



Universidad  
Nacional  
de Loja

**Universidad Nacional de Loja**

**Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables**

**Carrera de Agronomía**

**Estrategia de eficiencia de la nutrición en cacao (*Theobroma cacao* L.) clon EETP-800, 801 y CCN51 en la provincia de Zamora Chinchipe, sector “El Pادمي”.**

Trabajo de Integración Curricular  
previo a la obtención del título de  
Ingeniera Agrónoma

**AUTORA:**

Claudia Liliana Auquilla Yangua

**DIRECTORA:**

Ing. Mirian Irene Capa Morocho PhD

**Loja – Ecuador**

**2022**

## Certificación



**UNIVERSIDAD  
NACIONAL DE LOJA**

**Carrera de Agronomía**

Loja, 15 de agosto 2022

Dra. Mirian Irene Capa Morocho PhD

**DIRECTORA DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

### **Certifico:**

Que he revisado y orientado todo el proceso de la elaboración del trabajo de Integración Curricular denominado: **Estrategias de eficiencia de la nutrición en cacao (*Theobroma cacao* L.) clon EETP-800, 801 y CCN51 en la Provincia de Zamora Chinchipe, sector “El Pادمي”** de autoría de la estudiante **Claudia Liliana Auquilla Yangua**, con cédula de identidad Nro, 1150800272 previa a la obtención del título de Ingeniera Agrónoma, una vez que el trabajo cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Nacional de Loja, apruebo y autorizo su presentación para los trámites de titulación.

**PhD. Mirian Irene Capa Morocho**  
**Directora de trabajo de integración curricular**

## **Autoría**

Yo, **Claudia Liliana Auquilla Yangua**, declaro ser autora del presente trabajo de integración curricular y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos, de posibles reclamos y acciones legales, por el contenido del mismo. Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja la publicación de mi Trabajo de Integración Curricular, en el Repositorio Digital Institucional-Biblioteca Virtual.

**Firma:** 

**Cédula de identidad:** 1150800272

**Fecha:** 11 de noviembre del 2022

**Correo electrónico:** [claudia.auquilla@unl.edu.ec](mailto:claudia.auquilla@unl.edu.ec)

**Teléfono:** 0994514860

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

Yo **Claudia Liliana Auquilla Yangua**, declaro ser autora del Trabajo de Integración Curricular denominado: **Estrategia de eficiencia de la nutrición en cacao (*Theobroma cacao* L.) clon EETP-800, 801 y CCN51 en la provincia de Zamora Chinchipe, sector “El Padmi”**, como requisito para optar por el título de **Ingeniera Agrónoma** autorizo al sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que, con fines académicos, muestre la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido en el Repositorio Institucional.

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

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

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

**Firma:** 

**Autora:** Claudia Liliana Auquilla Yangua

**Cédula:** 1150800272

**Dirección:** Catamayo, Barrio Isabel Arias, Calles Ecuador y Vélez

**Correo electrónico:** [claudiaauquilla85@gmail.com](mailto:claudiaauquilla85@gmail.com)

**Teléfono:** 099 451 4860

**DATOS COMPLEMENTARIOS:**

**Directora del Trabajo de Integración Curricular**

Ing. Mirian Irene Capa Morocho PhD.

## **Dedicatoria**

Primeramente, dedico este trabajo de tesis a Dios, que me ha dado las fuerzas y sabiduría para continuar y alcanzar cada meta planteada.

A mis padres, por su apoyo incondicional que hicieron posible el desarrollo de formación profesional, que con sus consejos me guiaron y ayudaron al logro de mis metas.

Así mismo a mi familia, pareja y personas que forman parte de mi vida que han estado conmigo, por su paciencia y comprensión y que han llegado a formar parte importante no de este logro.

***Claudia Liliana Auquilla Yangua***

## **Agradecimiento**

Primeramente, quiero agradecer a Dios y a la Virgen por permitirme culminar esta etapa muy importante en mi vida, pero sobre todo por guiarme y darme la fuerza para alcanzar esta meta.

Mis agradecimientos sinceros a mis padres y familiares por aportar en mi formación profesional, por formar parte de mi crecimiento personal a través de sus ejemplares y nobles enseñanzas.

A los docentes que compartieron conmigo todos sus conocimientos y experiencias influyendo de gran manera la mayor parte de los conocimientos aquí compartidos.

A mi directora de tesis Dra. Mirian Capa por guiarme en cada inquietud que se presentó durante el proceso de elaboración del trabajo de titulación.

*Claudia Liliana Auquilla Yangua*

## Índice de contenidos

<b>Portada</b> .....	i
<b>Certificación</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.....	3
<b>3. Introducción</b> .....	4
<b>4. Marco teórico</b> .....	6
4.1 Generalidades.....	6
4.2 Origen.....	6
4.3 Taxonomía del cacao.....	6
4.4 Cultivares de cacao.....	6
4.4.1 Criollo.....	6
4.4.2 Forastero.....	7
4.4.3 Trinitario.....	7
4.4.4 Nacional.....	7
4.5 Clones.....	8
4.5.1 Clon CCN-51.....	8
4.5.2 Clon INIAP EETP-800.....	8
4.5.3 Clon INIAP EETP-801.....	9
4.6 Requerimientos nutricionales y fertilización del cacao.....	9
4.7 Estudios de nutrición en cacao.....	10
4.8 Estimulante.....	10
4.9 Bioestimulante.....	10
4.10 Clasificación.....	11
4.10.1 Ácidos húmicos y fúlvicos.....	11
4.10.2 Extractos de algas y de plantas.....	12

4.10.3	Aminoácidos y mezclas de péptidos. ....	12
4.10.4	Quitosan y otros biopolímeros.....	13
4.10.5	Compuestos inorgánicos .....	13
<b>5.</b>	<b>Metodología.</b> .....	<b>14</b>
5.1	Área de estudio .....	14
5.2	Establecimiento y manejo del ensayo.....	14
5.3	Diseño experimental .....	15
5.4	Metodología para el primer objetivo. ....	18
5.4.1	Número de mazorcas por árbol. ....	18
5.4.2	Longitud y ancho de mazorca .....	18
5.4.3	Peso final del fruto .....	18
5.4.4	Peso y número de almendras frescas por mazorca .....	18
5.4.5	Diámetro del tallo.....	18
5.4.6	Área de sección transversal del tronco ASTT .....	18
5.4.7	Análisis bromatológicos.....	19
5.4.8	Producción.....	19
5.4.9	Rendimiento .....	19
5.5	Metodología para el segundo objetivo. ....	19
5.5.1	Diámetro de copa .....	19
5.5.2	Índice de área foliar IAF. ....	19
5.5.3	Concentración de clorofila. ....	20
5.5.4	Densidad estomática.....	20
5.5.5	pH y Conductividad Eléctrica (CE) del suelo .....	20
5.6	Análisis estadístico .....	21
<b>6.</b>	<b>Resultados.</b> .....	<b>22</b>
<b>7.</b>	<b>Discusión.</b> .....	<b>33</b>
<b>8.</b>	<b>Conclusiones.</b> .....	<b>37</b>
<b>9.</b>	<b>Recomendaciones.</b> .....	<b>38</b>
<b>10.</b>	<b>Bibliografía.</b> .....	<b>39</b>
<b>11.</b>	<b>Anexos.</b> .....	<b>47</b>



## Índice de tablas

Tabla 1. Análisis de suelo de El Padmi, Zamora Chinchipe, 2022 antes de la aplicación de los bioestimulantes .....	15
Tabla 2. Descripción de las dosis aplicadas en distintos tratamientos en el ensayo ..	16
Tabla 3. Delineamiento del ensayo experimental .....	16
Tabla 4. Características de la mazorca de cacao genotipo EETP800, EETP801 y CCN51 en madurez fisiológica.....	24
Tabla 5. Características bromatológicas de la almendra de cacao del genotipo EETP800, 801 y CCN51 .....	26
Tabla 6. Diámetro de copa final en los nueve tratamientos del genotipo EETP800, 801 y CCN51 .....	28
Tabla 7. Valores promedio del área foliar de la planta e IAF (índice de área foliar) de la planta de cacao, evaluadas a los 84 días después de aplicar los tratamientos. ....	29
Tabla 8. Concentración de clorofila en hojas de cacao en diferentes genotipos (EETP800, 801 y CCN51), bajo 3 niveles de bioestimulante ácido húmico (AH), extracto de alga (EA) y testigo (T). ....	29
Tabla 9. Niveles de la densidad estomática en hojas de cacao en diferentes genotipos (EETP800, 801 y CCN51), bajo 3 niveles de bioestimulante ácido húmico (AH), extracto de alga (EA) y testigo (T). ....	30

## Índice de figuras

Figura 1. Localización del lugar de la investigación (Montaño, 2021).....	14
Figura 2. Esquema del diseño experimental en campo de cacao ( <i>Theobroma cacao</i> L). Diseño en bloques completamente azar (DBCA), con arreglo bifactorial. ....	17
Figura 3. Número de mazorcas de cacao por planta de los genotipos EETP800, EETP801 y CCN51, con cada tratamiento ácido húmico (AH), extracto de alga (EA) y testigo (T).....	22
Figura 4. Longitud de la mazorca de cacao de los genotipos CCN51, EETP800 y EETP801 con la aplicación de ácido húmico (AH), extracto de alga (EA) y testigo (T).....	23
Figura 5. Ancho de la mazorca de cacao de los genotipos CCN51, EETP800 y EETP801 con cada tratamiento ácido húmico (AH), extracto de alga (EA) y testigo (T).....	24
Figura 6. Diámetro del tallo de la interacción de genotipo y bioestimulante en plantas de cacao genotipo CCN51, EETP800 y EETP801 con aplicación de bioestimulante. ...	25
Figura 7. Expresión del crecimiento del ASTT de la interacción del genotipo y bioestimulante en plantas de cacao genotipo CCN51, EETP800 y EETP801. ....	26
Figura 8. Estimación de la producción de caca de los genotipos EETP800, EETP801 y CCN51.....	27
Figura 9. Estimación del rendimiento de <i>Theobroma cacao</i> L. de la interacción de genotipo y bioestimulante.....	28
Figura 10. Dinámica del pH en el suelo en la interacción de genotipo (EETP800, 801 y CCN51) y bioestimulante ácido húmico (AH), extracto de alga (EA) y testigo (T)...	31
Figura 11. Dinámica de la conductividad eléctrica en suelo en la interacción de genotipo (EETP800, 801 y CCN51) y bioestimulante ácido húmico (AH), extracto de alga (EA) y testigo (T).....	32
Figura 12. Aplicación de bioestimulante en plantas de cacao .....	49
Figura 13. Cosecha y etiquetado de mazorcas de cacao EETP800, EETP801 y CCN51.....	50
Figura 14. Peso de almendras secas .....	50
Figura 15. Toma de datos de pH y conductividad eléctrica.....	51
Figura 16. Visualización de estomas .....	51

## **Índice de anexos**

Anexo 1. Cálculo para aplicar el bioestimulante .....	47
Anexo 2. Datos del número de frutos y rendimiento.....	48
Anexo 3. Datos del número de producción .....	48
Anexo 4. Análisis del suelo .....	49
Anexo 5. Evidencias fotográficas.....	51
Anexo 6. Certificado de la traducción de inglés.....	52

**1. Título.**

**Estrategias de eficiencia de la nutrición en cacao (*Theobroma cacao* L.) clon EETP-800, 801 y CCN51 en la provincia de Zamora Chinchipe, sector “El Padmi”.**

## 2. Resumen.

Ecuador es uno de los mayores productores de cacao, sin embargo, se ha visto afectado por el bajo rendimiento en comparación con otros países de Latinoamérica, siendo un reto y una necesidad mejorar su desarrollo y producción mediante estrategias de nutrición con la aplicación de bioestimulantes al cultivo durante su desarrollo. El objetivo de la presente investigación fue evaluar el efecto de estrategias de nutrición sobre la producción y rendimiento de cacao (*Theobroma cacao* L.) con los clones EETP800, EETP801 y CCN51. Para tal efecto, el estudio se llevó a cabo en la Estación Experimental “El Padmi” de la Universidad Nacional de Loja, utilizando plantas de aproximadamente 2 años de edad, con una densidad de plantación de 3,5 m x 4 m, bajo un diseño en bloques completamente al azar, con nueve tratamientos y cuatro repeticiones. Se utilizó como bioestimulante ácidos húmicos y extracto de algas en una dosis de 21 ml/planta y 1,4 ml/planta, respectivamente, aplicados a los 3 clones, además se usó un testigo sin la aplicación de bioestimulante. Las variables a evaluar fueron; número de mazorca por árbol, longitud y ancho de mazorca, diámetro y área de la sección transversal del tronco, características bromatológicas de la almendra, producción, rendimiento, índice de área foliar, conductancia estomática, clorofila, pH y conductividad eléctrica del suelo. El efecto de los tratamientos sobre las variables dependientes se evaluó mediante ANOVA y test de Tukey ( $p=0,05$ ). Los resultados mostraron que no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos en variables de longitud, ancho y peso de mazorca, número y peso de almendras, producción, diámetro de copa, IAF, clorofila y en la densidad estomática. Sin embargo, se produjo un efecto de la interacción del genotipo y bioestimulante en el rendimiento, donde el genotipo EETP801 con aplicación de ácido húmico obtuvo 886,43 kg/ha. En lo que respecta al contenido de grasa el CCN51 obtuvo 37,65 % a diferencia del resto. La aplicación de ácidos húmicos generó una mayor producción, pero se observó un efecto moderadamente ácido sobre el pH del suelo, factor a considerar y analizar en el caso de aplicaciones continuas.

**Palabras clave:** *Theobroma cacao* L, nutrición, rendimiento, bioestimulantes, ácido húmico, extracto de algas.

## 2.1 Abstract

Despite being one of the world's largest cocoa producers, Ecuador suffers from low yields in comparison to other Latin American countries. In order to improve the crop's development and production, nutritional strategies are needed, including the use of biostimulants. This research aimed to evaluate the effect of nutrition strategies on the production and yield of cocoa (*Theobroma cacao* L.) clone EETP800, EETP801 and CCN51. To accomplish this purpose, a study was carried out at the experimental station "El Padmi" of the National University of Loja, using plants of approximately 2 years of age, with a planting density of 3.5 m x 4 m, under a completely randomized block design, with nine treatments and four replications. Humic substances and algae extract were used as biostimulants at a dose of 21 ml/plant and 1.4 ml/plant, respectively, applied to the three clones, and a control without the application of biostimulant was also used. The variables evaluated were: number of ears per tree, ear length and width, diameter and cross-sectional area of the trunk, bromatological characteristics of the kernel, production, yield, leaf area index (LAI), stomatal conductance, chlorophyll, pH and electrical conductivity of the soil. The results showed that no significant differences were found between the treatments in length, cob width and weight, number and weight of kernels, yield, crown diameter, LAI and stomatal density; yet, there was an effect of genotype and biostimulant interaction on the yield, where the EETP801 genotype with the application of humic acid obtained 886.43 kg/ha. Regarding the fat content, CCN51 obtained 37.65%, unlike the rest. The application of humic acids generated a higher yield, but a moderately acid effect on soil pH was observed, a factor to consider and analyze in the case of continuous applications.

**Key words:** *Theobroma cacao* L, nutrition, yield, biostimulants, humic acid, algae extract.

### 3. Introducción.

El cacao (*Theobroma cacao* L.) pertenece a la familia Malvaceae, subfamilia Sterculioideae (Bhattacharjee, 2018), es domesticada en Mesoamérica, aunque tiene su origen en los trópicos húmedos de América del Sur, en la Amazonía alta de Brasil, Colombia y Ecuador, y se establece en regiones cálidas y húmedas (Arvelo *et al.* 2017).

La Organización Internacional de Cacao (ICCO, 2018) revela que a nivel mundial se producen alrededor de 3,5 millones de toneladas de cacao. Ecuador es un país potencial para la producción cacaotera, aunque apenas aporta con el 3 % de la oferta mundial, siendo los principales países productores de cacao Costa de Marfil, Ghana e Indonesia.

No obstante, Ecuador es el líder mundial en la producción y exportación de cacao fino o de aroma, con el 61 % del total mundial. Las provincias que tienen mayor producción cacaotera, son Guayas, Los Ríos, Manabí, Esmeraldas y Zamora Chinchipe. Sin embargo, y pese a la gran relevancia que tiene el cultivo, múltiples son los problemas que afectan al sector cacaotero, por lo que no se ha logrado obtener los rendimientos que se esperan de dicho cultivo, ya que se ve afectado por las enfermedades, los bajos niveles de fertilidad del suelo y falta de manejo agronómico (MAG, 2018; Cherres *et al.* 2020; Espinoza, 2020).

Según Leiva (2012), la práctica de fertilización, principalmente nitrogenada y fosfatada, debe ser evaluada integralmente, considerando no solo el rendimiento del cultivo y la disponibilidad de nutrimentos en el suelo, sino también la composición y comportamiento de la biota, a fin de no inhibir estos procesos biológicos ni estimular la dependencia de insumos externos en estos sistemas. En este último caso existe una respuesta substancial en rendimiento a la aplicación de fertilizantes, factor que se puede determinar de acuerdo a un análisis de suelo y a la extracción nutricional de la planta (García *et al.* 2014).

El rendimiento y producción del cultivo es primordial para obtener más ingresos económicos, por esto la fertilización es el primordial procedimiento para el crecimiento exponencial de la producción en los cultivos de cacao, por tratarse de plantas sensibles a la disponibilidad de agua y nutrientes. Se necesita desarrollar novedosas técnicas de producción masiva con la utilización de fertilizantes orgánicos, que permitan una producción óptima con estándares de calidad elevados (Solárzano, 2017).

Es por eso que es de vital importancia la aplicación de estrategias que de respuestas reales a las necesidades de los cacaoteros permitiendo que el cultivo tradicional en un tiempo

incremente la producción y productividad. Parte de esa estrategia que ayude a enmendar la problemática cacaotera se requiere probar bioestimulantes orgánicos. Los bioestimulantes son sustancias usadas en la fertilización foliar complementaria, son ricos en energía libre gracias a la abundante cantidad de nitrógeno amoniacal, hormonas, vitaminas y aminoácidos que poseen. Estas sustancias mejoran las funciones de captación, asimilación y eficiencia de los nutrientes, regulan el metabolismo vegetal e impiden el desarrollo de enfermedades y el ataque de plagas, lo que les convierte en un buen complemento a la fertilización aplicada al suelo (Restrepo, 2001; Núñez, 2016).

Además, los fertilizantes orgánicos contribuyen a mejorar la fertilidad del suelo, por lo cual es una buena alternativa para ayudar en las propiedades fisicoquímicas, asimismo favorece a la retención de nutrientes del suelo, lo que es sustentado por Toalambo (2013). Por lo tanto, es de suma importancia implementar estas técnicas de nutrición enfocadas al uso eficiente de los recursos que tiende hacia una agricultura orgánica sostenible, especialmente siguiendo la tendencia en el mercado por consumir cacao orgánico.

El presente estudio está enfocado en buscar la mejor estrategia de nutrición mediante extracto de alga y ácidos húmicos, que permitan incrementar significativamente el rendimiento del clon de cacao EETP-800, 801 y CCN51, en comparación a las fertilizaciones completas. A fin de cumplir el propósito de la presente investigación, se plantearon los siguientes objetivos:

### **Objetivo General**

Evaluar el efecto de estrategias de nutrición sobre la producción y rendimiento de cacao (*Theobroma cacao* L.) clon EETP-800, 801 y CCN51 en la provincia de Zamora Chinchipe, sector “El Padmi”.

### **Objetivos Específicos**

- Determinar el efecto que pueden ejercer diferentes estrategias de nutrición sobre la fase inicial de producción en cultivo de cacao.
- Analizar el resultado de estrategias de nutrición sobre variables fisiológicas y de propiedades del suelo.



## **4. Marco teórico.**

### **4.1 Generalidades**

El cacao (*Theobroma cacao* L.) es una especie del género *Theobroma* de la familia Malvaceae y subfamilia Sterculioideae, comprende 22 especies en seis secciones. Está extensamente extendido en África, Asia, Oceanía y América en plantaciones destinadas a crear en esencia sus granos o almendras y que son usadas primordialmente para la producción de chocolates y grasas por industrias alimentarias o cosmetológicas (Arvelo *et al.* 2017).

### **4.2 Origen**

Se ha sostenido que el sitio de origen de la domesticación del cacao se encontraba en Mesoamérica entre México, Guatemala y Honduras ANECACAO (2021). Según Montaña (2021), el cultivo del cacao se inició en México y América Central, muy probable su origen sea en la cuenca alta del río Amazonas que comprende países como Colombia, Ecuador, Perú, Bolivia y Brasil, en estas regiones es donde se presenta la mayor diversidad de la especie.

### **4.3 Taxonomía del cacao**

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliópsida

Sub-clase: Dilleniidae

Orden: Malvales

Familia: Malvaceae

Género: *Theobroma*.

Especie: *Theobroma cacao* L. (Bhattacharjee, 2018).

### **4.4 Cultivares de cacao**

#### **4.4.1 Criollo**

Se cree que el cacao criollo fue domesticado por los mayas en diferentes zonas y regiones de América, esta variedad de cacao es más delicada y de poca productividad, susceptible

a las plagas, enfermedades y estrés, por lo cual la gran mayoría de estos árboles han sido remplazados por más vigorosos como el forastero. Entre las características notables está el hábito de crecimiento que con frecuencia carece del verticilo habitual de cinco ramas, las frutas tienen una cáscara suave y delgada con una superficie texturizada y generalmente tienen algún grado de color rojo o pigmentación. El chocolate elaborado es de color claro y tiene un sutil o delicado sabor que es bajo en sabor a chocolate básico. Cabe señalar que en muchos países puede no tener el perfil genético típico del Criollo puro (Bhattacharjee, 2018).

#### **4.4.2 Forastero**

Es originario de la región amazónica y se cultiva principalmente en África occidental y en el sudeste asiático, es el más utilizado debido a su mayor rendimiento que la variedad Criolla. Tiene una alta variabilidad genética, los frutos y granos son más vigorosos y menos susceptibles a plagas y enfermedades (Bhattacharjee, 2018).

Sobre esta clase de cacao descansa la enorme diversidad biológica de la especie basado en la población silvestre; no obstante, se ha definido que la base genética poblacional cultivada es limitada, puesto que es dependiente en elevado porcentaje del subtipo forastero amelonado (Arvelo *et al.* 2017).

#### **4.4.3 Trinitario**

Genotipo que resultó del cruce espontáneo del cacao criollo y el forastero que se originaron en el bajo Amazonas. De esta cruce heterogénea se tiene como resultado una diversidad de formas intermedias de mazorcasal igual que su coloración rojiza. Son más resistentes a enfermedades, y se adaptan a diversas condiciones ambientales. El Trinitario combina las mejores características de las dos principales variedades: la rusticidad y alto rendimiento de Forastero y el gusto refinado de Criollo (Bhattacharjee, 2018; Godoy, 2021).

#### **4.4.4 Nacional**

Se originó en la zona amazónica del Ecuador. Tiene características distintivas de aroma y sabor, es menos cultivado contribuyendo solo el 5 % de la producción mundial de cacao, no obstante, representa más del 50 % del cacao fino comercializado. Las variedades de cacao Nacional son escasas y existe una creciente demanda de cacao fino de aroma, aunque Ecuador aún representa el 6,8 % de la oferta de cacao con sabor 'arriba' en el mercado mundial (Bhattacharjee, 2018).

## **4.5 Clones**

Corresponden a plantas que muestran elementos hereditarios idénticos, ya que se derivan de una planta madre escogida. Se identifican con caracteres provenientes de su investigación, como es la situación del CCN 51 (Colección Castro Naranjal), material que cubre una sección de las plantaciones de la Amazonía, sus mazorcas son rojizas-moradas en estado tierno, y una vez que maduran son de color rojizo-anaranjado (Godoy, 2021).

### **4.5.1 Clon CCN-51.**

Clon que fue obtenido de la hibridación de los clones ICS - 95 x IMC – 67, más un segundo cruce con un cacao del Oriente ecuatoriano denominado “Canelos”. Se destaca por su alta productividad, calidad y resistencia a plagas y enfermedades (Jaimez *et al.* 2022).

Este clon es bastante diferenciado del Cacao Nacional en todo instante, a partir de su producción hasta su exportación, hay territorios que buscan del Ecuador para suministrarse de Cacaos Aromáticos y con notas de diferentes sabores, simultáneamente mercados que buscan de cacaos de no tan alta calidad para la preparación de chocolates.

La relación existente en la participación del Clon y el Cacao Nacional Fino en las exportaciones ecuatorianas hasta al momento es de: 72 % Cacao CCN-51 y 28 % Cacao Nacional (ANECACAO, 2021).

### **4.5.2 Clon INIAP EETP-800.**

Se caracteriza por su precocidad (14 meses) y alto rendimiento, aportando al crecimiento productivo y a la oferta exportable de cacao fino y de aroma (Loor *et al.* 2018).

Hasta la fecha existen pocos estudios en cuanto a adaptación, nutrición y manejos en mencionado genotipo, sin embargo, pruebas experimentales realizadas por el INIAP en diferentes zonas productoras de cacao demostraron que el clon EETP 800 presenta un alto grado de adaptación en la parte media y alta de la cuenca del río Babahoyo, noroccidente de Pichincha y norte de Guayas, hasta una altura máxima de 600 msnm, zonas donde el potencial genético del mencionado clon expresa su mejor comportamiento comercial (Montaño, 2021).

Las principales propiedades de este clon son: incremento semi-erecto, floración en el primer y tercer trimestre del año, mazorca inmadura color verde y amarilla en su madurez

fisiológica, autocompatible, índice de mazorca de 18, promedio de 46 semillas por mazorca e índice de semilla de 1,40 (Gutierrez *et al.* 2020).

#### **4.5.3 Clon INIAP EETP-801.**

Se lo obtuvo mediante el cruce de clones de origen nacional y el clon CCN 51; material que se destaca por presentar características de altos niveles de rendimiento productivo (2,4 a 3 t/ha/año de cacao seco) y de calidad, resistencia a plagas y enfermedades como la escoba de bruja (*Monillioptera pernicioso*), monilla (*Mollioptera roreri*) y mal de machete (*Ceratocystis fimbriata*)

Este clon es 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 (Loor *et al.* 2018).

#### **4.6 Requerimientos nutricionales y fertilización del cacao**

La aplicación de fertilizantes en el cultivo de cacao debe efectuarse con base en resultados de un análisis de suelo o análisis foliar. Los suelos minerales contienen entre 90 y 99% de materia mineral y 1 a 10% de materia orgánica, como fuentes principales de nutrientes. Sin embargo, las fuentes se debilitan con el pasar del tiempo, debilitamiento que es dependiente del tipo de suelo y la magnitud de su uso por la agricultura (Herrera, 2018).

El pH del suelo juega un rol importante en la Amazonía, zona de origen del cacao, donde predominan suelos ácidos (4,0–6,0), mismos que limitan la disponibilidad y absorción de N, K, Ca, Mg y P por parte de la planta. En una investigación donde se encaló el suelo para elevar el pH aplicando 7 ton ha<sup>-1</sup> Mg de Ca Mg (CO<sub>3</sub>) + Ca CO<sub>3</sub>, en dos meses se logró cambiar el pH de 4,36 a 6,0, provocando un incremento de la disponibilidad de Ca, Mg, P y Zn, y una disminución de los elementos Al, Fe y Mn en el suelo (Rosas *et al.* 2017).

En cacao se han obtenido mayores rendimientos con la aplicación de diferentes dosis de NPK, estas investigaciones se han realizado con híbridos y clones, en diferentes suelos y condiciones climáticas, más no es evidente la forma en la cual se monitorea la respuesta del cultivo en función del estado nutricional del mismo (Herrera, 2019).

#### **4.7 Estudios de nutrición en cacao**

Las investigaciones sobre el cultivo de cacao se desarrollaron hace más de 40 años, estableciendo balances nutricionales en diferentes sistemas de producción y fertilizaciones a corto plazo dentro de parcelas experimentales. No obstante, todavía falta investigar sobre fisiología del árbol, efectos de prácticas culturales en el rendimiento, respuesta de fertilizantes, métodos para determinar carencias nutricionales y recomendaciones sobre fertilizantes (van Vliet & Giller, 2017).

En un proyecto realizado por Nelson *et al.* (2011), desarrollaron cuestiones enfocadas a la nutrición en la producción de cacao, y a su vez formularon recomendaciones para incrementar la producción en zonas con suelos ácidos. Dentro del proyecto se vinculó la ciencia junto con los agricultores de cacao de la zona de Papua - Nueva Guinea. En este estudio, muchos de los productores pensaron que la escasa fertilidad del suelo y la falta de aplicación de fertilizantes podían estar limitando la productividad, ya que todos los agricultores que habían utilizado fertilizantes reportaban mejoras en el crecimiento, floración y producción de vainas. Al realizar análisis foliares se encontró que las deficiencias de N y Fe fueron las más comunes, con un 95 % para el N y un 89 % para el Fe. En este estudio la aplicación de fertilizante NPK aumentó las concentraciones K y P en hojas.

#### **4.8 Estimulante**

El estimulante biológico se refiere a cualquier sustancia o microorganismo que pueda mejorar la eficiencia de absorción de nutrientes, la tolerancia al estrés biótico o abiótico, o mejorar alguna de sus características agronómicas luego de ser aplicado a las plantas, independientemente de sus componentes nutricionales (Vera & Zambrano, 2021).

#### **4.9 Bioestimulante**

Existen diversos tipos de formulación de bioestimulantes, unos químicamente bien definidos como los compuestos por aminoácidos, polisacáridos, oligopéptidos y los complejos como los extractos de algas y ácidos húmicos, que contienen los elementos ya indicados, pero en combinaciones y concentraciones diferentes. Además, son compuestos a base de hormonas vegetales, fracciones metabólicamente activas y extractos vegetales conteniendo muchísimas moléculas bioactivas; utilizados

primordialmente para mejorar el rendimiento. Además, hay bioestimulantes cuya estructura se fundamenta en aminoácidos, moléculas formadas de proteínas y enzimas contenidas en las plantas (Navas, 2013).

De acuerdo a ensayos realizados por el INIAP con productos bioestimulantes, aplicados en plantas de cacao, se sabe que dichos productos poseen sustancias relacionadas con el normal funcionamiento de todos los tejidos y órganos de la planta. En sus resultados hubieron efectos benéficos de consistencia y residualidad en distintos meses, debido a que las sustancias que lo componen se almacenan en los puntos de crecimiento, se encuentran en los contenidos celulares de las hojas dándole mayor turgencia a las células, mejorando también las funciones estomáticas de la planta y a medida de las necesidades fisiológicas y de desarrollo de las plantas, estas son utilizadas gradualmente, de esta forma se convierte el cultivo de cacao en un comercio todavía más rentable (Remberto, 2009).

#### **4.10 Clasificación**

##### **4.10.1 Ácidos húmicos y fúlvicos**

Las sustancias húmicas (SH) son constituyentes naturales de la materia orgánica del suelo, resultantes de la descomposición de residuos vegetales, animales y microbianos, pero también de la actividad metabólica de los microbios del suelo que utilizan estos sustratos (Du Jardín, 2015).

Las sustancias húmicas y sus complejos en el suelo son el resultado de la interacción entre la materia orgánica, los microbios y las raíces de las plantas. Cualquier intento de utilizar sustancias húmicas para promover el crecimiento de las plantas y el rendimiento de los cultivos debe optimizar estas interacciones para lograr los resultados esperados. No obstante, el papel de las sustancias húmicas en la interacción con los microorganismos del suelo, su uso en ensayos experimentales, han mostrado resultados inconsistentes. Esto debido a una serie de factores, que comprenden la complejidad de la microbiología del suelo, sin embargo, se ha visto en general, un incremento en el crecimiento en varios estudios (Du Jardín, 2015).

El ácido húmico influye en la fertilidad del suelo por su efecto en el aumento de su capacidad de retener agua. También contribuye de manera significativa al equilibrio y fertilidad del suelo, ocasionando un incremento importante de la planta y de la absorción de nutrientes. Es así que los fertilizantes húmicos activan los procesos bioquímicos en

plantas (respiración, fotosíntesis y el contenido de clorofila) e incrementan la calidad y rendimiento de los cultivos (Yerena, 2014).

El ácido húmico tiene una mayor actividad bioquímica, mientras que el ácido fúlvico tiende a tener una mayor actividad geológica y química. Un equilibrio entre estas dos sustancias húmicas permitirá la máxima utilización por parte de las plantas (Blasco, 2011).

#### **4.10.2 Extractos de algas y de plantas**

El uso de algas marinas frescas como fuente de materia orgánica y como fertilizante es antiguo en la agricultura, pero los efectos bioestimulantes se han registrado recientemente. Esto impulsa el uso comercial de extractos de algas marinas y de compuestos purificados, que incluyen los polisacáridos laminarina, alginatos y carragenanos y sus productos de descomposición (Du Jardín, 2015).

El extracto de algas marinas como bioestimulante es un material natural que promueve el crecimiento, rendimiento y calidad de los cultivos. Además, ayuda a prevenir abortos de floración, mejora la calidad y firmeza de la fruta y promueve el desarrollo de raíces cuando se aplica al suelo. El uso de algas en la agricultura como materia orgánica y fertilizantes tiene una historia muy larga, pero recientemente se han descubierto como bioestimulantes. Esto ha llevado al uso comercial de extractos de algas marinas o compuestos purificados como laminarina, alginato y carragenina (Zermeño *et al.* 2015; Vera & Zambrano, 2021).

Estudios pasados presentan que la aplicación de extractos de algas marinas estimula la actividad de los microorganismos del suelo, que induce una mayor disponibilidad de nutrientes para la planta haciendo más fácil su absorción, disminuyen la compactación, incrementan la aireación y capacidad de retención de agua del suelo. Al incinerar las algas marinas, dejan un residuo de cenizas cinco o seis veces más grande que el que dejan las plantas; consecuentemente, poseen más metabolitos y, por consiguiente, más enzimas, por lo cual al utilizar algas marinas y/o sus derivados en la agricultura, se aporta un complejo enzimático extra al suelo y a la planta (Zermeño *et al.* 2015).

#### **4.10.3 Aminoácidos y mezclas de péptidos.**

Aquellas son obtenidas por hidrólisis química de proteínas de productos agrícolas y productos agrícolas industriales de origen animal (colágeno, tejido epitelial, etc.). Se obtienen 28 por hidrólisis química o enzimática de proteínas de productos agrícolas

(residuos de cultivos) y productos agrícolas industriales de origen animal (colágeno, tejido epitelial, etc.) (Vera & Zambrano, 2021)

#### **4.10.4 Quitosanos y otros biopolímeros**

El quitosano es una forma deacetilada de biopolímero de quitina natural o producida industrialmente. Los polímeros/oligómeros de diferentes tamaños se utilizan comúnmente en alimentos, cosméticos, productos farmacéuticos y, más recientemente, en agricultura (Vera & Zambrano, 2021)

#### **4.10.5 Compuestos inorgánicos**

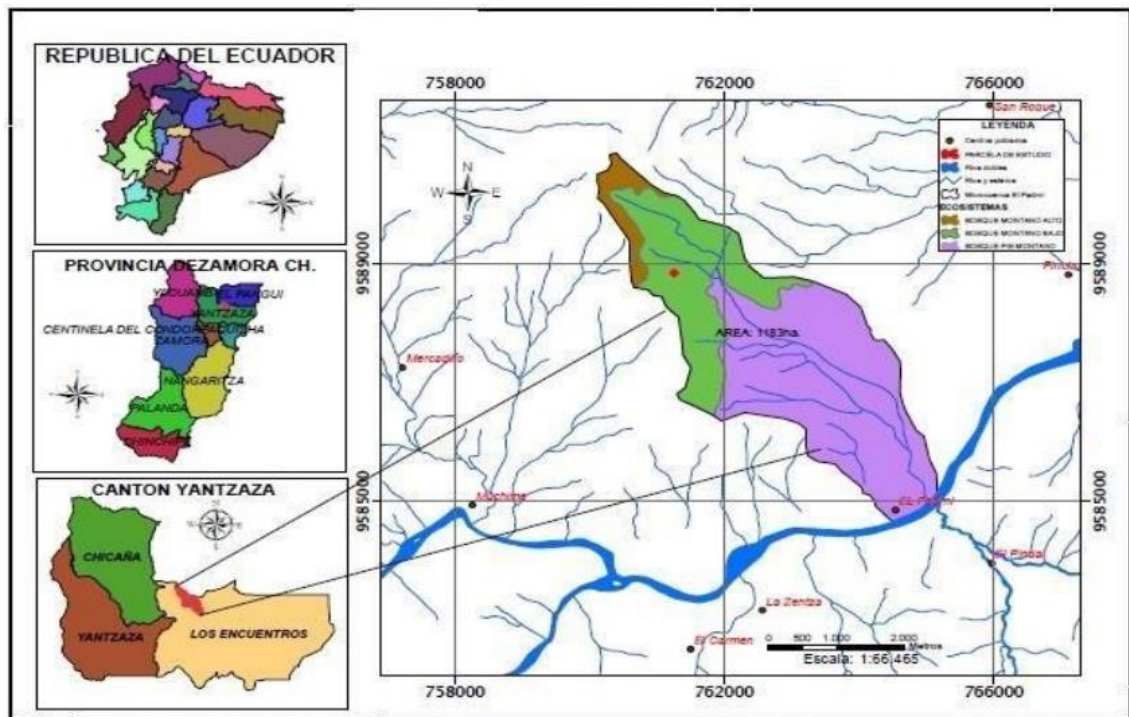
Los elementos químicos que promueven el crecimiento de las plantas y que pueden ser necesarios para algunas especies, pero no para todas, se denominan "elementos beneficiosos". Entre estos elementos, a menudo se consideran el aluminio, el cobalto, el sodio, el selenio y el silicio. Se encuentran en el suelo y las plantas en diversas sales inorgánicas y en forma insoluble. Sus efectos beneficiosos pueden ser básicos, como fortalecer la pared celular al precipitar el silicio o fortalecer la pared celular al expresarlo en determinadas condiciones ambientales (por ejemplo, selenio para combatir el ataque de patógenos) (Vera & Zambrano, 2021).



## 5. Metodología.

### 5.1 Área de estudio

El presente estudio se realizó en la Estación Experimental “El Padmi” de la Universidad Nacional de Loja, ubicada en la parroquia Los Encuentros, cantón Yantzaza, provincia de Zamora Chinchipe, la cual cuenta con un área de 100 ha destinadas para fines de investigación (**Figura 1**). La ubicación geográfica corresponde a 3°51'S y 78°45'O, con una altitud de 820 msnm. Este clima es considerado Af (ecuatorial, cálido y lluvioso todo el año, sin estaciones) según la clasificación climática de Köppen- Geiger. La temperatura media anual es de 22,7 °C, con precipitaciones promedio de 1 959 mm anuales, las cuales se reparten de forma homogénea durante todo el año, siendo agosto el mes más seco, con 132 mm, y el mes más húmedo abril, promediando 212 mm de precipitación (Climate-Data.org, 2022).



**Figura 1.** Localización del lugar de la investigación (Montaño, 2021).

### 5.2 Establecimiento y manejo del ensayo

El experimento se realizó en un cultivo establecido de cacao, en las tres variedades más representativas para la Amazonía y del país: CCN-51, EETP-800 y EETP-801, de aproximadamente 2 años de edad. El cultivo se encuentra a una densidad de 714 plantas/ha, en un marco de plantación de 4 m entre hilera y 3,5 m entre planta.

El cultivo fue sometido previamente a diferentes dosis de nutrición (0%, 100% y 200%), dando como resultado que el suelo presentara contenidos altos de nutrientes (**Tabla 1**). Razón por la cual, en este trabajo se analizaron diferentes bioestimulantes como estrategias de nutrición, que incrementaran la eficiencia de absorción de los nutrientes presentes en el suelo.

**Tabla 1.** *Análisis de suelo de El Padmi, Zamora Chinchipe, 2022 antes de la aplicación de los bioestimulantes*

<b>N</b>	<b>P</b>	<b>S</b>	<b>B</b>	<b>K</b>	<b>Ca</b>	<b>Mg</b>	<b>Zn</b>	<b>Cu</b>	<b>Fe</b>	<b>Mn</b>
ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
138	106	122,6	0,90	0,49	9,06	3,97	8,5	5,3	342	115,8

Para evaluar la eficacia de los tratamientos, las estrategias propuestas fueron comparadas con la evaluación de un testigo al que no se le aplicó ninguna fuente de bioestimulante. La fase de campo se desarrolló en un periodo de 4 meses. Los datos se tomaron cada 21 días en todas las repeticiones simultáneamente con la aplicación de tratamientos en etapa de producción hasta cuando la mazorca alcanzó el 60 % de su tamaño final, con el objetivo de incrementar la eficiencia de absorción.

Para la aplicación de los tratamientos se utilizó ALGA-Q un bioestimulante a base de extracto de algas marinas rico en elementos menores con hormonas de crecimiento natural, aminoácidos y carbohidratos, en dosis de 0,21 ml/planta, este se aplicó en la base de la planta, de igual forma se utilizó BIOENERGÍA® un producto orgánico a base de ácido húmicos, sirve para mejorar la solubilidad de los nutrientes del suelo, en dosis de 1,80 ml/planta.

### **5.3 Diseño experimental**

Se aplicó un Diseño en bloques completamente al azar (DBCA) con arreglo bifactorial (**Figura 2**), donde el primer factor es el clon, y el segundo factor es el bioestimulante. Los clones evaluados fueron CCN-51, EETP-800 y EETP-801 los cuales fueron sometidos a diferentes bioestimulante (ácidos húmicos, extracto de algas y testigo), dando un total de 9 tratamientos como se indica en la **Tabla 2**. Cada tratamiento constó de cuatro repeticiones, contando con un total de 36 unidades experimentales, considerándose 1 árbol de cacao una UE **Tabla 3**.

**Tabla 2.** Descripción de las dosis aplicadas en distintos tratamientos en el ensayo

<b>Número de tratamiento</b>	<b>Clon</b>	<b>Bioestimulante fertilizante</b>
<b>T1</b>	EETP-800	Ácido húmico
<b>T2</b>	EETP-800	Extracto de algas
<b>T3</b>	EETP-800	Testigo
<b>T4</b>	EETP-801	Ácido húmico
<b>T5</b>	EETP-801	Extracto de algas
<b>T6</b>	EETP-801	Testigo
<b>T7</b>	CCN-51	Ácido húmico
<b>T8</b>	CCN-51	Extracto de algas
<b>T9</b>	CCN-51	Testigo

**Tabla 3.** Delineamiento del ensayo experimental

<b>Diseño</b>	<b>Cantidad</b>
<b>Número de tratamientos</b>	9
<b>Número de repeticiones</b>	4
<b>Unidad experimental</b>	1 árbol de cacao
<b>Número de unidades experimentales</b>	36
<b>Factores</b>	1. Clon (EETP800, EETP801, CCN51) 2. Bioestimulante (extracto de algas, ácido húmico y testigo)



**Figura 2.** Esquema del diseño experimental en campo de cacao (*Theobroma cacao* L). Diseño en bloques completamente azar (DBCA), con arreglo bifactorial.

El modelo matemático empleado para este ensayo fue:

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + \beta_j + (AB)_{ij} + B_k + E_{ijk}$$

**Dónde:**

$Y_{ijk}$  = Respuesta de la K-ésima repetición en el i-ésimo nivel del factor A y j-ésimo nivel del factor B

$\mu$  = Media general de las observaciones

$A_i$  = Efecto que produce el i-ésimo nivel del factor A

$\beta_j$  = Efecto que produce el j-ésimo nivel del factor B

$(AB)_{ij}$  = Es el efecto de la interacción entre el nivel i de A con el nivel j de B

$B_k$  = Es el efecto del k-ésimo bloque

$E_{ijk}$  = Es el error asociado a la ijk-ésima observación, que se supone normal independientemente distribuida con esperanza 0 y varianza  $\sigma^2$

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

### **5.4.1 Número de mazorcas por árbol.**

Esta variable se registró al final de la cosecha, en todas las repeticiones, las mazorcas que se encontraban en los estadios 71 (10% del tamaño final del fruto), 75 (50% del tamaño final del fruto) y 81 (cosecha) de la escala BBCH modificada (Bridgemohan *et al.* 2016).

### **5.4.2 Longitud y ancho de mazorca**

Se seleccionaron y etiquetaron 3 frutos de tamaño promedio por unidad experimental, los mismos se midieron en centímetros con una cinta métrica mensualmente desde el estadio 72 (20 % del tamaño final del fruto) hasta el 81 (cosecha).

### **5.4.3 Peso final del fruto**

Los frutos cosechados se empleó una balanza digital para determinar el peso fresco total de cada mazorca en estado de madurez fisiológica.

### **5.4.4 Peso y número de almendras frescas por mazorca**

Las mazorcas se desgranaron y se extrajeron las semillas de forma manual separándolas de la placenta, se pesaron para finalmente realizar el conteo de granos por cada una de las mazorcas.

### **5.4.5 Diámetro del tallo.**

Para esta medición se utilizó un flexómetro, este dato fue tomado cada 21 días a una altura de 10 cm sobre el suelo, se tomó la circunferencia del tallo y se calcula sobre  $\pi$ , este dato será expresado en cm.

### **5.4.6 Área de sección transversal del tronco ASTT**

Se midió el perímetro del tronco a 10 cm desde el suelo con un flexómetro, a partir del cual se calculó el área utilizando la fórmula:  $ASTT = C^2/4\pi$ . Donde, C= circunferencia del tronco (cm) y  $\pi$ = valor pi constante. Esta medición se expresó en  $cm^2$ .

#### **5.4.7 Análisis bromatológicos**

Se analizó en el Laboratorio de Suelos, Agua y Bromatología de la Universidad Nacional de Loja: materia seca parcial, ceniza, grasa cruda y proteína que presentaron las estructuras productivas: en el estadio 72 (20% del tamaño final del fruto) y estadio 76 (60% del tamaño final del fruto), utilizando la escala BBCH modificada (Bridgemohan *et al.* 2016.). Se tomó 1 fruto por repetición y teniendo 4 repeticiones por tratamiento. Primero se procedió a determinar el contenido de humedad y materia seca a 105 °C en una estufa MEMMERT, ceniza por medio de una mufla, en base a las muestras de materia seca se extrajo grasa cruda (extracto etéreo), con el equipo GCA modelo 65500 para determinación de grasas por el método de Soxhlet (1879), este método se basa en el principio de solubilización de grasa con el éter de petróleo como solvente y finalmente se sacó proteína mediante el método Kjadhahl.

#### **5.4.8 Producción**

Este parámetro se calculó multiplicando el peso fresco de la mazorca por el número de mazorcas (kg/planta).

#### **5.4.9 Rendimiento**

Esta variable se calculó mediante el producto del peso del grano seco, el número de granos por fruto y el número de mazorcas por planta, a su vez, esta cantidad se dividió por la densidad de plantas.

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

#### **5.5.1 Diámetro de copa**

Se midió en centímetros la copa de los árboles en cruz de Norte-Sur y Este a Oeste, luego se promediaron los valores tomando la copa del árbol como un círculo y se reemplazó en la fórmula del área de un círculo. Se realizó al final del ensayo.

#### **5.5.2 Índice de área foliar IAF.**

Se seleccionaron 10 hojas de cacao al azar por unidad experimental para obtener una función que estime el área foliar. Para ello se midió la longitud con una cinta métrica.

Este proceso se realizó una sola vez y con estos datos, por medio de regresión, se obtuvo una ecuación para estimar el área foliar a partir del largo de la hoja.

Para determinar el IAF se sumó el AF de todas las hojas de la planta y se dividió para la superficie que ocupa en el suelo (Poblete *et al.* 2015).

$$\text{IAF} = \frac{\text{AF (de la planta)}}{\text{superficie del suelo}}$$

### **5.5.3 Concentración de clorofila.**

La concentración de clorofila fue realizada por medio del aparato Minolta SPAD-502, que evalúa cuantitativamente la intensidad del verde de las hojas, obteniéndose medias de una planta al azar de tres hojas por planta. Esta medición se realizó una vez al final del ensayo.

### **5.5.4 Densidad estomática**

Se tomaron 36 hojas dos por cada tratamiento, esta variable se midió mediante la técnica de la impronta descrito por Barrientos (2003), la cual consistió en utilizar una fina capa de esmalte para uñas transparente en un área pequeña en el envés de la hoja, después que el esmalte se secó, la capa se removió y montó en un portaobjetos. Se tomaron dos muestras de cada hoja, en la región de la parte central entre las venas secundarias. Las muestras se observaron en el microscopio OLYMPUS CX31 con un aumento de 10X y mediante el uso del programa Micro Cam Ver 5.7 se procedió a fotografiar 6 campos por muestra, luego para el conteo de estomas se procedió a marcar en cada fotografía un área de 120 000  $\mu\text{m}^2$ , siendo ésta el área de conteo, el dato final se expresó en número de estomas por  $\text{mm}^2$ .

### **5.5.5 pH y Conductividad Eléctrica (CE) del suelo**

El pH se midió aproximadamente a los 21 días durante la fase de campo, para lo cual se tomó una muestra de suelo de aproximadamente 20 g a 15 cm de profundidad, las muestras fueron etiquetadas a razón de cuatro repeticiones por tratamiento y fueron evaluadas con el equipo JENWAY.

### **Conductividad eléctrica del suelo**

En las muestras colectadas del suelo se realizó el análisis de CE utilizando aproximadamente 100 ml de suelo anteriormente pasado por un tamiz de 2 mm, posteriormente se adicionó agua destilada agitando con una varilla de vidrio. Se dejó reposar la muestra antes de filtrar en un embudo Buchner y finalmente se midió la resistencia eléctrica de la suspensión en las escalas dadas por el equipo EC/TDS Testers.

### **5.6 Análisis estadístico**

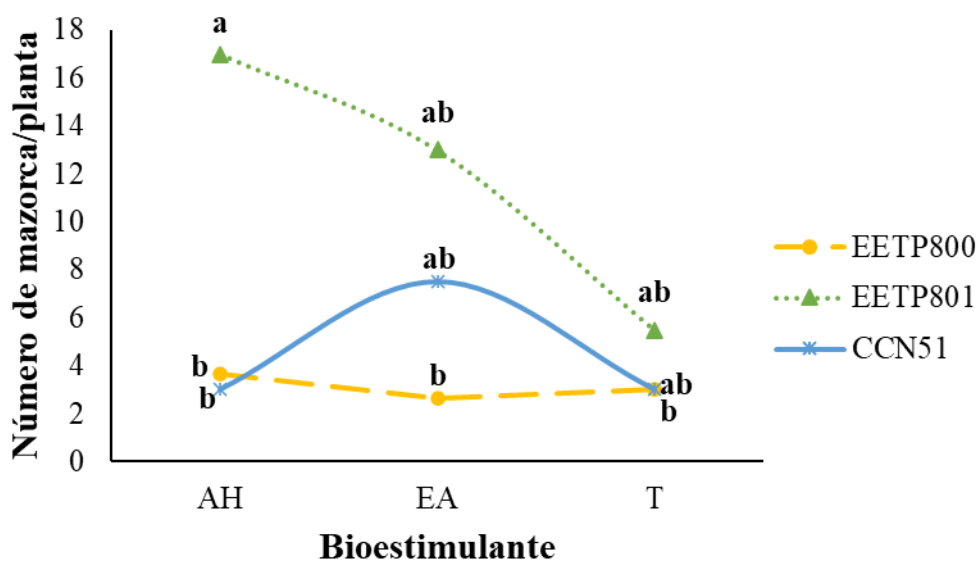
Los datos registrados fueron tabulados en una base de datos de Microsoft Excel, luego para los análisis estadísticos se utilizó el software InfoStat versión 2019. Se realizó un análisis de supuestos para determinar si los datos presentan distribución normal, se realizó análisis de varianza para determinar si existen diferencias significativas entre los tratamientos, además se aplicó una prueba de comparación múltiple mediante el Test de Tukey al 95 % de confianza, para determinar el mejor tratamiento y análisis de correlación de Pearson para todas las variables evaluadas.



## 6. Resultados.

### 6.1 Número de mazorcas por árbol

En la variable número de mazorcas por árbol se encontró un efecto significativo de la interacción entre genotipo y bioestimulante ( $p=0,0294$ ) (**Figura 3**), donde el genotipo EETP801 con aplicación de ácido húmico se destaca con el mayor número de mazorcas por árbol 17 a diferencia del genotipo EETP800 con extractos de algas que obtuvo 2,67 mazorcas, el valor más bajo.

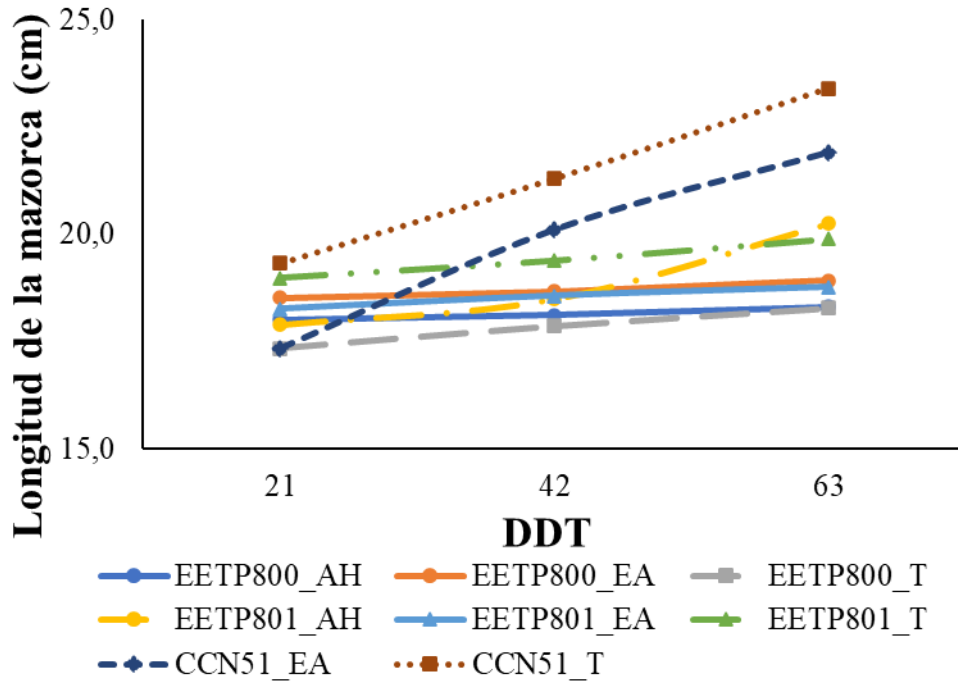


\*Letras iguales en sentido horizontal indican diferencias significativas ( $p > 0,05$ )

**Figura 3.** Número de mazorcas de cacao por planta de los genotipos EETP800, EETP801 y CCN51, con cada tratamiento ácido húmico (AH), extracto de alga (EA) y testigo (T).

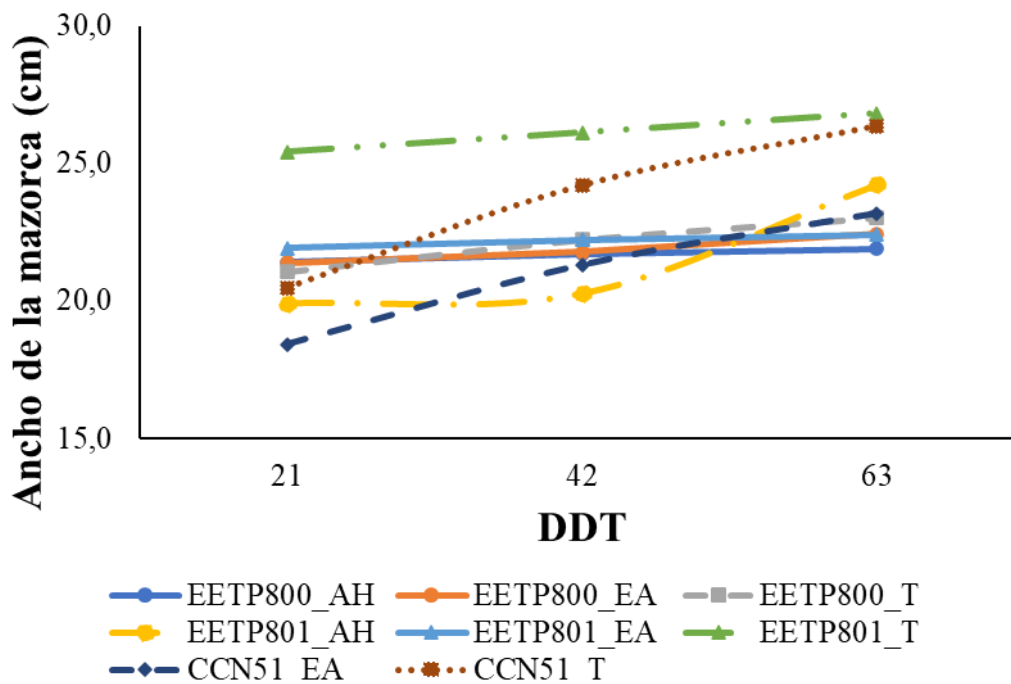
### 6.2 Longitud y ancho de la mazorca

En la longitud de mazorca no se encontraron diferencias significativas en cuanto al genotipo y la aplicación de bioestimulantes, ni interacciones de genotipo y bioestimulante (**Figura 4**). Al final del ensayo a los 63 DDT la longitud de mazorcas varió entre 18 y 23 cm.



**Figura 4.** Longitud de la mazorca de cacao de los genotipos CCN51, EETP800 y EETP801 con la aplicación de ácido húmico (AH), extracto de alga (EA) y testigo (T).

De igual manera, en el ancho de mazorca no se encontraron diferencias significativas en cuanto al genotipo, ni a la aplicación de bioestimulantes, ni interacciones de genotipo y bioestimulante (**Figura 5**). Al final del ensayo varió entre 21 y 26 cm.



**Figura 5.** Ancho de la mazorca de cacao de los genotipos CCN51, EETP800 y EETP801 con cada tratamiento ácido húmico (AH), extracto de alga (EA) y testigo (T).

### 6.3 Características del fruto

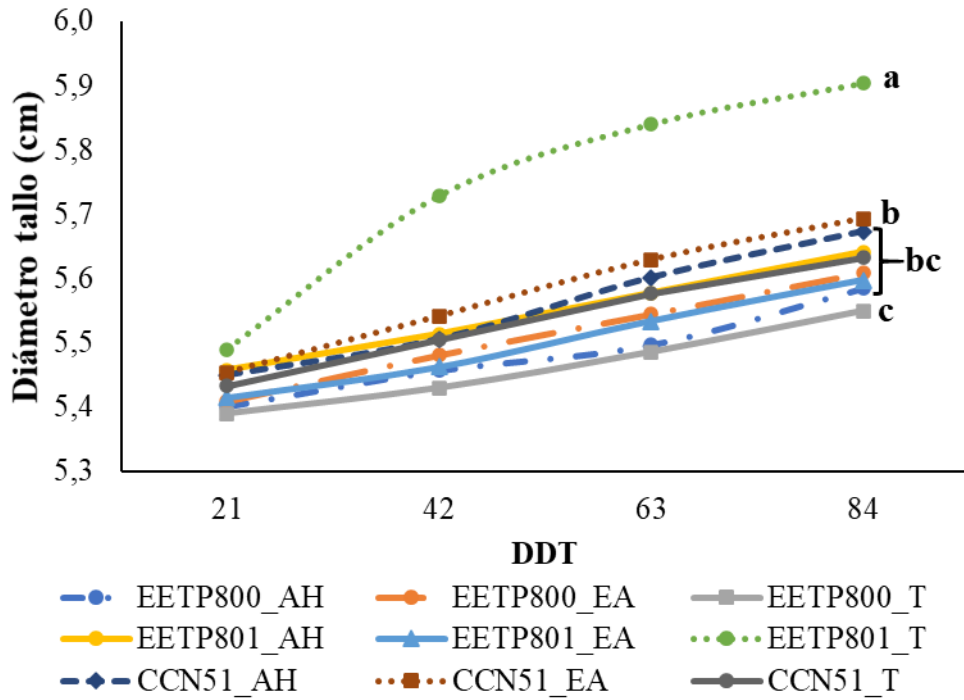
En la Tabla 4, se puede observar que no existe diferencia entre los genotipos con aplicación de bioestimulante ( $p > 0,05$ ) en cuanto al peso de la mazorca, presentando valores desde 311,3 a 418,5 g en fresco, contando con un máximo de 46 y un mínimo de 35,5 de almendras por mazorca, lo que representa un peso entre 92,7 y 125,6 g de almendras frescas por mazorca de cacao.

**Tabla 4.** Características de la mazorca de cacao genotipo EETP800, EETP801 y CCN51 en madurez fisiológica.

<b>Genotipo</b>	<b>Peso de mazorca (g)</b>	<b>Peso de almendras / mazorca (g)</b>	<b>Número de almendras/mazorca</b>
<b>EETP800</b>	311,38	92,78	35,5
<b>EETP801</b>	375,5	107,5	44
<b>CCN51</b>	418,05	125,6	46

### Diámetro del tallo

El diámetro del tallo se ve afectado por la interacción de genotipo y bioestimulante ( $p < .0001$ ) (**Figura 6**), donde el genotipo EETP801 sin aplicación de bioestimulante presentó el valor más alto, de 5,8 cm, mientras el genotipo EETP800 sin aplicación de bioestimulante presentó el menor diámetro, de 5,5 cm.

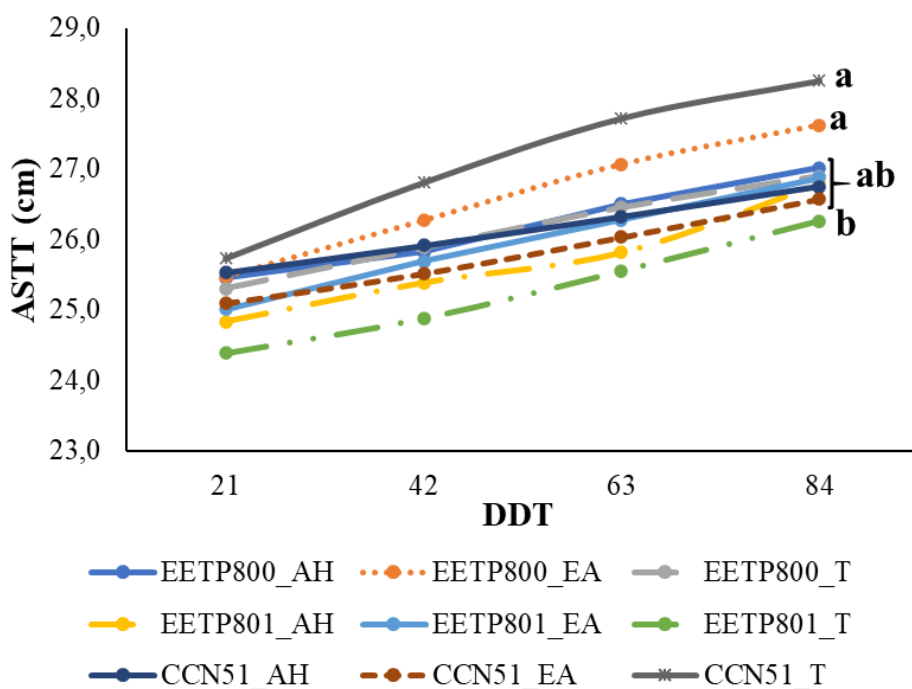


\*Letras diferentes en sentido vertical indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ )

**Figura 6.** Diámetro del tallo de la interacción de genotipo y bioestimulante en plantas de cacao genotipo CCN51, EETP800 y EETP801 con aplicación de bioestimulante.

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

En la interacción del genotipo y bioestimulante se encontraron diferencias significativas ( $p = 0,0065$ ) a partir del día 42 DDT (**Figura 7**). Al final del ensayo, los genotipos CCN51 sin aplicación de bioestimulante y EETP800 con aplicación de extracto de algas presentaron los valores mayores, de 28,3 y 27,6 cm respectivamente, mientras que el genotipo EETP801 sin aplicación de bioestimulante presentó el menor valor, 26,3 cm.



\*Letras diferentes en sentido vertical indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ )

**Figura 7.** Expresión del crecimiento del ASTT de la interacción del genotipo y bioestimulante en plantas de cacao genotipo CCN51, EETP800 y EETP801.

### 6.5 Características bromatológicas de las almendras

En relación a las características bromatológicas de las almendras (**Tabla 5**), en el contenido de humedad se presentaron valores de 62,65 y 38,46 % donde el más alto se presentó en el genotipo EETP801 sin aplicación de bioestimulante, la ceniza variaba entre 2,73 y 3,84 % el genotipo CCN51 con aplicación de extracto de algas presentó el valor más alto.

En lo que respecta al contenido de grasa, los valores oscilaron entre 37,65 y 33,09 %, el genotipo CCN51 con aplicación de extracto de algas presentó el valor más alto tanto en grasa como en proteína con 2,54 %.

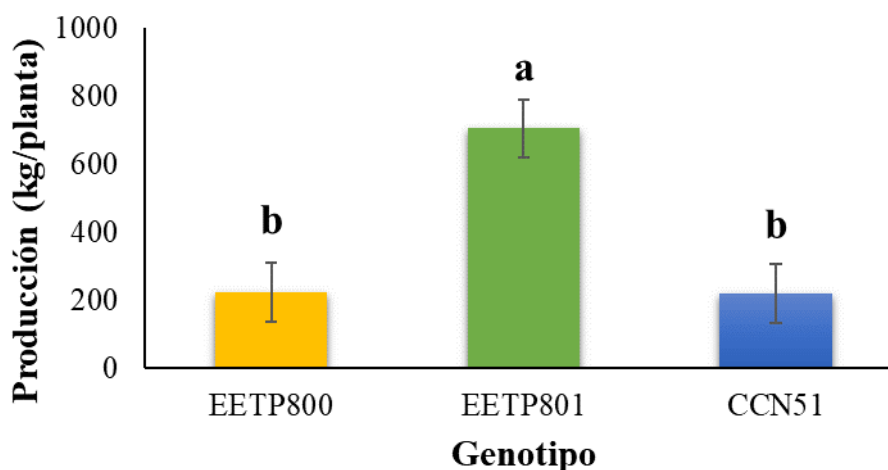
**Tabla 5.** Características bromatológicas de la almendra de cacao del genotipo EETP800, 801 y CCN51

Genotipo	Trat	Rep	Humedad %	Ceniza %	Grasa %	Proteína %
EETP800	T2	R1	47,02	3,44	33,25	2,37

<b>EETP800</b>	T3	R4	59,26	3,27	33,09	2,20
<b>EETP801</b>	T6	R3	62,65	3,18	33,37	1,97
<b>CCN51</b>	T7	R2	38,46	2,73	35,85	1,92
<b>CCN51</b>	T8	R3	51,65	3,84	37,65	2,54

## 6.6 Producción

No se encontraron diferencias significativas en la producción de cacao en la interacción de genotipo y bioestimulante, variando entre 107,43 y 643,39 kg/planta. Sin embargo, se observa que hay diferencias significativas entre genotipos ( $p=0,0006$ ) (**Figura 8**), donde el genotipo EETP801 tuvo una producción de 704,36 kg/planta, significativamente mayor a la de los demás genotipos.

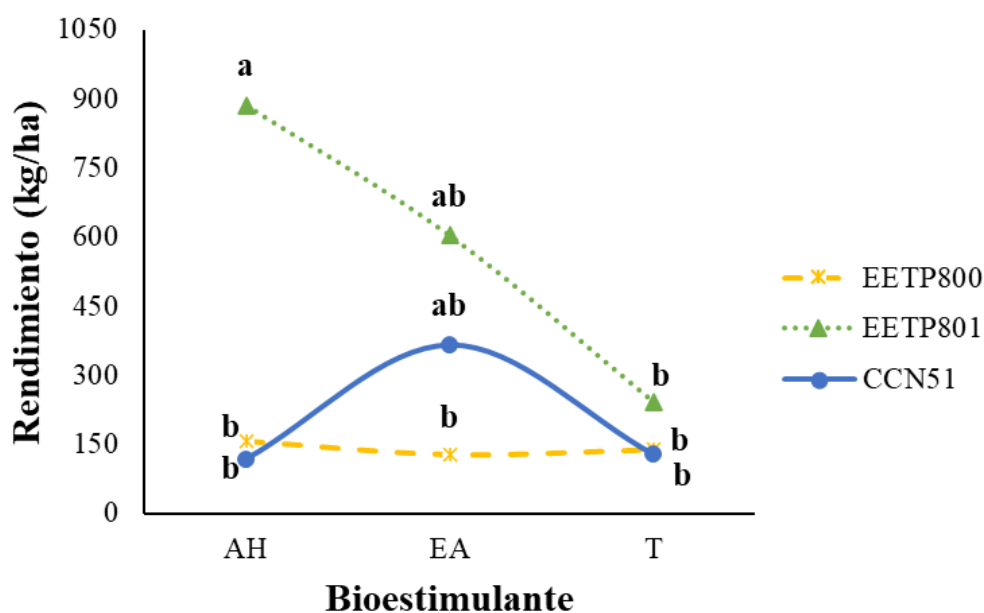


\*Letras diferentes en sentido horizontal indican diferencias significativas ( $p<0,05$ )

**Figura 8.** Estimación de la producción de caca de los genotipos EETP800, EETP801 y CCN51.

## 6.7 Rendimiento

El rendimiento sí presentó diferencias significativas en la interacción de genotipo y bioestimulante con  $p=0,0171$  (**Figura 9**), el genotipo EETP801 con aplicación de ácido húmico obtuvo el mayor rendimiento de 886,43 kg/ha, mientras que, el genotipo CCN51 con aplicación de ácido húmico presentó un menor rendimiento de 118,89 kg/ha.



\*Letras diferentes en sentido horizontal indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ )

**Figura 9.** Estimación del rendimiento de *Theobroma cacao* L. de la interacción de genotipo y bioestimulante.

### 6.8 Diámetro de copa

En la tabla 6, se muestra el diámetro de copa en los genotipos EETP800, EETP801 y CCN51, donde no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos ( $p$ -valor = 0,3819). El diámetro de copa varió entre 166,3 y 101,5 cm.

**Tabla 6.** Diámetro de copa final en los nueve tratamientos del genotipo EETP800, 801 y CCN51

Tratamiento	Genotipo	Bio	Diámetro de copa final	E.E
T1	EETP800	AH	149,3	13,9
T2	EETP800	EA	166,3	16,1
T3	EETP800	T	154,9	12,4
T4	EETP801	AH	101,5	16,1
T5	EETP801	EA	165,6	13,9
T6	EETP801	T	152,1	13,9
T7	CCN51	AH	119,7	13,9
T8	CCN51	EA	134,8	12,4
T9	CCN51	T	138,1	13,1

## 6.9 Índice de área foliar IAF

En la tabla 7 se muestra los promedios del área foliar total de la planta e índice de área foliar (IAF), donde no se encontró diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) en cuanto al tratamiento, en el caso del área foliar total ( $\text{cm}^2$ ) varió entre 18,89 y 47,07, mientras el índice de área foliar varió entre 1,35 y 3,36.

**Tabla 7.** Valores promedio del área foliar de la planta e IAF (índice de área foliar) de la planta de cacao, evaluadas a los 84 días después de aplicar los tratamientos.

Tratamiento	Genotipo	Bioestimulante	Área foliar total ( $\text{cm}^2$ )	IAF	E.E
T1	EETP800	AH	30,04	2,15	8,11
T2	EETP800	EA	36,71	2,62	8,11
T3	EETP800	T	37,04	2,65	8,11
T4	EETP801	AH	18,89	1,35	8,11
T5	EETP801	EA	38,51	2,75	8,11
T6	EETP801	T	47,07	3,36	8,11
T7	CCN51	AH	42,19	3,01	8,11
T8	CCN51	EA	27,51	1,97	8,11
T9	CCN51	T	29,31	2,09	8,11

## 6.10 Concentración de clorofila

En la tabla 8, se muestra la concentración de clorofila en los genotipos EETP800, EETP801 y CCN51, donde no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos ( $p\text{-valor} = 0,1160$ ). La concentración de clorofila varió entre 30,68 y 55,53 nm.

**Tabla 8.** Concentración de clorofila en hojas de cacao en diferentes genotipos (EETP800, 801 y CCN51), bajo 3 niveles de bioestimulante ácido húmico (AH), extracto de alga (EA) y testigo (T).

Tratamiento	Genotipo	Bio	Clorofila	E.E
T1	EETP800	AH	50,83	5,91
T2	EETP800	EA	33,30	6,82
T3	EETP800	T	50,96	5,28
T4	EETP801	AH	55,53	5,91
T5	EETP801	EA	47,25	5,91
T6	EETP801	T	30,68	5,91



<b>T7</b>	CCN51	AH	43,37	6,82
<b>T8</b>	CCN51	EA	45,76	5,28
<b>T9</b>	CCN51	T	48,53	6,82

### 6.11 Densidad estomática

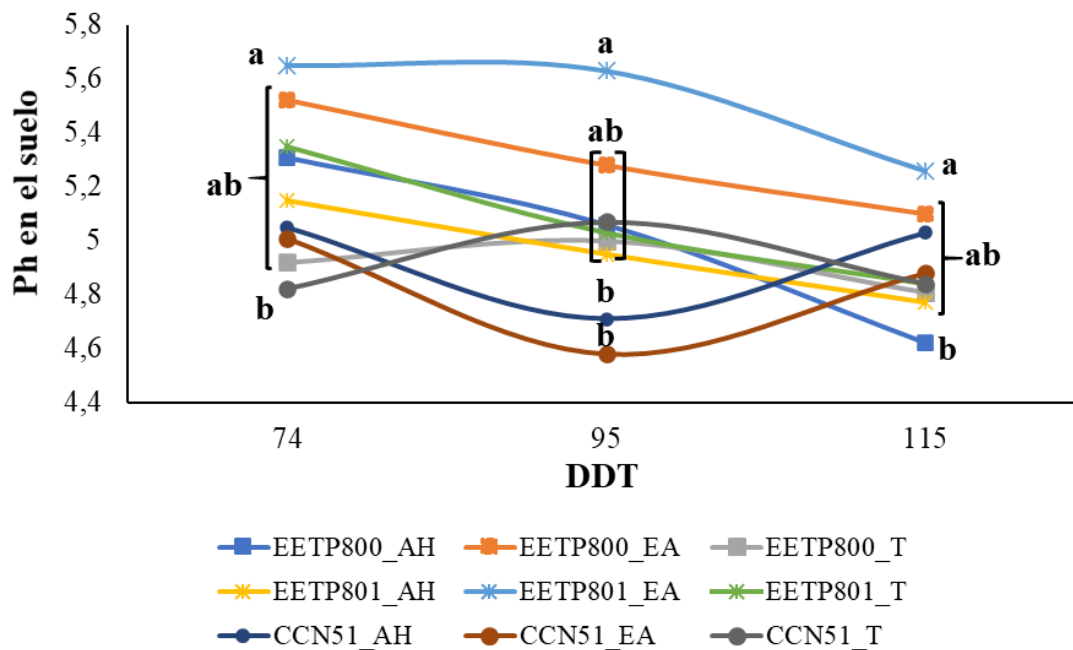
Al finalizar el ensayo, la densidad estomática no expresó diferencias significativas en la interacción del genotipo y el bioestimulante (**Tabla 9**), los tratamientos mostraron datos muy similares por unidad de mm<sup>2</sup>, sin embargo, fue mayor en el genotipo CCN51 con aplicación de extracto de algas (974,35 mm<sup>2</sup>), mientras que el menor valor se presentó en el genotipo EETP801 sin aplicación de bioestimulante (820,35mm<sup>2</sup>).

**Tabla 9.** Niveles de la densidad estomática en hojas de cacao en diferentes genotipos (EETP800, 801 y CCN51), bajo 3 niveles de bioestimulante ácido húmico (AH), extracto de alga (EA) y testigo (T).

<b>Tratamiento</b>	<b>Genotipo</b>	<b>Bio</b>	<b>Densidad estomática (mm<sup>2</sup>)</b>	<b>E.E</b>
<b>T1</b>	EETP800	AH	920,15	56,78
<b>T2</b>	EETP800	EA	864,7	56,78
<b>T3</b>	EETP800	T	828,65	56,78
<b>T4</b>	EETP801	AH	936,25	56,78
<b>T5</b>	EETP801	EA	910,15	56,78
<b>T6</b>	EETP801	T	820,35	56,78
<b>T7</b>	CCN51	AH	834,4	56,78
<b>T8</b>	CCN51	EA	974,35	56,78
<b>T9</b>	CCN51	T	831,95	56,78

### 6.12 Análisis pH del suelo

Se encontraron diferencias estadísticas en el pH del suelo ( $p < 0,05$ ) (**Figura 10**). A los 95 DDT se encontró una diferencia en la interacción de genotipo y bioestimulante ( $p = 0,0021$ ) donde el genotipo EETP801 con aplicación de extracto de algas tuvo un pH alto de 5,63 a diferencia del genotipo CCN51 con aplicación de extracto de algas que tuvo un pH de 4,58.

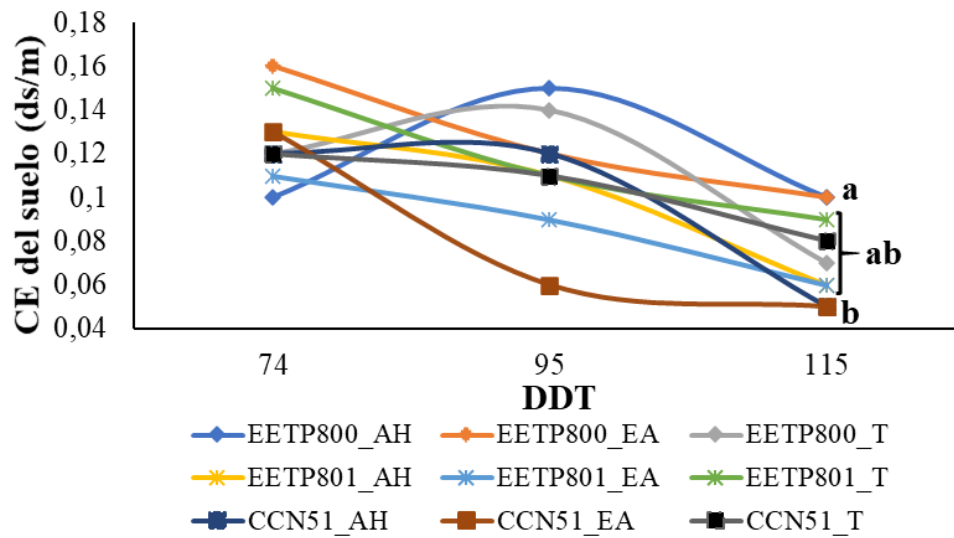


\*Letras diferentes en sentido horizontal indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ )

**Figura 10.** Dinámica del pH en el suelo en la interacción de genotipo (EETP800, 801 y CCN51) y bioestimulante ácido húmico (AH), extracto de alga (EA) y testigo (T).

### 6.13 Conductividad eléctrica del suelo (CE)

En la CE no hubo diferencias estadísticamente significativas (**Figura 11**), durante la aplicación de bioestimulante, sin embargo al final del ensayo, a los 115 DDT hubo diferencia ( $p = 0,0169$ ), donde el genotipo EETP800 con aplicación de ácido húmico y EETP800 con aplicación de extracto de algas presentaron los valores más altos con 0,10 ds/m y el genotipo CCN51 con aplicación de ácido húmico y CCN51 con extracto de algas tuvieron el valor más bajo 0,05 ds/m.



\*Letras diferentes en sentido vertical indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ )

**Figura 11.** Dinámica de la conductividad eléctrica en suelo en la interacción de genotipo (EETP800, 801 y CCN51) y bioestimulante ácido húmico (AH), extracto de alga (EA) y testigo (T).

## 7. Discusión.

En el presente estudio, la aplicación de ácido húmico y extracto de alga no provocó efectos en las variables de producción como el número de mazorcas por árbol, longitud y ancho de mazorca, esto pudo deberse a la fase de fructificación en que se encontraba el cultivo, donde ya tenía la mayoría de mazorcas desarrolladas y los bioestimulantes no generaron gran cambio en ellas. Respecto a la variable número de mazorca por planta, se encontraron diferencias estadísticas significativas, pese a que era la primera producción de las plantas y la mayoría tenía enfermedades como la escoba de bruja y moniliasis. Sin embargo, el genotipo EETP801 fue el que presentó mayor número de mazorcas. Según Carvalho *et al.* (2001), las condiciones del suelo y clima de esta región cacaotera se consideran buenas para el cultivo de cacao, pero el rendimiento no fue satisfactorio debido a la alta incidencia de escoba de bruja que presentaba la plantación de cacao.

Sin embargo en las variables longitud y ancho de mazorca no se mostraron diferencias estadísticamente significativas, esto pudo deberse a la defoliación o ataque de insectos, como se presentó por parte de algunos frutos. La longitud de mazorca a los 63 días en el estadio 76, del genotipo CCN51 sin aplicación de bioestimulante y CCN51 con aplicación de extracto de algas estuvo entre 21 y 23 cm, tamaño menor al presentado por García & Almeida (2017) en clones CCN51, donde la mazorca en la fase de madurez fisiológica alcanzó 24 cm, a esto se suma Vásquez (2001), donde menciona que existe un efecto favorable de las sustancias húmicas en las mazorcas.

En cuanto al peso fresco de la mazorca de cacao, el genotipo CCN51 fue el que tuvo un mayor peso de 418,05 g, esto se debe a que la mazorca tenía un exocarpo grueso a diferencia del resto. En el número de almendras por mazorca, se obtuvieron promedios desde 46, valores mayores a los que registra esta variedad en un promedio de 34,92 a 38,66 expresando que el número de semillas depende de la fecundación individual de los ovarios, estando el máximo controlado por el número de óvulos por ovario, que es un carácter muy constante (Graziani *et al.* 2002). Sin embargo, Chang *et al.* (2014) obtuvo un número de almendras de 45 para este clon, recalcando que en verano este valor descende por lo que se mantiene un promedio general de 40,4. En el peso del genotipo CCN51 fue de 125,6 g valor menor al que obtuvo Chang *et al.* (2014) que fue 136,42 g con un coeficiente de variación de 21,55 %. Según Cedeño (2010) los granos comerciales de cacao tienen un peso promedio comprendido entre 100 a 120 gramos registrándolo

como un tipo de cacao “Fino” constituyéndose en su mayoría por granos bien fermentados (mayor del 80 %).

En este estudio sobre el análisis bromatológico el genotipo CCN51 fue el que se destacó en las variables analizadas, en la ceniza obtuvo un valor de 3,84 %, valor cercano a los registrados para CCN51 de 2,73 % (Almeida *et al.* 2019). El contenido de proteína cruda presentado es de 2,54 %, valor muy por debajo registrado en Ecuador, Colombia y Perú, donde se han encontrado valores de 8,08, 14 y 14,4 respectivamente (Almeida *et al.* 2019). Con respecto a esto Perea *et al.* (2011) menciona que la variedad CCN51 presenta contenidos variables dependiendo de la zona en la que se encuentre y estado de madurez del fruto.

En el contenido de grasas, las almendras de cacao tuvieron un rango de 33,09 y 37,65 %, específicamente el genotipo CCN51 tuvo el mayor valor de grasa, estos los valores son similares al estudio de Chang *et al.* (2014), donde el promedio general del contenido de grasa fue de 30,82 % con un coeficiente de variación de 21,81 %. Sin embargo, Andrade *et al.* (2019) obtuvo 51,4 a 57,7 % en varios clones de cacao, especificando al clon CCN51 con un porcentaje de 53,9 y 51,02 %, pero el clon CCN51 también puede mostrar contenidos bajos como 41,44 %. Los bajos porcentajes de grasa encontrados pueden estar relacionados con los factores genéticos y ambientales. Para la industria chocolatera es fundamental adquirir granos de cacao con elevado contenido de manteca, ya que esta no solo contribuye al sabor sino también al transporte de la masa de chocolate a través de las tuberías, bombas y máquinas en su procesamiento (Andrade *et al.* 2019).

En lo que respecta a la producción el genotipo EETP801 tuvo una mayor producción, esto de acuerdo a la investigación de Jaramillo (2021), donde señala que el genotipo de cacao EETP801 en comparación al clon CCN51 ha obtenido una producción superior denotada por su mayor biomasa debido a la adaptación que ha presentado, considerándose como un genotipo superior y favorable debido a sus características organolépticas, por lo que se puede denotar que el genotipo de cacao EETP801 se adapta de mejor manera a la exposición solar en la zona de estudio en comparación a los genotipos CCN51 y EETP800, demostrado específicamente en cuanto al rendimiento obtenido independientemente del fertilizante empleado, coincidiendo en sí con lo mencionado por Godoy (2021), quien señala que “el agua y los nutrientes minerales son los factores más cruciales para la promoción del crecimiento a plena exposición solar”.

En cuanto al rendimiento se encontraron diferencias significativas, presentando un valor mayor el T4 que corresponde al genotipo EETP801 con aplicación de ácido húmico (886,43 kg), lo que hace notar que la aplicación de este bioestimulante da una buena cantidad de frutos, además de formar parte de una producción sana y sostenible. Con respecto a esto, Karakurt *et al.* (2009) establece que con la adición de AH, hay una mejora en el rendimiento en la producción de chile pimiento, cultivado orgánicamente y mejora la calidad del fruto. Todas las variables medidas en este experimento fueron significativas, es decir, que existe efecto por la aplicación de ácidos húmicos sobre ciertas características de la mazorca.

El diámetro del tallo de los diversos clones y tratamientos evaluados mostraron diferencias de desarrollo, donde el genotipo EETP801 denota una gran adaptabilidad a este clima, a diferencia de los otros clones, sin embargo, es necesario aplicar diversas dosificaciones preferiblemente más elevadas, tal y como lo muestra el estudio llevado a cabo por Rosales (2021), el cual demostró que pueden existir diferencias de desarrollo en la longitud del tallo con dosificaciones de algas marinas. Al respecto, Noboa (2019), menciona que esta alga promueve notoriamente el desarrollo de los cultivos, incrementando el crecimiento y engrose.

Al analizar la variable IAF los datos no mostraron diferencias significativas entre los tratamientos, según los datos los que tienen aplicación de bioestimulante no produjeron un incremento en el AF, en contraste con los estudios de García *et al.* (2017), donde sí hubo un incremento de área foliar con ácido húmico, con incremento entre 18,51 y 29,26 % para las plantas que recibieron este bioestimulante. Sin embargo, en el diámetro de copa el genotipo EETP800 con aplicación de extracto de algas denotó una gran diferencia al final del ensayo. Carrillo *et al.* (2022), indica que la aplicación de nutrientes en la planta tanto foliar como edáfico beneficia a los frutales, fomentando el desarrollo morfológico como diámetro de copa.

El contenido de clorofila en las hojas representa una medición útil para evaluar la capacidad fotosintética y el estado fisiológico de las plantas. En el estudio Tehranifar & Ameri (2014), señalan que si un bioestimulante tiene en su composición ácido húmico, incrementará el contenido de verdor, nitrógeno y potasio en concentraciones de 10 a 20 ppm, debido a que permite mayor permeabilidad celular. A esto Ardisana *et al.* (2018), indica que no es posible determinar si la cantidad de clorofila determina el rendimiento final ya que éste depende de las condiciones ambientales del sector.

De igual forma la densidad estomática al finalizar el ensayo no presentó diferencias estadísticas significativas en interacción de genotipo y bioestimulante, obteniendo valores similares entre los mismos (974,35 y 820,35 mm<sup>2</sup>). Según Márquez (2016), la aclimatación de una planta a una radicación excesivamente alta conlleva cambios en diversos parámetros de la hoja como la densidad de estomas. Sin embargo, Cabezas (2010), manifiestan que en dosis de bioestimulantes se observó que ninguna de estas aplicaciones influyó significativamente en la expresión de esta variable, resultados que se comprueban con el testigo, en el cual no se aplicó ninguna dosis.

En cuanto al pH del suelo a los 95 DDT se encontraron diferencias estadísticas para los tratamientos, es así que la aplicación de bioestimulante produjo un efecto moderadamente ácido en el suelo, a pesar de que el extracto de algas tiende a aumentar la acidez del suelo. Sin embargo, Mancilla *et al.* (2021) logró modificar el pH del suelo empleando algas marinas; este autor, sostiene que las algas marinas neutralizan el pH, si es muy ácido hace que aumente el valor y si es muy alcalino que disminuya. En nuestra investigación el pH tratado inició con un valor ligeramente ácido y concluyó con un valor más cercano al ácido.

En la conductividad eléctrica a los 115 DDT se vieron diferencias significativas donde la CE con aplicación de ácido húmico, bajo a 0,1 en el genotipo EETP800. En general el suelo no presentó contenidos altos de sales, lo cual concuerda con estudios de Uribe *et al.* (2018), donde obtuvieron como resultado la disminución de la conductividad eléctrica; sin embargo, la efectividad que ellos obtuvieron fue de 79,44 %. En este sentido Badar *et al.* (2015), mencionan que la adición de fertilizantes orgánicos de algas en cantidades adecuadas mejora la condición del suelo y de la conductividad eléctrica. Además, incrementan el nivel de nutrientes del suelo como N, P, K, y micronutrientes.

## 8. Conclusiones.

- No se puede apreciar un efecto de la aplicación de bioestimulante e independiente del genotipo no afectó los parámetros productivos como la longitud, ancho y peso de la mazorca, sin embargo, se observó un mayor número de frutos por planta en el genotipo EETP801, con 10,8 frutos planta.
- La aplicación de ácido húmico incrementó el rendimiento del genotipo EETP801 con un peso seco de la almendra de 886,43 kg/ha en comparación a los demás tratamientos. Sin embargo, en la producción de peso fresco por planta no presentaron diferencias significativas entre los tratamientos.
- A diferencia del ácido húmico la aplicación de extracto de algas en el genotipo CCN51 logró una mejora en la calidad de las almendras aumentando la concentración de grasa 37,65 %, particularidad importante para la industria chocolatera, de igual manera se produjo un incremento en la proteína obteniendo un valor de 2,54 %.
- En general no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en las variables fisiológicas evaluadas como, el diámetro del tallo, ASTT, clorofila y densidad estomática, el desarrollo fue similar de manera general en todos los tratamientos. Sin embargo, se evidenció una tendencia de incremento en las variables IAF con la aplicación de extracto de algas y ácido húmico.
- El pH del suelo aumento de 5,5 a 5,63 con la aplicación de extracto de algas en el genotipo EETP801, el cual es óptimo para el desarrollo del cultivo de cacao. Por otra parte, la CE obtuvo mejores resultados con la aplicación de ácido húmico en el genotipo EETP800.



## **9. Recomendaciones.**

- Extender la medición de variables fisiológicas en el cultivo para obtener una curva de referencia de cada tratamiento, y así fijar el tratamiento con mayor respuesta y eficiencia a la aplicación de bioestimulante.
- Implementar diversas dosificaciones con dosis más elevadas que las aplicadas para determinar la dosis y tratamiento óptimo a aplicarse en este cultivo.
- Evaluar el cultivo desde su establecimiento y al menos tres ciclos productivos continuos para determinar posibles efectos de los tratamientos en el largo plazo, para observar el efecto en las características bromatológicas del grano.

## 10. Bibliografía.

- Andrade Almeida, J., Rivera García, J., Chire Fajardo, G. C., Ureña Peralta, M. O.,  
Andrade Almeida, J., Rivera García, J., Chire Fajardo, G. C., & Ureña Peralta,  
M. O. (2019). Propiedades físicas y químicas de cultivares de cacao *Theobroma*  
cacao L. de Ecuador y Perú. *Enfoque UTE*, 10(4), 1-12.
- ANECACAO. (2021, diciembre 21). *Inicio / Anecacao Ecuador*.  
<https://web.archive.org/web/20211221192814/http://www.anecacao.com/index.php/es/inicio.html>
- Ardisana, H., Torres, A., Fosado, O., Álava, J., Sancán, G., & León, R. (2018). *Vista de Contenido de clorofilas totales en doce clones de cacao (Theobroma cacao L.)*.  
<https://revistas.utm.edu.ec/index.php/latecnica/article/view/1324/1746>
- Arvelo, M., González, D., Maroto, S., Delgado, T., & Montoya, P. (2017). *Manual técnico del cultivo de cacao: Prácticas latinoamericanas*.  
<https://repositorio.iica.int/handle/11324/6181>
- Badar, R., Khan, M., Batool, B., & Shabbir, S. (2015). *Effects of organic amendments in comparison with chemical fertilizer on cowpea growth*. 7.
- Bhattacharjee, R. (2018). Taxonomy and classification of cacao. En *Achieving sustainable cultivation of cocoa* (pp. 3-18).  
<https://doi.org/10.19103/AS.2017.0021.01>
- Blasco, D. (2011). *El "pH" de los ácidos húmicos y ácidos fulvicos*.  
[https://www.interempresas.net/FeriaVirtual/Catalogos\\_y\\_documentos/81972/077---15.10.12---El-Ph-de-los-A--769-cidos-Hu--769-micos.pdf](https://www.interempresas.net/FeriaVirtual/Catalogos_y_documentos/81972/077---15.10.12---El-Ph-de-los-A--769-cidos-Hu--769-micos.pdf)
- Bridgemohan, P., Musa El Sharief Mohamed, Majeed Mohammed, Kimberly Singh, & Ronell Shamir Hemsley Bridgemohan. (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).  
<https://doi.org/10.17265/2161-6256/2016.01.001>
- Cabezas, O. V. C. (2010). *ACLIMATACIÓN DE 15 CULTIVARES DE LECHUGA (Lactuca sativa), EN EL CANTÓN RIOBAMBA, PROVINCIA DE CHIMBORAZO*. 93.
- Carrillo, P., Jordan, J., Rojas, V., & Viviana, L. (2022). *Respuesta de la aplicación de diferentes bioestimulantes y cantidades de fertilizantes en el*. 98.
- Carvalho, C. G. P. de, Almeida, C. M. V. C. de, Cruz, C. D., & Machado, P. F. R. (2001). Avaliação e seleção de híbridos de cacaueiro em Rondônia. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 36(8), 1043-1051. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2001000800006>
- Cedeño-Guzman, P. (2010). *DETERMINACION DE PERFILES ORGANOLEPTICOS EN OCHO GRUPOS DE CACAO MEDIANTE LA DEGUSTACION DE LICOR DE CACAO Y CHOCOLATES OSCUROS ELABORADOS ARTESANALMENTE: ZZGB-TGL-8DB4*. INIAP Archivo Historico.
- Chang, J. F. V., Torres, C. V., Morán, D. E. P., Véliz, J. M., Remache, R. R., & Rodríguez, W. M. (2014). ATRIBUTOS FÍSICOS-QUÍMICOS Y SENSORIALES DE LAS ALMENDRAS DE QUINCE CLONES DE CACAO NACIONAL (Theobroma cacao L.) EN EL ECUADOR. *Ciencia y Tecnología*, 7(2), Art. 2. <https://doi.org/10.18779/cyt.v7i2.139>
- Climate-Data.org. (2022, junio 23). *Clima Yantzaza: Temperatura, Climograma y Tabla climática para Yantzaza—Climate-Data.org*. <https://es.climate-data.org/america-del-sur/ecuador/provincia-de-zamora-chinchipec/yantzaza-25493/>

- Du Jardín, P. (2015). Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation. *Scientia Horticulturae*, 196, 3-14.  
<https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.021>
- García, A., Héctor Ardisana, E., Valle, G., Cué García, J., & Fosado, O. (2017). Efectos del BIOSTAN® en los índices de crecimiento y los pigmentos fotosintéticos de *Phaseolus vulgaris* L. *La Técnica: Revista de las Agrociencias*. ISSN 2477-8982, 25. [https://doi.org/10.33936/la\\_tecnica.v0i18.804](https://doi.org/10.33936/la_tecnica.v0i18.804)
- García, G. A. P., & Almeida, J. A. F. (2017). *Adaptabilidad de clones promisorios de cacao nacional (Theobroma cacao L.), en el cantón Arosemena Tola de Ecuador*. 8.
- García, T. B., Potiguara, R. C. de V., Kikuchi, T. Y. S., Demarco, D., & Aguiar-Dias, A. C. A. de. (2014). Leaf anatomical features of three *Theobroma* species (Malvaceae s.l.) native to the Brazilian Amazon. *Acta Amazonica*, 44, 291-300.  
<https://doi.org/10.1590/1809-4392201300653>
- Godoy, P. (2021). “*INFLUENCIA DE DOS NIVELES DE NUTRICIÓN Y DOS NIVELES DE SOMBRA, SOBRE PARÁMETROS FISIOLÓGICOS Y DE CRECIMIENTO EN LA ETAPA VEGETATIVA DE CACAO (Theobroma cacao L.) CLON EETP-801, EN ZAMORA CHINCHIPE*”.  
<https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/23992/1/Paola%20Daniela%20Godoy%20Betancourt.pdf>
- Graziani de Fariñas, L., Ortiz de Bertorelli, L., Angulo, J., & Parra, P. (2002). Características físicas del fruto de cacaos tipos criollo, forastero y trinitario de la localidad de cumboto, venezuela. *Agronomía Tropical*, 52(3), 343-362.
- Gutierrez Arce, F., Diaz Plasencia, S., Rojas Vásquez, Z., Vallejos Fernández, L. A., & Gutierrez Arce, W. (2020). Elaboración de abono orgánico (biol) para su

utilización en la producción de alfalfa (*Medicago sativa* v. *Vicus*) en Cajamarca.

*REVISTA PERSPECTIVA*, 20(4), 441-447.

<https://doi.org/10.33198/rp.v20i2.00057>

Herrera, J. A. B. (2018). “*Evaluación de la respuesta de cacao CCN-51 a plena exposición solar a las aplicaciones de Nitrógeno (N) y Potasio (K) en la zona de Zapotal, Provincia de Los Ríos*”. 73.

Herrera, R. (2019). *Dinámica nutricional en interacciones NPK relacionada a características morfológicas y fisiológicas en cacao (Theobroma cacao L.) clon CCN 51*.

<https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/22139/1/Rebeca%20Ximena%20Herrera%20Mancheno.pdf>

ICCO. (2018). *Ecuador preside la Organización Internacional del Cacao (ICCO) – Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias*.

<https://www.iniap.gob.ec/ecuador-preside-la-organizacion-internacional-del-cacao-icco/>

Jaimez, R. E., Barragan, L., Fernández-Niño, M., Wessjohann, L. A., Cedeño-García, G., Sotomayor Cantos, I., & Arteaga, F. (2022). *Theobroma cacao L. cultivar CCN 51: A comprehensive review on origin, genetics, sensory properties, production dynamics, and physiological aspects*. *PeerJ*, 10, e12676.

<https://doi.org/10.7717/peerj.12676>

Jaramillo, E. I. Z. (2021). *BALANCE ENTRE LA BIOMASA AÉREA Y EL RENDIMIENTO DE LOS CLONES DE CACAO (Theobroma cacao L.) CCN-51 Y EET-800 EN LA ZONA DE BUENA FE*. 69.

Karakurt, Y., Unlu, H., Unlu, H., & Padem, H. (2009). The influence of foliar and soil fertilization of humic acid on yield and quality of pepper. *Acta Agriculturae*

*Scandinavica, Section B — Soil & Plant Science*, 59(3), 233-237.

<https://doi.org/10.1080/09064710802022952>

- Loor, S., Sotomayor, I., Jiménez, J., Tarqui, O., Rodríguez, G., Casanova, T., & Quijano, G. (2018). *INIAP - Estación Experimental Tropical Pichilingue*. 2.
- MAG. (2018). *RENDIMIENTOS DE CACAO ALMENDRA SECA (Theobroma cacao) EN EL ECUADOR PDF Descargar libre*. <https://docplayer.es/105685517-Rendimientos-de-cacao-almendra-seca-theobroma-cacao-en-el-ecuador-2017.html>
- Mancilla, C., Stephany, D., Laura, Q., Angie, A., Auccahuasi, D. S., & Antonio, F. (2021). *Influencia del Extracto de Algas Rhodophyta en los Parámetros Fisicoquímicos de Suelos Contaminados del Botadero de Mala, 2021*. 67.
- Márquez, Z. (2016). “*EVALUACIÓN AGRONÓMICA DE DOS VARIEDADES DE LECHUGA (Lactuca sativa L.) Y SU EFECTO A LA APLICACIÓN DE TRES DOSIS DE BIOESTIMULANTES*”. 66.
- Montaño, K. A. M. (2021). *Evaluación de dos niveles de sombra y dos niveles de fertilización, sobre parámetros morfológicos y fisiológicos, en etapas tempranas del cacao (Theobroma cacao L.), clon EETP 800, en la provincia de Zamora Chinchipe*. 77.
- Navas, J. G. N. (2013). *BIOESTIMULANTES ORGÁNICOS EN EL COMPORTAMIENTO FENOLÓGICO DE CLONES DE CACAO (Theobroma cacao L.) EN VIVERO. LA MANÁ, 2013*. 71.
- Noboa, F. (2019). “*Efecto de la aplicación de tres productos a base de ácidos húmicos y fúlvicos sobre el crecimiento y desarrollo de plántulas de cacao (Theobroma cacao L.) en la zona de Valencia, provincia de Los Ríos*”.
- <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/3681/1/T-UTEQ-0172.pdf>

- Perea, J. A., Ramírez, O. L., & Villamizar, A. R. (2011). CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE MATERIALES REGIONALES DE CACAO COLOMBIANO. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 9(1), 35-42.
- Poblete-Echeverría, C., Fuentes, S., Ortega-Farias, S., Gonzalez-Talice, J., & Yuri, J. A. (2015). Digital cover photography for estimating leaf area index (LAI) in apple trees using a variable light extinction coefficient. *Sensors (Basel, Switzerland)*, 15(2), 2860-2872. <https://doi.org/10.3390/s150202860>
- Remberto, A. R. F. (2009). *EVALUACION DE CUATRO BIOESTIMULANTES COMERCIALES EN EL DESARROLLO DE PLANTAS INJERTAS DE CACAO (Theobroma cacao L). CULTIVAR NACIONAL*. 99.
- Restrepo Rivera, J., & Agricultura (IICA), I. I. de C. para la. (2001). *Elaboración de abonos orgánicos fermentados y biofertilizantes foliares Experiencias con agricultores en Mesoamérica y Brasil*. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). <https://repositorio.iica.int/handle/11324/6568>
- Rosales, F. (2021). “*RESPUESTA A LA APLICACIÓN DE CUATRO DOSIS DE ALGAS MARINAS SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS DEL CULTIVO DE CACAO (Theobroma cacao L.) EN VIVERO EN AGUAYTÍA*”. [http://repositorio.unu.edu.pe/bitstream/handle/UNU/5223/B03\\_2022\\_UNU\\_AGRONOMIA\\_2021\\_T\\_FLORENCIO-ROSALES.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unu.edu.pe/bitstream/handle/UNU/5223/B03_2022_UNU_AGRONOMIA_2021_T_FLORENCIO-ROSALES.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Rosas-Patiño, G., Puentes-Páramo, Y. J., Menjivar-Flores, J. C., Rosas-Patiño, G., Puentes-Páramo, Y. J., & Menjivar-Flores, J. C. (2017). Relación entre el pH y la disponibilidad de nutrientes para cacao en un entisol de la Amazonia colombiana. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 18(3), 529-541. [https://doi.org/10.21930/rcta.vol18\\_num3\\_art:742](https://doi.org/10.21930/rcta.vol18_num3_art:742)

- Tehranifar, A., & Ameri, A. (2014). EFFECT OF HUMIC ACID ON NUTRIENT UPTAKE AND PHYSIOLOGICAL CHARACTERISTICS OF FRAGARIA *Ã*—ANANASSA «CAMAROSA». *Acta Horticulturae*, 1049, 391-394.  
<https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2014.1049.54>
- Toalambo, M. C. (2013). *APLICACIÓN DE ABONOS ORGÁNICOS LIQUIDOS TIPO BIOL AL CULTIVO DE MORA (RubusglaucusBenth)*. 92.
- Uribe-Orozco, M. E., Mateo-Cid, L. E., Mendoza-González, A. C., Amora-Lazcano, E. F., González-Mendoza, D., Durán-Hernández, D., Uribe-Orozco, M. E., Mateo-Cid, L. E., Mendoza-González, A. C., Amora-Lazcano, E. F., González-Mendoza, D., & Durán-Hernández, D. (2018). Effect of seaweed *Sargassum vulgare* C. Agardh in soil and the development of coriander plants. *Idesia (Arica)*, 36(3), 69-76. <https://doi.org/10.4067/S0718-34292018005001202>
- van Vliet, J. A., & Giller, K. E. (2017). Mineral Nutrition of Cocoa. En *Advances in Agronomy* (Vol. 141, pp. 185-270). Elsevier.  
<https://doi.org/10.1016/bs.agron.2016.10.017>
- Vásquez, N. (2001). *DOSIS Y MOMENTOS DE APLICACIÓN DE TRES BIOESTIMULANTES EN EL RENDIMIENTO DE ARROZ ( Oryza sativa L.) VARIEDAD «CAPIRONA», BAJO RIEGO , EN TINGO MARIA*.  
<https://agronomia.unas.edu.pe/sites/default/files/AGR-425.pdf>
- Vera, J., & Zambrano, J. (2021). *Evaluación de Bioestimulantes para la Reducción de los Efectos que ocasiona el Estrés Térmico y Oxidativo en el Cultivo de Cacao (Theobroma cacao L. Cv. CCN-51)*.  
<http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/25976/1/T-ESPESD-003134.pdf>
- Yerena, J. (2014). *EFEECTO DE LA APLICACIÓN DE TRES PRODUCTOS A BASE DE ÁCIDOS HÚMICOS Y FÚLVICOS SOBRE EL COMPORTAMIENTO DEL*



*CACAO (Theobroma cacao L.).*

<http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/6512/1/YERENAGuerreroJEFFERS>

ON.pdf

## 11. Anexos.

Margen de plantación:  $3,5 \times 4 \text{ m} = 14 \text{ m}^2$

Nro de plantas por tratamiento: 14

Dosis acido húmico recomendada: 1,5 lt/ha

Dosis de extracto de algas marinas recomendado: 1 lt/ha

### ÁCIDO HÚMICO

1.5 lt ---> 10.000 m<sup>2</sup>

X 14 m<sup>2</sup>/planta

$$X = \frac{1.5 \text{ lt} * 14 \frac{\text{m}^2}{\text{planta}}}{10.000 \text{m}^2}$$

X = 0.021 lt/planta

X = 21 mL/planta

### EXTRACTO DE ALGAS

1 lt ---> 10.000m<sup>2</sup>

X 14m<sup>2</sup>

$$X = \frac{1 \text{ lt} * 14 \frac{\text{m}^2}{\text{planta}}}{10.000 \text{m}^2}$$

X = 0.0014 lt/planta

X = 1.4 mL/planta

**Anexo 1.** Calculó para aplicar el bioestimulante

Genotipo	Trat	Rep	Bio	P semilla seca (g)	N de semilla fruto	Nfruto planta	Densidad (planta/ha)	Rendimiento
EETP800	T1	R2	AH	1,46	40	1	714,29	41,71
EETP800	T1	R1	AH	1,46	41	8	714,29	342,06
EETP800	T1	R3	AH	1,46	44	2	714,29	91,77
EETP800	T2	R1	EA	1,46	48	4	714,29	200,23
EETP800	T2	R3	EA	1,46	45	2	714,29	93,86
EETP800	T2	R3	EA	1,46	42	2	714,29	87,60
EETP800	T3	R4	T	1,46	43	4	714,29	179,37
EETP800	T3	R2	T	1,46	47	2	714,29	98,03
EETP801	T4	R2	AH	1,46	50	17	714,29	886,43
EETP801	T5	R2	EA	1,46	47	13	714,29	637,19
EETP801	T5	R3	EA	1,46	42	13	714,29	569,40
EETP801	T6	R1	T	1,46	40	7	714,29	292,00
EETP801	T6	R1	T	1,46	46	4	714,29	191,89
CCN51	T7	R2	AH	1,46	38	1	714,29	39,63
CCN51	T7	R1	AH	1,46	38	5	714,29	198,14
CCN51	T8	R3	EA	1,46	40	2	714,29	83,43
CCN51	T8	R2	EA	1,46	48	13	714,29	650,74
CCN51	T9	R4	T	1,46	42	1	714,29	43,80
CCN51	T9	R1	T	1,46	41	7	714,29	299,30
CCN51	T9	R4	T	1,46	39	1	714,29	40,67

## Anexo 2. Datos del número de frutos y rendimiento

Genotipo	Trat	Rep	Bio	Nfruto	Lfruto	Dfruto	Peso (g)	Rend/planta	Rend a	
									Kg/planta	Producción (kg/planta)
EETP800	T1	R2	AH	1	12	13	27,98	67,65	0,07	27,98
EETP800	T1	R1	AH	8	17,1	20	64,28	541,22	0,54	514,23
EETP800	T1	R3	AH	2	22	28,55	110,70	135,31	0,14	221,40
EETP800	T2	R1	EA	4	19,7	28,7	86,11	271,37	0,27	344,44
EETP800	T2	R3	EA	2	21,6	28,1	105,65	135,68	0,14	211,30
EETP800	T2	R3	EA	2	7,05	7,25	11,76	135,68	0,14	23,53
EETP800	T3	R4	T	4	21,4	30,1	104,51	237,44	0,24	418,04
EETP800	T3	R2	T	2	8,85	7,95	14,21	118,72	0,12	28,42
EETP801	T4	R2	AH	17	13,78	15,54	47,67	810,32	0,81	810,32
EETP801	T5	R2	EA	13	12,83	13,98	37,95	643,39	0,64	493,39
EETP801	T5	R3	EA	13	16,35	18,27	61,03	643,39	0,64	793,38
EETP801	T6	R1	T	7	21,19	24,36	121,21	937,19	0,94	848,49
EETP801	T6	R1	T	4	24,8	29,6	146,56	535,54	0,54	586,22
CCN51	T7	R2	AH	1	22,9	26,4	121,15	69,94	0,07	121,15
CCN51	T7	R1	AH	5	8,1	9,56	18,74	349,72	0,35	93,70
CCN51	T8	R3	EA	2	25,6	30,05	157,96	173,34	0,17	315,93
CCN51	T8	R2	EA	13	8,71	8,55	15,37	1126,68	1,13	199,84
CCN51	T9	R4	T	1	15,5	19,2	49,99	75,83	0,08	49,99
CCN51	T9	R1	T	7	19,73	23,63	95,30	530,80	0,53	667,11
CCN51	T9	R4	T	1	19,3	21,5	82,20	75,83	0,08	82,20

## Anexo 3. Datos del número de producción





**Figura 13.** Cosecha y etiquetado de mazorcas de cacao EETP800, EETP801 y CCN51



**Figura 14.** Peso de almendras secas





**Figura 15.** Toma de datos de pH y conductividad eléctrica



**Figura 16.** Visualización de estomas

**Anexo 5.** Evidencias fotográficas



Mg. Yanina Quizhpe Espinoza  
Licenciada en Ciencias de Educación mención  
Inglés  
Magister en Traducción y mediación cultural

Celular: +593989805087  
Email: [yaniges@icloud.com](mailto:yaniges@icloud.com)  
Loja, Ecuador 110104

Loja, 04 de noviembre de 2022

Yo, Lic. Yanina Quizhpe Espinoza, con cédula de identidad 1104337553, docente del Instituto de Idiomas de la Universidad Nacional de Loja, y certificada como traductora e interprete en la Senescyt y en el Ministerio de trabajo del Ecuador con registro **MDT-3104-CCL-252640**, certifico:

Que tengo el conocimiento y dominio de los idiomas español e inglés y que la traducción del resumen de trabajo de Integración Curricular, **Estrategias de eficiencia de la nutrición en cacao (*Theobroma cacao* L.) clon EETP-800, 801 y CCN51 en la Provincia de Zamora Chinchipe, sector “El Pادمي”**, cuya autoría de la estudiante egresada Claudia Liliana Auquilla Yangua, con cédula 1150800272, es verdadero y correcto a mi mejor saber y entender.

Atentamente

Firmado digitalmente por YANINA BELEN QUIZHPE ESPINOZA  
Fecha: 2022.11.04 12:06:56 -0500

Yanina Quizhpe Espinoza.

**Traductora**

*Full text translator: servicios de traducción*

**Anexo 6.** Certificado de la introducción de inglés.