml/g)	Clorofila total (ml/g)
T1 (Testigo)	16,01	8,12	24,13
T2 (100 %)	16,03	7,97	23,99
T3 (200 %)	19,39	10,75	30,13
<i>P-valor</i>	0,899	0,769	0,859

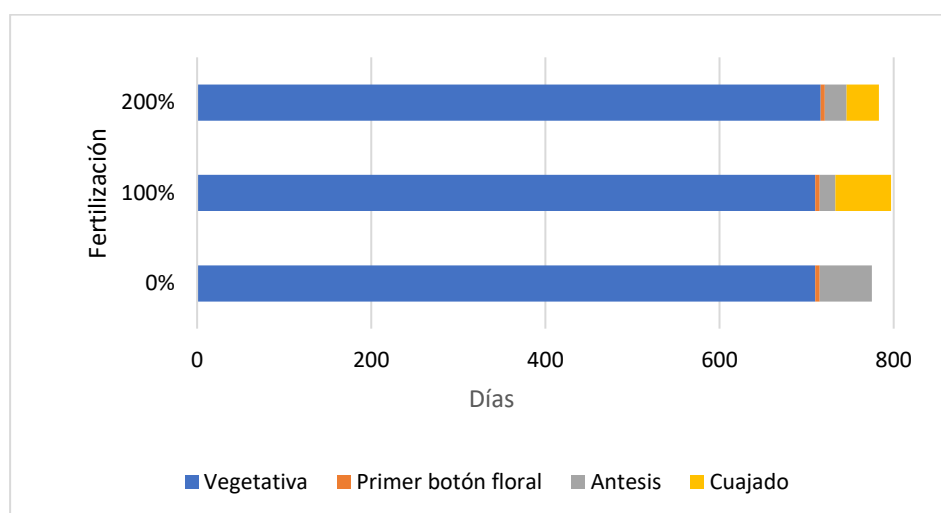
\*NS

## 6.4. Fenología del cultivo

Al finalizar el estudio, se pudo evidenciar que la aplicación de fertilización en el cultivo sí afectó en la fenología del cultivo de cacao (Anexo 3 y 4), cada fase varía de acuerdo a los tratamientos aplicados (Tabla 9 y Figura 12). Se evidencia que el tratamiento de 0 % de fertilización llegó a plena floración (BBCH 65), mientras que en los tratamientos de 100 y 200 % de fertilización se alcanzó hasta la fase de cuajado de fruto (BBCH 71).

**Tabla 9.** Fenología del cultivo de cacao EETP-800, bajo tres niveles de fertilización.

Tratamiento	Fase Vegetativa		Primeros botones florales		Antesis (Plena floración)		Cuajado de fruto	
	Días	Código	Días	Código	Días	Código	Días	Código
<b>T1 (Testigo)</b>	710		715		770		-	-
<b>T2 (100 %)</b>	710	BBCH 50	715	BBCH 52	728	BBCH 65	774	BBCH 71
<b>T3 (200 %)</b>	716		722		741		753	



**Figura 12.** Fenología del cultivo de cacao EETP-800, influenciado por tres niveles de fertilización.

## 6.5. Correlaciones

En la tabla 10, se muestran las correlaciones entre variables, donde todas fueron significativas a excepción de una, ya que presenta correlación negativa: ancho de estoma – diámetro de copa ( $r = -0,62$ ), en la cual, mientras el diámetro de copa aumenta, disminuye el ancho de estoma.

Por otro lado, se puede destacar aquellas correlaciones positivas que son muy significativas: altura de planta – diámetro de copa ( $r = -0,78$ ), longitud de brote-altura de la planta ( $r = 0,84$ ); longitud de brote – ASTT PI ( $r = -0,75$ ), longitud de brote – diámetro de copa ( $r = -0,76$ ), ASTT PI – diámetro de copa ( $r = -0,76$ ); también se encontró una correlación perfecta positivas entre: AF – IAF

**Tabla 10.** Correlaciones entre variables morfológicas y fisiológicas.

<b>Variable (1)</b>	<b>Variable (2)</b>	<b>n</b>	<b>Pearson (r)</b>	<b>p-valor</b>
Altura de planta	ASTT PI	12	0,66	<b>0,019327</b>
	Diámetro copa	12	0,78	<b>0,002902</b>
Longitud de brote	Altura de planta	12	0,84	<b>0,000660</b>
	ASTT PI	12	0,75	<b>0,004864</b>
	Diámetro copa	12	0,76	<b>0,004031</b>
ASTT PI	ASTT V	12	0,70	<b>0,010459</b>
	Diámetro copa	12	0,76	<b>0,004475</b>
AF	IAF	12	1,00	<b>0,000000</b>
	ASTT PI	12	0,58	<b>0,045802</b>
IAF	ASTT PI	12	0,59	<b>0,044983</b>
Largo estoma	Ancho estoma $\mu\text{m}$	81	0,36	<b>0,000983</b>
	Ancho de la célula oclusiva	81	0,28	<b>0,012442</b>
	Longitud brote	48	-0,14	0,357490
	Longitud metámero	24	0,48	<b>0,016854</b>
Ancho estoma	Ancho de la célula oclusiva	81	0,57	0,000000
	Diámetro copa	12	-0,62	<b>0,029928</b>

\* Los valores representados están descritos por un análisis de correlación de Pearson.

## 7. DISCUSIÓN

En el presente estudio, luego de haber realizado un seguimiento durante 169 días en plantas sometidas a tres diferentes dosis de fertilización (T1: 0 %, T2: 100 % y T3: 200 % de fertilización), se analizaron parámetros químicos del suelo, tomando en cuenta dos variables: pH y conductividad eléctrica (CE).

El pH sí tuvo diferencias significativas, evidenciando un  $p < 0,05$ . El pH se mantuvo superior a 5 en el tratamiento T1, sin embargo, de acuerdo con Pinargote (2015) el pH en cultivos de cacao es óptimo de 6,0 a 7,0, no obstante, Dostert *et al.* (2011), Alvarado (2016) y Furcal (2018) afirman que el cultivo puede tolerar rangos de pH de 5,0 a 7,5 o de 5,12 a 5,7 en tratamientos con aplicación de fertilización. Sin embargo, en la investigación de Furcal (2018) tras aplicar fuentes de fertilización tres años consecutivos el pH se vio afectado, obteniendo valores de 4,71 a 5,06. En este sentido, Carvajal (2018) encontró que los suelos tienen tendencia a acidificarse al aplicar programas de fertilización respecto a las áreas sin cultivar. Por otro lado, Benton (2012) menciona que el cambio de pH puede ocasionar un exceso o insuficiencia de elementos, con mayor influencia si estos son esenciales para la nutrición de plantas o interferir con la función normal de las raíces por efecto de la acidez de Aluminio. En relación a los estudios realizados por los autores mencionados, se puede decir que el pH del cultivo tiene valores similares de acuerdo a los resultados que obtuvieron en dichas investigaciones.

La conductividad eléctrica (CE) no mostró diferencias significativas, a excepción del DDT 85 (con valores más bajos para T1) y 127 (con los valores más altos para T3) en los que sí se evidenciaron diferencias significativas. Durante los 169 DDT, se pudo notar que el T1 se mantuvo con valores bajos, mientras que los tratamientos con fertilización al 100 y 200 % se mantuvieron con valores altos. Investigaciones realizadas por Brito *et al.* (2018) encontraron valores de 0,07 a 0,90 ds/m, mismos que no se consideran salinos para el suelo. Así también, Venturo (2017) y Barrezueta (2019) encontraron que la conductividad eléctrica oscila con valores entre 0,0189 a 0,0347 ds/m. Sin embargo, al establecer sistemas agroforestales de cacao, maracuyá y plátano, pueden aportar mayor hojarasca y al final se verá reflejado como materia orgánica que mejora el pH y la retención de humedad; los resultados se reflejaron en la CE con valores de 0,14 ds/m para sistema agroforestal y 0,12 ds/m para cultivo de cacao sin asociación (Saavedra *et al.*, 2019). Cabe mencionar que se consideran suelos salinos aquellos que superan los 1 ds/m (Barrezueta, 2019). Durante la evaluación del estudio la CE se mantuvo dentro del rango óptimo, de tal modo que se puede evidenciar que no existe salinidad en el suelo y no hay

posibilidad de encontrar fitotoxicidad en el suelo, lo cual se refleja en un fácil manejo de fertilización y menor gasto de energía de las plantas para absorber nutrientes.

En cuanto a la altura de la planta, los resultados obtenidos del estudio no mostraron diferencias significativas entre tratamientos, durante los 169 DDT; el incremento de altura se mantuvo constante entre los tratamientos, sin mostrar diferencias, presentando al final un incremento de 0,32 cm/día. La similitud en altura de planta se puede deber a que las plantaciones de cacao responden mejor en su morfología y alcanzan un mejor desarrollo a plena luz solar y con aplicación de fertilización, como lo mencionan Figueroa y Rojas (2011) y López (2012). Según Dostert *et al.* (2011) las plantas de cacao en etapa juvenil alcanzan alturas de hasta 2 m, en el estudio se obtuvieron alturas de 1,35 m, 1,41 m y 1,35 m para T1, T2 y T3 respectivamente. Las plantas de cacao están en una altura acorde a su edad fisiológica, esto depende también, de las condiciones ambientales en las que se encuentra el cultivo, como la luz solar, precipitación, humedad relativa, además de la aplicación de fertilización, lo cual aumentan la capacidad fotosintética de la hoja y por ende su desarrollo y posteriormente el rendimiento (Valenzuela, 2021). Así también, Dostert *et al.* (2011) menciona que las plantas de cacao se desarrollan mejor con lluvias repartidas a lo largo del año con 1 500 a 2 000 mm de lluvia, y el cultivo tiene precipitaciones de 1 948 mm, lo cual está dentro de un rango óptimo. Por otro lado, las temperaturas mínimas medias que tolera el cultivo son de 18 a 21° C y máximas de 30 a 32°C, y las condiciones del Padmi donde se ubica el cultivo son de temperatura media de 22,8° C, lo cual está dentro del rango.

El área de la sección transversal del tronco, transcurridos los 169 DDT, no se observaron diferencias significativas entre tratamientos, tanto para el portainjerto como para la vareta. Según Pérez y Freile (2017) las plantas de cacao clon EETP-800 mostraron buena adaptabilidad a las condiciones de temperatura, luz y humedad propias de la Amazonía, debido a que la altura de la planta está acorde a la edad del cultivo y por ende el crecimiento de ASST. Los resultados obtenidos en la correlación de Pearson (0,66) muestran una relación positiva entre la altura de la planta y el ASST PI, esto se ve reflejado en que el cacao por su estructura genética tuvo buena adaptación y establecimiento en campo, lo cual se evidenció en el crecimiento continuo del ASST, con 9,37 cm en el portainjerto y 4,42 cm en la vareta al inicio del ensayo, y al finalizar la evaluación el portainjerto llegó a medir 21,64 cm y la vareta 11,06 cm. El no existir diferencias significativas se le atribuye a que son especies de un mismo clon y por ende no hay variabilidad morfológica, como se lo expresó anteriormente. Por otro lado, estudios realizados por Leiva *et al.* (2019) mostraron plantas de cacao clon ICS 95 (clon que cultiva en altitudes



similares al clon EETP 800), a los dos años de edad alcanzaron perímetros del tallo de 10,5 cm, mientras que, en el estudio el perímetro del tronco llegó a medir 11 cm a los dos años de edad. Esto demuestra que los datos obtenidos en el estudio se encuentran dentro de los rangos obtenidos en otros estudios; datos que también son similares con los resultados obtenidos por Schneider (2017) quien encontró en diferentes cultivares de cacao (híbridos de ICS y TSH) datos del perímetro sin diferencias significativas entre ellos, con promedios de 12 cm después de dos años de evaluación.

En cuanto a la longitud del brote, no se encontraron diferencias significativas con valores de 40,56 a 46, 58 cm al finalizar la evaluación. Cabe mencionar que en el DDT 43 sí hubo diferencias significativas, presumiblemente porque se observó un *flush* (emisiones foliares) de crecimiento en el cultivo y por tal razón los brotes lograron mayor elongación con respecto a los demás días de evaluación, acorde a lo que menciona Dubón (2015). De igual manera, esto se ve relacionado con la longitud del brote y número de metámeros, ya que los resultados no mostraron diferencias significativas en la longitud de metámeros, en los cuales se lograron 2,1 cm de longitud. Sin embargo, el número de metámeros sí tuvo diferencias significativas, donde el T1 mostró mayor número de metámeros (18,5), sin embargo, la longitud fue menor (1,87 cm) en comparación a T2 y T3 (2,31 y 2,12 cm), es por ello que al referirse a la longitud de metámeros se compensa, ya que, al tener menor número de metámeros, estos a su vez tienen mayor elongación, mientras que si existe mayor número de metámeros, tienen menor longitud.

Los datos obtenidos para diámetro de copa no tuvieron diferencias significativas entre los tratamientos; el promedio del diámetro de copa fue de 1,51m a los 169 DDT.

La poda que se realizó antes de tomar los datos, mejoró la dinámica del sistema, lo cual resultó en menos sombra por la misma planta y se vio reflejado en el aumento del crecimiento de las plantas de cacao, tal como expresa Schneider (2017), ya que el diámetro de copa al iniciar la evaluación era de 0,67 m y al finalizar la toma de datos llegó a medir 1,59 m. Estudios realizados por Montalván (2013) encontraron diámetros de copa de 3,5 a 5,2 m, en condiciones ambientales similares a las del presente estudio, con la diferencia de que eran cultivos ya establecidos y en plena producción, al igual que la evaluación registrada por Ortega (2014) quien encontró un diámetro de copa de 1,96 m, en condiciones de la costa ecuatoriana, con la particularidad de que se tomaron los datos de copa al finalizar la etapa de producción. En tal contexto, se puede decir que la biomasa aérea de las plantas de cacao fue baja, presumiblemente porque el cultivo aún se encuentra en desarrollo y no ha alcanzado su altura promedio de 2 a 4

m, óptimas para manejar el cultivo y facilitar actividades agronómicas, dado que la relación entre la altura de la planta y el diámetro de copa es positiva según la correlación de Pearson ( $r=0,78$  y  $p\text{-valor}=0,0029$ ).

Los datos obtenidos para AF e IAF no mostraron diferencias significativas entre ellos. Cabe mencionar que la poda de formación se realizó antes de efectuar las mediciones para determinar AF e IAF. Sin embargo, Leiva *et al.* (2019) afirman que la práctica de podas en cultivos de cacao no afecta en lo absoluto el comportamiento vegetativo, es decir, no altera los periodos de brotación ni el tiempo de expansión y crecimiento de las ramas. Por lo tanto, se puede afirmar que la poda no afectó el resultado obtenido, información que concuerda con Gutiérrez *et al.* (2019) quienes mencionan que diferentes tipos de podas y análisis en diferentes tiempos no tienen efecto significativo en el contenido de minerales y grasas en el grano de cacao. El IAF obtenido en el estudio es relativamente bajo (0,237) en comparación a estudios realizados por Leiva *et al.* (2019) quienes mencionan que los valores de IAF están ligados a la variedad y al manejo del cultivo, sin embargo, muestran valores entre 1,5 a 6 para cultivos de 8 años de edad; cabe recalcar que, al estar las plantas del estudio en desarrollo, aún no alcanzan la altura promedio, razón por cual se presume que el IAF sea bajo.

La densidad estomática en los diferentes tratamientos transcurridos los 169 DDT mostró diferencias significativas para el tratamiento T1, el cual tuvo mayor número de estomas por  $\text{mm}^2$  (1 031,8), mientras que para la estructura anatómica, el ancho de la lámina foliar no tuvo diferencias significativas en ninguno de los tratamientos ( $p >0,05$ ; ancho de lámina foliar de 182,12  $\mu\text{m}$ ). Estudios realizados en la zona costa del Ecuador por Zambrano (2017) muestran que la densidad estomática varía de 740 a 877,5 estomas por  $\text{mm}^2$ , resultados similares a los de Barragán (2017) quien obtuvo como resultado 877,08 estomas por  $\text{mm}^2$ . Dichos datos obtenidos son superados en nuestra investigación en la zona Amazónica del Ecuador, por lo tanto, la variación de los resultados puede deberse a la variabilidad de la densidad estomática y debido a que la densidad de estomas se ve influenciada por las condiciones del medio tales como la radiación y el estado hídrico del suelo, así también, puede diferir entre plantas de la misma especie e incluso entre hojas de la misma planta o a su vez entre sectores de la misma hoja, posición de la hoja en la planta y el ambiente ecológico Hernández *et al.* (2017), Barragán (2017) y Tian *et al.* (2016). Por otro lado, al evaluar el tamaño de estomas, se encontraron diferencias significativas al medir el largo de estoma, en el que el T1 presentó mayor largo (14,65  $\mu\text{m}$ ) en comparación con los tratamientos de fertilización. Sin embargo, al evaluar el ancho de estoma (15.17  $\mu\text{m}$ ) y el ancho de la célula oclusiva (5.04  $\mu\text{m}$ ) no se encontraron

diferencias significativas. A pesar de ello, los valores obtenidos para largo de estomas fueron similares a otros resultados obtenidos por Daymond *et al.* (2011) ya que los valores que obtuvieron fueron de 12,6 a 15,1  $\mu\text{m}$ .

Los resultados obtenidos al evaluar la concentración de clorofila indican que no se obtuvieron diferencias significativas entre los tratamientos, tanto para contenido de clorofila a, b y total con valores de 17,14, 8,95 y 26,08 ml/g, respectivamente. A pesar de no existir diferencias, el T3 con fertilización al 200 % obtuvo el mayor valor para concentración de clorofila a, b y por ende mayor clorofila total. Estudios realizados por Arias (2020) afirman haber encontrado contenido de clorofila más elevado en hojas de cacao fertilizadas con dosis altas de Nitrógeno, en contraste con hojas sin fertilización. Así también, Tezara *et al.* (2015) muestran estudios en donde los clones de cacao poseen alta plasticidad fisiológica aun cuando crecen en condiciones lumínicas contrastantes. Por lo tanto, hay alta variabilidad entre clones, aparentemente se debe a que existe mayor o menor adaptabilidad de los clones a las variaciones del ambiente y en particular al déficit hídrico Héctor *et al.* (2018). Los resultados obtenidos en ambos estudios son similares a los que se obtuvieron en nuestra evaluación en la zona Amazónica. Dichos resultados obtenidos en nuestro estudio se presumen que se verán repercutidos en la reducción de la capacidad fotosintética de la hoja por tener niveles bajos de clorofila (Suárez *et al.*, 2017).

Finalmente, se describió la fenología del cultivo, la cual sí mostró efecto por la fertilización aplicada al cultivo. Se evidencia que en el tratamiento de 0 % de fertilización llegó a plena floración (BBCH 65), mientras que en los tratamientos de 100 y 200 % de fertilización se alcanzó a evaluar hasta la fase de cuajado de fruto (BBCH 71). El T3 tardó 722 días para llegar a la brotación de los primeros botones florales, mientras que para T1 y T2 tardó 715 días. Así también, el T2 tardó menos tiempo en llegar a plena floración, pero para entrar a cuajado de fruto duró menos tiempo que el T3, dado que las flores llegaron a término y posteriormente cuajaron. En cambio, en el T3 por problemas de aborto de flores la etapa de cuajado de fruto tardó 774 días, hasta que nuevos botones florales llegaron a cuajado del fruto, mientras que para T1 se pudo evaluar hasta plena floración ya que su etapa de floración tardó más en relación a los tratamientos fertilizados. Las diferencias encontradas en la fenología de las plantas se le puede atribuir a que el T1 no tuvo aplicaciones de elementos importantes (N y K) que de acuerdo al análisis de suelos (Anexo 8) y de acuerdo a las necesidades que requería el cultivo en relación a la etapa fenológica basada en la escala BBCH, era necesario corregir, para que la planta tuviera los nutrientes necesarios para culminar cada una de sus fases dentro del tiempo requerido.

De acuerdo a los resultados obtenidos se puede decir que la aplicación de la fertilización al cultivo de cacao no mostró resultados significativos, ya que la mayoría de las variables entre tratamientos tuvieron valores semejantes, sin embargo, dichos valores se encontraron similares a los resultados obtenidos en otros estudios y dentro de las características propias del cacao en la zona amazónica, los cuales se incluyeron dentro de los rangos que tolera el cultivo. Las plantas de cacao clon EETP-800 mostraron buena adaptabilidad a las condiciones tanto ambientales como edáficas de la zona amazónica que se caracteriza por tener un ambiente cálido húmedo, con altos niveles de precipitación y nubosidad; en condiciones normales y con aplicación de fertilización, el factor clima es el que influye en el comportamiento morfológico de las plantas y a su vez en el desarrollo óptimo de las mismas.

## 8. CONCLUSIONES

- En cuanto a parámetros químicos del suelo la aplicación de diferentes dosis de fertilización sí influye en el pH del suelo, con diferencias significativas en el tratamiento T1, con resultados que se mantuvieron superiores a 5, mientras que, en la conductividad eléctrica no se obtuvieron resultados significativos, sin embargo, todos los valores son menores a 1 ds/m.
- Se encontró que la aplicación de diferentes dosis de fertilización sí afecta las variables fisiológicas de las plantas de cacao en los tres tratamientos, presentando mayor densidad estomática el tratamiento testigo con 1031,8 estomas por mm<sup>2</sup>; mientras que para las variables morfológicas no se encontraron diferencias significativas, ya que la altura de la planta se mantuvo similar entre los tratamientos, el tallo y las ramas crecieron constantemente, pero sin ser significativo, y la aparición de nuevas hojas y brotes foliares no fue relevante, por lo cual la cantidad de follaje alcanzada no difiere entre tratamientos, sin embargo, sí está dentro de los rangos mínimos para cacao.
- El cultivo de cacao clon EETP-800 con fertilización en dosis al 100 y 200 % influye en el desarrollo fenológico del cultivo de cacao, ya que las plantas fertilizadas tuvieron una fase reproductiva más temprana con aparición de flores y frutos cuajados, en comparación con las plantas testigo que al finalizar la toma de datos aún se encontraban en plena floración.

## 9. RECOMENDACIONES

- Se recomienda que la evaluación de las variables morfológicas, fisiológicas y químicas del suelo se determinen hasta alcanzar la producción del mismo para determinar en qué fase la fertilización influye significativamente en el cultivo y que a su vez mejore los rendimientos de producción.
- Realizar análisis foliar para complementar la fertilización edáfica con fertilización foliar, de tal manera que se aporte con macro y micronutrientes necesarios para la absorción de la planta para que su desarrollo vegetativo sea más eficiente.
- Comparar diferentes fuentes de nutrientes, tanto orgánicas como químicas, y determinar qué fuente mejora las condiciones químicas, biológicas y físicas del suelo para favorecer la disponibilidad de nutrientes e incrementar la productividad.

## 10. BIBLIOGRAFÍA

- Aguirre, J., Mendoza, A., Cadena, J., & Avendaño, C. (2019). Efecto de la biofertilización en vivero del cacao (*Theobroma cacao* L) con azospirillum basillense tarrand, krieg et Döbereiner y glomus intraradices Schenk et Smith. *Redalyc*, 541-546.
- Alvarado, C. (2016). Efecto de la fertilización orgánica e inorgánica, en el rendimiento de un clon de cacao (*Theobroma cacao*, L) y en la fertilidad del suelo.
- Álvarez, F., Rojas, J., & Suárez, J. (Julio-Diciembre de 2015). Contribución de esquemas de fertilización orgánica y convencional al crecimiento y producción de *Theobroma cacao* L. bajo arreglo agroforestal en Rivera (Huila, Colombia). *Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria* , 307-314.
- ANECACAO. (2015). Cacao Nacional. *Asociación Nacional de Exportadores de Cacao-Ecuador*.
- Arias, P. (2020). Evaluación de la fertilización nitrogenada y de silicio sobre el rendimiento en cacao CCN-51, en fase productiva.
- Arvelo, M., González, D., Maroto, S., Delgado, T., & Montoya, P. (2017). Manual Técnico del Cultivo de Cacao. Prácticas Latinoamericanas. *Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA)*, 165.
- Barragán, L. (2017). Relación entre los parámetros hídricos, morfológicos y rendimiento de cacao (*Theobroma cacao* L.) como criterio de selección para la tolerancia al déficit hídrico.
- Barrezueta, S. (2018). Construcción de indicadores agrarios para medir la sostenibilidad de la producción de cacao en El Oro, Ecuador. *Tesis doctoral UDC, Universidade da Coruña, La Coruña* .
- Barrezueta, S. (2019). Propiedades de algunos suelos cultivados con cacao en la Provincia El Oro, Ecuador. *Redalyc*. DOI: 10.29059/cienciauat.v14i1.1210
- Barrientos-Priego, A., Borys, M., Trejo, C., López, L. (2003). Índice y Densidad Estomática Foliar en Plántulas de tres Razas de Aguacatero. *Revista Fitotecnia Mexicana*. Vol. 26 (4): 285-290.

- Bridgemohan P., Mohamed M., Mohammed M., Singh K., Shamir R. (2016). The Application of BBCH Scale for Codification and Illustrations of the Floral Stages of Caribbean Fine Cacao *Theobroma cacao* L. *Journal of Agricultural Science and Technology*, A 6: 1-10.
- Brito-Vega, Jose Manuel Salaya-Dominguez, Edmundo Gomez-Mendez, Armando Gomez-Vazquez and Jesus Bernardo Antele-Gomez, (2018). Physico-chemical Properties of Soil and Pods (*Theobroma cacao* L.) in Cocoa Agroforestry Systems. *Journal of Agronomy*, 17: 48-55.
- Calva, A., Pozo, C. y Ramírez, P. (2021). El ABC para el cambio de copa en el cultivo de cacao. Una estrategia validada para renovar las plantaciones e incrementar la productividad. Proyecto de la UE, CEFA, GIZ y el MAG.
- Carvajal, C. (2018). Establecimiento de un programa de fertilización para seis ecotipos de Ipecacuana (*Psychotria ipecacuana* (Brot) Stokes (Rubiaceae)) en Coopevega de Cutris, San Carlos, Costa Rica. Tesis de Licenciatura, TEC, Escuela de Agronomía, Sede San Carlos. 88p.
- Climate-data. (2019). YANTZAZA CLIMA (ECUADOR). Obtenido de <https://es.climate-data.org/america-del-sur/ecuador/provincia-de-zamora-chinchipe/yantzaza-25493/>
- Cuenca, E., Puentes, Y., & Menjivar, J. (2019). Efficient use of nutrients in fine aroma cacao in the province of Los Ríos-Ecuador. *ResearchGate*, 8963-8970.
- Daymond, A., Tricker, P., & Hadley, P. (2011). Genotypic variation in photosynthesis in cacao is correlated with stomatal conductance and leaf nitrogen. *Biologia Plantarum*, 55(1), 99–104.
- Dostert, N., Roque, J., Cano, A., La Torre, M., Weigend, M. (2011). Hoja botánica: Cacao *Theobroma cacao* L. Botconsult GmbH D38/08-19
- Dubón, A. (2015). El ambiente y su efecto en el comportamiento de la planta de cacao. Ciencia y tecnología al servicio del sector cacaotero PROCACAO.
- FAO. (2016). Liberación de clones de cacao de alto rendimiento EETP 800 y EETP 801. *Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP)*.



- Fernández, J., Bohórquez, W., & Rodríguez, A. (Julio- Diciembre de 2016). Dinámica nutricional del cacao bajo diferentes tratamientos de fertilización con N, P y K en vivero. *Scielo* , 367-380.
- Figueroa, O. y Rojas, J. (2011). Guía técnica. Fertilización y post cosecha de cacao. Jornada de capacitación UNALM - AGROBANCO.
- Furcal, P. (2018). Fertilización del cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L) en un cantón de la Región Huetar Norte de Costa Rica.
- Guamán, A. (2022). INFLUENCIA DE DISTINTOS NIVELES DE SOMBRA EN LAS CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS Y FISIOLÓGICAS EN EL CRECIMIENTO TEMPRANO DEL CACAO (*Theobroma cacao* L) CLON EETP-800 EN LA PROVINCIA DE ZAMORA CHINCHIPE. *Repositorio UNL*.
- Gutierrez, E., Leiva, E. y Ramirez, r. (2019). La poda y su efecto en la calidad del grano de cacao (*Theobroma cacao* L.). *Agronomía Costarricense*, vol. 43, núm. 2, pp. 167-176.
- Héctor, E., Torres, A., Fosado, O., Álava, J., Sancán, G., León, L. (2018). Contenido de clorofilas totales en doce clones de cacao (*Theobroma cacao* L.). *Revista de las Agrociencias La Técnica*.
- Hernández, C., Leiva, E. y Ramírez, R. (2017). DINAMICA ESTOMATICA EN CACAO (*Theobroma cacao* L.). *International Symposium on Cocoa Research (ISCR)*.
- INIAP. (2018). INIAP-EETP-800 e INIAP-EETP-801 Nuevos clones de Cacao Fino y de Aroma con alto rendimiento. *Repositorio Digital INIAP*, 2.
- INIAP. (2019). La Cadena de Valor del Cacao en América Latina y El Caribe. *INIAP: Ed.*, 99.
- J. Benton Jones, Jr. (2012). *Plant Nutrition and Soil Fertility Manual*. Second Edition. CRC. *Press, Taylor & Francis Group*.
- Leiva, E., Gutiérrez, E., Pardo, C., Ramírez, R. (2019). COMPORTAMIENTO VEGETATIVO Y REPRODUCTIVO DEL CACAO (*Theobroma cacao* L.) POR EFECTO DE LA PODA. *Scielo*, vol.42 no.2.
- López, A. (2012). Guía técnica. Asistencia técnica dirigida en manejo de poda y fertilización en el cultivo de cacao. UNALM- Agrobanco.

- Lozano, D., Palacios, B., & Aguirre, Z. (2018). Modelos alométricos para estimar el almacenamiento de carbono de bosques montanos bajos en el sur del Ecuador . *Scielo*, 28(3).
- Manzano, P., Miranda, M., Gutiérrez, Y., Santos, E., Scull, R. (2014). Estudio morfo-anatómico e identificación genética de *Vernonanthura patens* (Kunth) H. Rob. *Journal of Pharmacy & Pharmacognosy Research*, 2 (5), 119-128.
- Ministerio del Turismo. (2022). ECUADOR, CUNA DEL ORIGEN DEL CACAO Y LA EXPERIENCIA CHOCOLATERA. Boletín de prensa 643. Recuperado de: <https://www.turismo.gob.ec/ecuador-cuna-del-origen-del-cacao-y-la-experiencia-chocolatera/>
- Mite, F. (2016). Fertilización del cultivo de cacao (*Theobroma cacao L.*).
- Montalván, O. (2013). IDENTIFICACIÓN DE ÁRBOLES POTENCIALES DE (THEOBROMA CACAO L.) EN SIUNA Y ROSITA, JUNIO 2009 – JUNIO 2010. *Ciencia e Interculturalidad Volumen 12, Año 6, No. 1, Enero - Julio, 2013*
- OLC\_CAF. (2018). Reflexiones de países miembros de ILAC previo a su participación en la Conferencia Mundial del Cacao. *Proyecto Iniciativa Latinoamericana del Cacao, Observatorio del Cacao Fino y de Aroma para América Latina*.
- Ortega, D. (2014). CUANTIFICACION Y LOGISTICA DE LA BIOMASA DISPONIBLE EN EL CULTIVO DE CACAO (*Theobroma cacao L.*).
- Palacios, B., Aguirre, Z., & Lozano, D. (2015). Experiencias de enriquecimiento forestal en bosque secundario en la microcuenca "El Padmi", Zamora Chinchipe Ecuador. *CEDAMAZ*, 5(1), 05-11.
- Pérez, G. y Freile, J. (2017). Adaptabilidad de clones promisorios de cacao nacional (*Theobroma cacao L.*), en el cantón Arosemena Tola de Ecuador. *Scielo*, vol.44 no.2.
- Pinargote, M. (2015). Comportamiento productivo de cacao CCN51 ante diferentes formulaciones de fertilización. Ecuador. UTEQ.
- Puentes, Y., Gómez, A., & Menjivar, J. (2015). Influence of the relationship among nutrients on yield of cocoa (*Theobroma cacao L.*) clones. *Redalyc*, 176.182.

- Puentes, Y., Menjivar, J., & Aranzazu, F. (2014). Eficiencias en el uso de nitrógeno, fósforo y potasio en clones de cacao (*Theobroma cacao* L.). *SciELO*. Obtenido de [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1316-33612014000200004](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-33612014000200004)
- Puentes, Y., Menjivar, J., & Aranzazu, F. (2016). Concentración de nutrientes en hojas, una herramienta para el diagnóstico nutricional en cacao. *Agronomía Mesoamericana*, 329-336.
- Quiceno, J., Naranjo, G., & García, Á. (2019). Efecto de varias dosis de magnesio aplicadas al suelo sobre el crecimiento de plantulas de cacao (*Theobroma cacao* L.). *AGRIS*, 26-39.
- Recalde, M., Carrillo, M., Sánchez, J., & Moreno, R. (2012). Manejo de la nutrición de cacao en la Región de Santo Domingo: etapa de establecimiento del huerto. *TSAFIQUI*.
- Rojas, E. (2012). Aspectos para la nutrición del cacao *Theobroma cacao* L. *Facultad Ciencias Agrarias*
- Saavedra, D., Murcia, V., Machado, L., Sánchez, J., Estrada, L. y Ordoñez, E. (2019). PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DE SUELOS Y SU RELACIÓN CON SISTEMAS DE PRODUCCIÓN EN EL MUNICIPIO CAMPOALEGRE, DEPARTAMENTO DEL HUILA, COLOMBIA. *Bioagro 31(2): 151-158*.
- Schneider, M., Andres, C., Trujillo, G., Alcon, F., Amurrio, P., Perez, E., Weibel, F. and Milz, J. (2017). COCOA AND TOTAL SYSTEM YIELDS OF ORGANIC AND CONVENTIONAL AGROFORESTRY VS. MONOCULTURE SYSTEMS IN A LONG-TERM FIELD TRIAL IN BOLIVIA. *Experimental agriculture*. 53(3), 351-374. *doi:10.1017/S0014479716000417*
- Solórzano, R., Amores, F., Vasco, S., Quiroz, J., Casanova, T., Garzón, A., y otros. (2019). INIAP-EETP-800 'Aroma Pichilingue', nueva variedad ecuatoriana de cacao fino de alto rendimiento. *SciELO*.
- Suárez, J., Duran, E., Rojas, J. y Ortiz, N. (2017). Pigmentos fotosintéticos y conductancia estomática en ecotipos de copoazú (*Theobroma grandiflorum* Willd. Ex. Spreng K. Schum.). *Agronomía Mesoamericana*, vol. 28, núm. 1, pp. 199-206.
- Tezara, W., De Almeida, J., Cortes, J. y Valencia, E. (2015). PHOTOCHEMICAL ACTIVITY OF ELITES CLONES OF ECUATORIAN CACAO (*Theobroma cacao* L.) AT NORTH OF ESMERALDAS PROVINCE. *ResearchGate*.

- Tian, M., Yu, G., He, N., y Hou, J. (2016). Características morfológicas y anatómicas de las hojas de los bosques de coníferas tropicales a templados: mecanismos y factores que influyen. *Scientific Reports* 6: 1-10.
- Valenzuela, J. (2021). Modelo productivo para el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) nutrición y fertilización. Compañía Nacional de Chocolates Grupo Nutresa.
- Venturo, G. (2017). Determinación del contenido de cadmio en almendras frescas de tres variedades de cacao (*Theobroma cacao* L.) y del suelo y su relación con el pH y la conductividad eléctrica en las zonas de Juanjuí y Pucacaca. *Repositorio Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso abierto*.
- Yzarra, W., & López, F. (2005). Manual de observaciones fenológicas. *Senamhi*, 99.
- Zambrano, J. (2017). Relaciones filogenéticas entre tipos de cacao (*Theobroma cacao* L.): forastero, trinitario y nacional, basadas en marcadores morfológicos y secuencias nucleotídicas de la región ITS; y su posible uso en la identificación de clones.
- Wilkinson, H. (1979). The plant surface (mainly leaf). En C. R. Metcalfe & L. Chalk (Eds.), *Anatomy of dicotyledons* (2a ed., Vol. 1). Oxford: The Clarendon Press.

## 11. ANEXOS

### Anexo 1: Fotografías de campo

	
<p><b>Figura 1.</b> Toma de muestra para análisis de suelo</p>	<p><b>Figura 2.</b> Etiquetado de plantas.</p>
	
<p><b>Figura 3.</b> Peso de la dosificación de fertilizante.</p>	<p><b>Figura 4.</b> Toma de datos de variables.</p>
	
<p><b>Figura 5.</b> Toma de muestras para laboratorio.</p>	<p><b>Figura 6.</b> Secado de muestras de suelo.</p>
	
<p><b>Figura 7.</b> Poda de formación.</p>	<p><b>Figura 8.</b> Toma de muestras para laboratorio.</p>

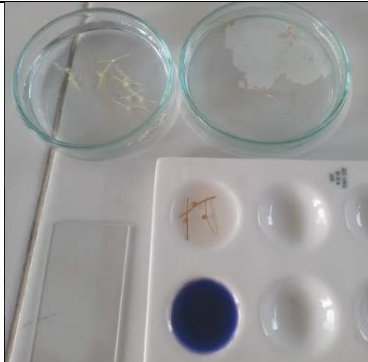
## Anexo 2: Fotografías de laboratorio



**Figura 1.** Observación de muestras.



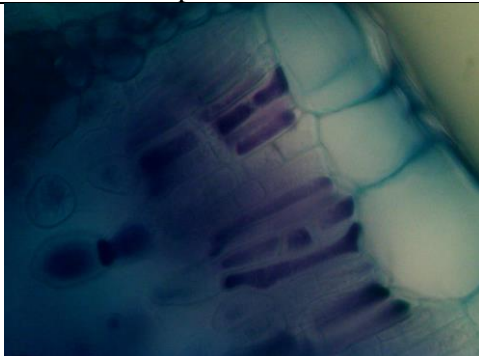
**Figura 2.** Muestras para laboratorio.



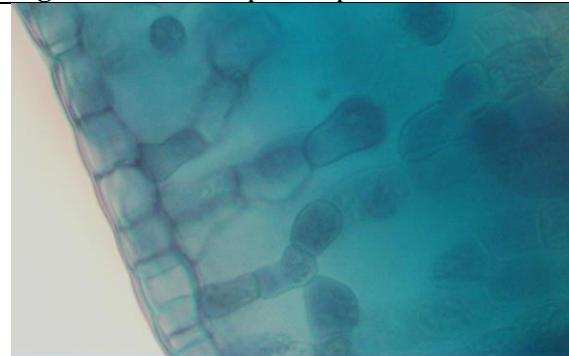
**Figura 3.** Proceso para estructura anatómica.



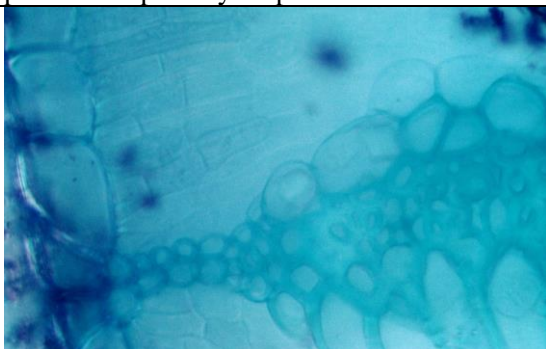
**Figura 4.** Muestras para impresoras.



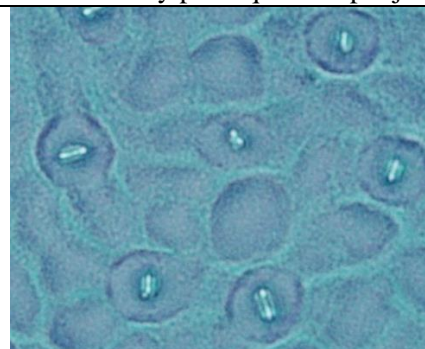
**Figura 5.** Estructura de la hoja de cacao. Epidermis superior y empalizada.



**Figura 6.** Estructura de la hoja de cacao. Epidermis inferior y parénquima esponjoso.



**Figura 7.** Estructura de la hoja. Epidermis superior, haz vascular y esclerénquima.

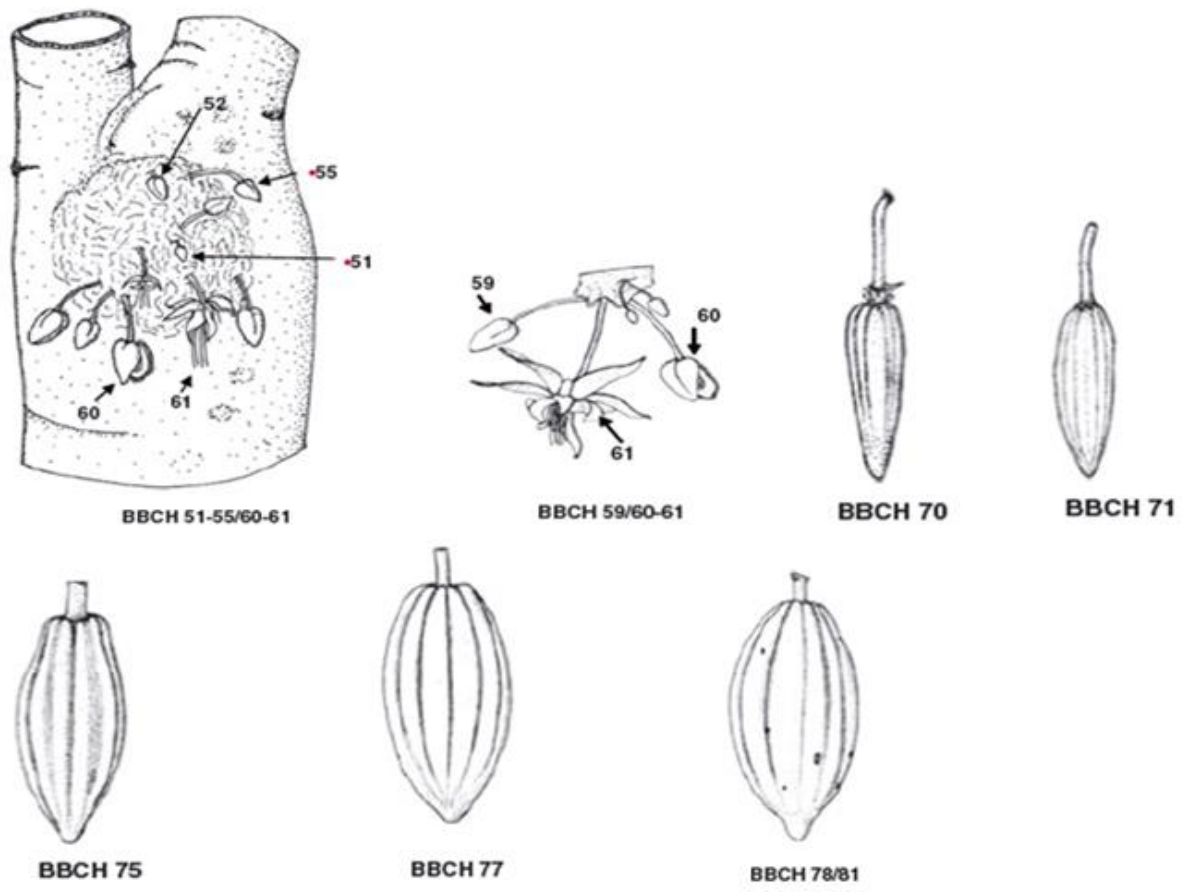


**Figura 8.** Estructura de la hoja de cacao. Estomas.

**Anexo 3:** Principales estadios de crecimiento reproductivo 5-8 de cacao var. TSH de T. según escala BBCH modificada.

Estadio	Días	Código	Descripción
Estadio 5. Emergencia de la inflorescencia	0-30	52	Yemas florales expandidas, emergencia del primordio sepal (yema < 1 mm Long)
		55	Yemas florales expandidas, sépalos encierran la yema (yema 1-2 mm Long)
		56	Yemas florales expandidas, emergencia del pedúnculo (yema 2-3 mm Long)
		58	Yema floral expandida, yema que cambia de verde a blanco (yema 2-4 mm de largo)
		59	Crecimiento completo de yema floral (yemas 6 mm de largo y 3 mm de ancho; pedículo 14 mm), yemas cerradas
Estadio 6. Floración	30-31	61	Inicio de la floración
		62	10% de flores abiertas
		65	50% de flores abiertas
		69	90% de flores abiertas
Estadio 7. Desarrollo del fruto	32-75	71	Comienza a crecer el fruto; celularización del endospermo; desarrollo de óvulos y pericarpio; comienzo de la fase de marchitez de la querella; los frutos del 10% de su tamaño final (cigoto latente). División del cigoto y desarrollo preliminar del embrión; los frutos se hinchan; los frutos han alcanzado el 20% del tamaño final
		72	Fin de la fase de marchitez del cernelo; diámetro/longitud 0,35; frutos del 50% del tamaño final
		75	Comienzo de la fase no marchita; óvulo lleno de gelatina como el endospermo; los frutos han alcanzado el 60% del tamaño final.
		76	Grasa, proteínas de almacenamiento y antocianina acumuladas en los cotiledones; el endospermo es gradualmente reabsorbido por el embrión; los frutos han alcanzado el 70% de su tamaño final.
		77	Embriones completamente desarrollados, con restos de endospermo alrededor de los cotiledones carnosos; aumento de los cotiledones externos.
		79	
		81	Cambio del color de la fruta de verde a amarillo o naranja Aumento de la intensidad del color de la fruta
Estadio 8. Maduración del fruto y semillas	75- 225	85	La fruta está completamente madura, adherida al tallo principal o a las ramas y puede cosecharse con cuchillo o alfanje.
		89	





**Fuente:** Bridgemohan *et al.*, 2016.

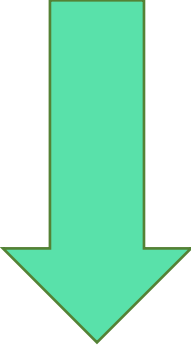


**Figura 1.** Principales etapas de crecimiento de la planta de cacao 5-8.



Anexo 4: Fenología del cultivo

Fase vegetativa	Primeros botones florales	Antesis	Cuajado de fruto
			



**Anexo 5:** Contabilización de estomas por mm<sup>2</sup>, en los tres tratamientos en plantas de cacao.

<b>Tratamiento</b>	<b>Repetición</b>	<b>Área (µm<sup>2</sup>)</b>	<b>N° estomas en 120000 (µm<sup>2</sup>)</b>	<b>Estomas por mm<sup>2</sup></b>
T1	1	120615	101,479915	845,665962
T1	2	120063	115,939132	966,159433
T1	3	120065	124,932328	1041,10274
T1	4	120013	132,985593	1108,21328
T1	5	120040	126,957681	1057,98067
T1	6	120080	132,911392	1107,59494
T1	7	120025	121,974589	1016,45491
T1	8	120007	107,9937	899,947503
T1	9	119997	111,002775	925,023126
T2	1	120076	94,9398714	791,165595
T2	2	120018	95,9856022	799,880018
T2	3	120044	95,9648129	799,706774
T2	4	120033	123,965909	1033,04924
T2	5	120050	122,948771	1024,57309
T2	6	120025	129,972922	1083,10769
T2	7	120067	91,948662	766,23885
T2	8	120076	89,9430361	749,525301
T2	9	120043	94,9659705	791,383088
T3	1	120019	111,982269	933,185579
T3	2	120067	107,939734	899,49778
T3	3	120087	95,9304504	799,42042
T3	4	120008	87,9941337	733,284448
T3	5	120013	77,9915509	649,929591
T3	6	120070	84,9504456	707,92038
T3	7	120044	105,961148	883,009563
T3	8	120009	93,9929505	783,274588
T3	9	120066	93,9483284	782,902737

**Anexo 6:** Datos de las mediciones del largo y ancho de estomas en hojas de cacao EETP 800.

Tratamiento	Repetición	Largo estoma $\mu\text{m}$ .	Ancho estoma $\mu\text{m}$ .
T1	1	15,115	16,154
T1	2	14,583	16,310
T1	3	15,692	15,785
T1	4	15,867	14,921
T1	5	13,189	14,489
T1	6	12,796	14,372
T1	7	13,845	14,207
T1	8	12,656	12,631
T1	9	12,916	14,648
T1	10	20,401	16,750
T1	11	13,345	15,352
T1	12	14,419	16,050
T1	13	15,234	16,973
T1	14	15,116	15,665
T1	15	13,806	14,497
T1	16	16,180	17,115
T1	17	14,748	17,983
T1	18	16,139	16,247
T1	19	14,484	16,393
T1	20	14,091	15,843
T1	21	14,688	16,619
T1	22	15,439	14,445
T1	23	15,606	13,983
T1	24	14,202	13,413
T1	25	15,316	15,166
T1	26	13,221	16,873
T1	27	12,425	14,366
T2	1	13,563	16,156
T2	2	14,215	14,207
T2	3	13,569	16,087
T2	4	12,670	14,584
T2	5	12,113	14,765
T2	6	15,381	15,798
T2	7	12,571	13,758
T2	8	12,483	13,651
T2	9	11,175	13,475
T2	10	14,096	15,500
T2	11	15,651	13,797
T2	12	11,382	14,679
T2	13	13,884	15,306
T2	14	13,707	15,292
T2	15	14,054	16,567



T2	16	13,501	14,842
T2	17	13,292	14,816
T2	18	13,784	15,816
T2	19	14,224	16,221
T2	20	15,704	12,788
T2	21	15,538	14,327
T2	22	14,774	16,877
T2	23	15,096	15,764
T2	24	13,400	14,174
T2	25	14,223	13,752
T2	26	14,388	14,147
T2	27	14,763	14,070
T3	1	12,416	15,698
T3	2	14,314	16,920
T3	3	14,503	17,083
T3	4	14,311	13,749
T3	5	12,274	14,251
T3	6	13,006	15,218
T3	7	12,824	16,045
T3	8	15,035	17,045
T3	9	12,102	15,202
T3	10	14,324	17,476
T3	11	14,990	15,757
T3	12	14,090	16,855
T3	13	14,346	14,289
T3	14	14,267	15,594
T3	15	13,037	12,229
T3	16	13,247	14,870
T3	17	14,012	14,502
T3	18	12,979	14,118
T3	19	13,776	13,983
T3	20	15,439	15,646
T3	21	14,751	15,803
T3	22	13,475	13,784
T3	23	14,312	15,113
T3	24	15,188	14,720
T3	25	15,806	16,698
T3	26	12,351	13,359
T3	27	16,652	14,713

**Anexo 7.** Resultados estadísticos del pH de los tratamientos aplicados al cultivo de cacao EETP 800.

<b>DDT</b>	<b>Tratamiento</b>			<b>EEM</b>	<b>p-valor</b>
	<b>0%</b>	<b>100%</b>	<b>200%</b>		
0	5,2925	5,1525	5,22	0,07968	0,4663
22	5,3875	4,8075	5,3	0,1677	0,0370
43	5,3175	4,97	4,9275	0,0978	0,0116
64	5,3475	4,78	4,7975	0,1251	0,0024
85	5,5775	5,3	5,16	0,1024	0,0177
106	5,2925	5,265	4,985	0,1006	0,0645
127	5,605	5,0075	5,11	0,1182	0,0014
148	5,45	4,935	4,88	0,09416	<.0001

## Anexo 8: Análisis de suelo

MC-LASPA-2201-01

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

### INFORME DE ENSAYO No: 21-0234

<b>NOMBRE DEL CLIENTE:</b>	Jimenez Jimenez Elias Joel	<b>FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA:</b>	31/03/2021
<b>PETICIONARIO:</b>	Jimenez Jimenez Elias Joel	<b>HORA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA:</b>	12:45
<b>EMPRESA/INSTITUCIÓN:</b>	Jimenez Jimenez Elias Joel	<b>FECHA DE ANÁLISIS:</b>	05/04/2021
<b>DIRECCIÓN:</b>	Esteban Godoy Loja	<b>FECHA DE EMISIÓN:</b>	09/04/2021
		<b>ANÁLISIS SOLICITADO:</b>	CIC

Nº muestra	K	Ca	Mg	Na	Suma de bases	Saturación de bases	CIC	Identificación de la muestra
	meq/100 g suelo	meq/100 g suelo	meq/100 g suelo	meq/100 g suelo	meq/100 g suelo	(%)	meq/100 g suelo	
21-0903	0,37	6,1	1,16	0,04	7,7	76,7	10,0	Elias Lote 1

### RESPONSABLES DEL INFORME



Firmado electrónicamente por:  
**JOSE ALONSO**  
**LUCERO**  
**MALATAY**

LABORATORISTA



Firmado electrónicamente por:  
**IVAN RODRIGO**  
**SAMANIEGO**  
**MAIGUA**

RESPONSABLE DEL LABORATORIO

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.

Los resultados arriba indicados solo están relacionados con el objeto de ensayo

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

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

**INFORME DE ENSAYO No: 21-0234**

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

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

Análisis	PH	N	P	S	B	K	Ca	Mg	Zn	Cu	Fe	Mn	Ca/Mg	Mg/K	Ca+Mg/K	Σ Bases	MO	CO.	Textura (%)			IDENTIFICACIÓN																
		ppm	ppm	ppm	ppm	meq/100g	meq/100g	meq/100g	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	meq/100g	%	%	Arena	Limo	Arcilla		Clase Textural															
21-0903	5,42	Ac	198	A	13	M	10	B	0,15	B	0,35	M	5,99	A	1,07	A	3,2	M	5,5	A	456	A	58,0	M	5,60	3,03	19,98	7,41	7,7	A				37	34	29	FRANCO ARCILLOSO	Elias Lote 1

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

**OBSERVACIONES:**

\* Ensayos no solicitados por el cliente

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

INTERPRETACION		
pH	Elemento	
Ac = Acido	N = Neutro	B = Bajo
LAc = Liger. Acido	LAI = Lige. Alcalino	M = Medio
PN = Prac. Neutro	AI = Alcalino	A = Alto
RC = Requieren Cal	T = Tóxico (Boro)	

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

METODOLOGIA USADA	
C.E. =	Pasta Saturada
M.O. =	Dicromato de Potasio
AIH =	Titulación NaOH

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


 Firmado electrónicamente por:  
**JOSE ALONSO LUCERO MALATAY**

**LABORATORISTA**


 Firmado electrónicamente por:  
**IVAN RODRIGO SAMANIEGO MAIGUA**

**RESPONSABLE DE LABORATORIO**

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

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

\* Opiniones de interpretación ,etc,que se indican en este informe constituye una guía para el cliente.

**Anexo 9:** Certificado de traducción del Resumen.

**CERTIFICACIÓN**

En calidad de traductor del resumen de la Tesis titulada **Evaluación de tres niveles de fertilización y su influencia en el crecimiento vegetativo en Cacao (*Theobroma cacao* L.) clon EETP 800, en La Estación Experimental El Pادمي, Zamora Chinchipe**, de autoría de la señorita egresada de la carrera de Ingeniería Agronómica de la Universidad Nacional de Loja, **MARIANA LETICIA VALDEZ PAUCAR** con C.I. 1105538522, autorizo su publicación y difusión dentro de la tesis.

Loja, 09 de octubre de 2022

**Atentamente:**



-----  
**Lic. Sara Patricia Chanta Jiménez, Mgs**

**1105366841**