



Universidad
Nacional
de Loja

Universidad Nacional de Loja

Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables

Carrera de Ingeniería Agronómica

Estimación del efecto de tres niveles de fertilización sobre el crecimiento y desarrollo reproductivo en cacao (*Theobroma cacao* L.) clon CCN51 y EETP800 en el sector El Padmi

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

Autor:

Jackeline Alejandra Montoya Gonzalez

Director:

Dra. Marlene Lorena Molina Muller

Loja – Ecuador

2023

Educamos para **Transformar**

Certificación

Loja 06 de septiembre de 2022

Dra. Marlene Lorena Molina Muller

DIRECTORA DE TRABAJO DE TITULACIÓN

CERTIFICO:

Que he revisado y orientado todo el proceso de elaboración del Trabajo de Titulación denominado: **Estimación del efecto de tres niveles de fertilización sobre el crecimiento y desarrollo reproductivo en cacao (*Theobroma cacao* L.) clon CCN51 y EETP800 en el sector El Padmi**, previo a la obtención del título de **Ingeniero Agrónomo**, de la autoría del estudiante **Jackeline Alejandra Montoya Gonzalez**, con **cédula de identidad** Nro. **1150348579**, una vez que el trabajo cumple con todos los requisitos exigidos por la Universidad Nacional de Loja, para el efecto, autorizo la presentación del mismo para su respectiva sustentación y defensa.



Firmado electrónicamente por:
**MARLENE LORENA
MOLINA MULLER**

Dra. Marlene Lorena Molina Muller

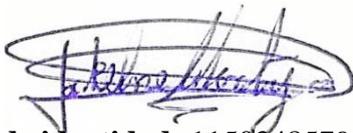
DIRECTORA DE TRABAJO DE TITULACIÓN

Autoría

Yo, **Jackeline Alejandra Montoya Gonzalez**, declaro ser el autor del presente trabajo de Titulación y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos, de posibles reclamos o acciones legales por el contenido de la misma.

Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja, la publicación de mi trabajo de Titulación, en el Repositorio Institucional – Biblioteca Virtual.

Firma:



Cedula de identidad: 1150348579

Fecha: 24 de abril del 2023

Correo electrónico: aleja1996montoya@gmail.com

Celular: 0988696569

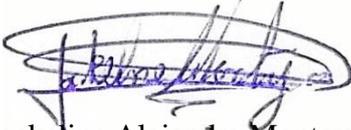
Carta de autorización por parte de la autora, para la consulta, reproducción parcial o total y/o publicación electrónica del texto completo, del Trabajo de Titulación.

Yo, **Jackeline Alejandra Montoya Gonzalez**, declaro ser la autora del Trabajo de Titulación denominado **Estimación del efecto de tres niveles de fertilización sobre el crecimiento y desarrollo reproductivo en cacao (*Theobroma cacao* L.) clon CCN51 y EETP800 en el sector El Pادمي**, como requisito para optar el título de **Ingeniera Agrónomo**, autorizo al sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que, con fines académicos, muestre la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido en el Repositorio Digital Institucional.

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

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

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

Firma: 

Autor: Jackeline Alejandra Montoya Gonzalez

Cedula: 1150348579

Dirección: Barrio Punzara Alto, Loja – Ecuador

Correo electrónico: aleja1996montoya@gmail.com

Celular: 0988696569

Datos complementarios

Director del trabajo de Titulación: Dra. Marlene Lorena Molina Muller

Dedicatoria

Dedicado con todo el amor, cariño y corazón a mis padres, hermanos, compañeros y amigos que me han brindado su apoyo incondicional durante todo el transcurso de mi carrera como profesional.

Jackeline Alejandra Montoya Gonzalez

Agradecimiento

Primeramente, agradecer a Dios y a la Virgen María.

A mis padres, Bolívar y Jenny quienes han sido mi apoyo incondicional y soporte durante todo este tiempo para poder culminar con mis estudios.

A mis hermanos; Manuel, Víctor, Cristian y Ángel.

A la Universidad Nacional de Loja y a los docentes de la Carrera de Ingeniería Agronómica que con sus enseñanzas impartidas a lo largo de toda mi carrera han sido partícipes de mi formación y crecimiento profesional.

A mi directora de tesis Dra. Marlene Molina por la ayuda y atención prestada.

A mis ángeles del cielo; Segundo Montoya, Alejandrina Poma y Luz Medina.

Gracias infinitas

Jackeline Alejandra Montoya Gonzalez

Índice de contenidos

Portada	i
Certificación	ii
Autoría	iii
Carta de autorización	iv
Dedicatoria	v
Agradecimiento	vi
Índice de contenidos	vii
Índice de tablas	xi
Índice de figuras	xii
Índice de anexos	xiii
1. Título	1
2. Resumen	2
2.1 Abstract.....	3
3. Introducción	4
4. Marco teórico	6
4.1. Generalidades sobre el cacao	6
4.1.1 Origen	6
4.2 Taxonomía Y Morfología.....	6
4.2.1 Taxonomía	6
4.3 Morfología.....	7
4.3.1 Planta:	7
4.3.2 Sistema radicular:.....	7
4.3.3 Hojas:	7
4.3.4 Flores:	7
4.3.5 Inflorescencia:.....	7
4.3.6 Fruto:.....	7
4.4 Condiciones edafoclimáticas	7
4.4.1 El suelo.....	7
4.4.3 El clima	8
4.4.4 Temperatura	8

4.4.5 Luminosidad	8
4.4.6 Sombra	8
4.5 Características de los clones de cacao	8
4.5.1 Clon CCN- 51	8
4.5.2 Clon EETP-800 aroma Pichilingue.....	9
4.6 Manejo fitosanitario.....	10
4.6.1 Manejo de arvenses.....	10
4.6.2 Poda.....	10
4.6.2.1 Poda de formación	10
4.6.2.2 Poda fitosanitaria	10
4.6.2.3 Poda de rehabilitación.....	10
4.7 Plagas y enfermedades.....	10
4.7.1 Plagas	10
4.7.1.1 Hormiga arriera	11
4.7.2 Enfermedades.....	11
4.7.2.1 Monilia (<i>Moniliophthora roreri</i>):	11
4.7.2.2 Escoba de bruja	11
4.7.2.3 Mazorca negra (<i>Phytophthora palmivora</i>):	12
4.7.2.4 Roselinia (<i>Rosellinia</i> sp):.....	12
4.7.2.5 Antracnosis (<i>Colletotrichum gloeosporioides</i>):.....	12
4.8 Fertilización en el cultivo del cacao	13
4.9 Nutrición.....	14
4.10 Diagnóstico de funciones y deficiencias nutricionales del cacao.....	14
4.10.1 Funciones del Nitrógeno (N)	14
4.10.2 Funciones del fósforo (P).....	14
4.10.3 Funciones del potasio (K)	15
4.10.4 Funciones del calcio (Ca).....	15
5 Metodología.....	16
5.1 Localización de la investigación.....	16
5.2 Ubicación geográfica.....	16
5.3 Metodología general.....	16
5.3.1 Tipo de investigación.....	16
5.3.2 Diseño experimental	17

5.3.3 Cálculo de los niveles de fertilización en relación de los análisis del suelo.....	17
4.3.3 Modelo estadístico	21
5.3.4 Análisis estadístico.....	21
5.4 Metodología para el primer objetivo	22
5.4.1 Área de la sección transversal del tronco (ASTT)	22
5.4.2 Diámetro de copa	22
5.4.3 Área Foliar (AF) e índice de área foliar (IAF).....	22
5.5 Metodología para el segundo objetivo.....	23
5.5.1 Número de flores.....	23
5.5.2 Número de flores cuajadas	23
5.5.3 Número de frutos	23
5.5.4 pH y Conductividad eléctrica (CE) del suelo	23
5.5.5 Densidad estomática (DE) e índice estomático (IE)	24
5.5.6 Concentración de clorofila.....	24
6 Resultados	26
6.1 Área de la sección transversal del tronco (ASTT).....	26
6.2 Diámetro de copa.....	27
6.3 Área Foliar (AF) e índice de área foliar IAF	27
6.3.1 Área foliar	27
6.3.2 Índice de área foliar	28
6.4 Número de flores.....	29
6.5 Número de flores cuajadas.....	29
6.6 Número de frutos	30
6.7 pH y Conductividad eléctrica (CE) del suelo	31
6.7.1 pH en el suelo.....	31
6.7.2 Conductividad eléctrica (CE).....	31
6.8 Densidad estomática (DE) e índice estomático (IE).....	32
6.8.1 Densidad estomática (DE)	32
6.8.2 Índice estomático	33
6.9 Concentración de clorofila.....	34
6.10 Correlaciones entre variables.....	34
7. Discusión	36
8. Conclusiones	40
9. Recomendaciones	41

10. Bibliografía	42
11. Anexos	45

Índice de tablas

Tabla 1.	ASTT e incremento en porta-injerto y en la varetta de los diferentes tratamientos	26
Tabla 2.	Área foliar e IAF en los diferentes tratamientos a los 105 DDAT.....	28
Tabla 3.	Número de flores en los diferentes tratamientos a los 20, 40, 60 80 y 105 DDAT29	
Tabla 4.	Número de flores cuajadas en los diferentes tratamientos a los 20, 40, 60 80 y 105	30
Tabla 5.	Número de frutos presentes en los diferentes tratamientos a los 20, 40, 60 80 y 105 DDAT	30
Tabla 6.	Evaluación del pH en el suelo en los distintos tratamientos	31
Tabla 7.	Conductividad eléctrica (CE) en el suelo en dos genotipos de cacao: genotipo 1 y 2.	32
Tabla 8.	Concentración de clorofila A, B y Total a los 105 DDAT en cacao genotipos CCN51 (1) y EETP-800 (2).	34
Tabla 9.	Correlaciones entre variables morfológicas y reproductivas	35

Índice de figuras

Figura 1. Localización de la Estación experimental “El Padmi”	16
Figura 2. Tabla de Excel de los cálculos realizados para determinar la cantidad de fertilizante necesario para cada planta	18
Figura 3. Esquema de la distribución de los tratamientos en campo	20
Figura 4. Diámetro de copa en cacao genotipo 1 (EETP-800) y genotipo 2 (CCN-51) fertilización: 1 (0 %), 2 (100 %) y 3 (200 %), cada punto es el promedio de cuatro repeticiones. DDAT: días durante la aplicación de los tratamientos.	27
Figura 5. Densidad estomática en cacao genotipo 1 (EETP-800) y genotipo 2 (CCN-51) después de 105 días de haber aplicado tres niveles de fertilización en el cultivo, DE: densidad estomática.	33
Figura 6. Índice estomático en cacao genotipo 1 (EETP-800) y genotipo 2 (CCN-51), después de 105 días de haber aplicado tres niveles de fertilización en el cultivo; I.E: Índice estomático.	33
Figura 7. Medición de hojas para cálculo de área foliar e índice de área foliar.....	47
Figura 8. Toma de muestras de suelo para evaluación de pH y conductividad eléctrica....	47
Figura 9. Diseño de cultivo en campo.....	48
Figura 10. Planta de cacao fertilizada	48

Índice de anexos

Anexo 1. Análisis de suelo previo a la evaluación de variables de crecimiento y reproductivas	45
Anexo 2. Resultados finales del análisis de suelo con respecto al pH y conductividad eléctrica.	46
Anexo 3. Fotografías del experimento en campo.	47
Anexo 4. Certificación de traducción del Abstract	50

1. Título

Estimación del efecto de tres niveles de fertilización sobre el crecimiento y desarrollo reproductivo en cacao (*Theobroma cacao* L.) clon CCN51 y EETP800 en el sector El Padmi

2. Resumen

Ecuador es el primer productor de cacao (*Theobroma cacao* L.) fino de aroma del mundo, conocido también como cacao Nacional con características que lo hacen único y especial que sobresale internacionalmente por su conocido sabor, sin embargo, su producción se ha visto afectada por la aplicación de actividades incorrectas de fertilización ocasionando interferencia en el crecimiento, desarrollo, rendimiento y producción normal de la planta. El objetivo de la presente investigación fue evaluar el efecto de tres niveles de fertilización en el crecimiento y desarrollo reproductivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) clon CCN51 y EETP800 en el sector el Padmi. El estudio se llevó a cabo en la Estación experimental “El Padmi” de la Universidad Nacional de Loja, ubicada en la parroquia “Los Encuentros” perteneciente al cantón Yanzatza de la provincia de Zamora Chinchipe, donde se utilizó un cultivo establecido de cacao genotipo CCN-51 y EETP-800 en etapa productiva de dos años, con una distancia de siembra de 3.5 m entre planta y 4 m entre hilera. Se aplicó un diseño completamente al Azar (DCA) con arreglo bifactorial, con seis tratamientos, que corresponde a tres niveles de fertilización: 0 % plantas creciendo sin ningún tipo de fertilización, 100 % con fertilización aplicada y 200 % de fertilización en dos genotipos de cacao (*Theobroma cacao* L) CCN-51 Y EETP-800, con 4 repeticiones por tratamiento. Las variables morfológicas: Área de la sección transversal del tronco (ASTT), Diámetro de copa, Área Foliar (AF) e índice de área foliar (IAF), las variables reproductivas evaluadas fueron las siguientes: Número de flores, Número de flores cuajadas, Número de frutos, pH y Conductividad eléctrica (CE) del suelo se evaluaron cada 20 días mientras que la Densidad estomática (DE) e índice estomático (IE) y Concentración de clorofila se midieron al final del ensayo. Los resultados sugieren que el genotipo EETP-800 presenta mejores resultados con la aplicación de las diferentes dosis de fertilización a diferencia del genotipo CCN-51 donde se logró evidenciar que las diferentes dosis de fertilización en este genotipo no presentan influencia sobre el desarrollo de ciertas variables morfológicas como el diámetro de copa esto puede atribuirse a la acidez fuerte del suelo del cultivo provocando la disminución de asimilación de fósforo y otros nutrientes esenciales para el crecimiento y desarrollo de la planta y sus raíces logrando de esta manera la disminución de la eficiencia de los fertilizantes aplicados y su absorción

Palabras clave: *Theobroma cacao* L, crecimiento, desarrollo, fertilización.

2.1 Abstract

Ecuador is the first producer of fine aroma cocoa (*Theobroma cacao* L.) in the world, also known as National cocoa with characteristics that make it unique and special that stands out internationally for its well-known flavor, however, its production has been affected by the application of incorrect fertilization activities causing interference in the growth, development, performance and normal production of the plant. The objective of this research was to evaluate the effect of three levels of fertilization on the growth and reproductive development of cocoa (*Theobroma cacao* L.) clone CCN51 and EETP800 in the Padmi sector. The study was carried out at the "El Padmi" experimental station of the National University of Loja, located in the "Los Encuentros" parish belonging to the Yanzatza canton of the Zamora Chinchipe province, where an established crop of cacao genotype CCN-51 was used, and EETP-800 in a productive stage of two years, with a planting distance of 3.5 m between plants and 4 m between rows. A completely randomized design (DCA) was applied with a bifactorial arrangement, with six treatments, corresponding to three levels of fertilization: 0% plants growing without any type of fertilization, 100% with applied fertilization and 200% fertilization in two genotypes of cocoa (*Theobroma cacao* L) CCN-51 and EETP-800, with 4 replicates per treatment. The morphological variables: Area of the cross section of the trunk (ASTT), Crown diameter, Leaf Area (AF) and leaf area index (IAF), the reproductive variables evaluated were the following: Number of flowers, Number of set flowers, Number of fruits, pH and electrical conductivity (EC) of the soil were evaluated every 20 days while the stomatal density (DE) and stomatal index (IE) and chlorophyll concentration were measured at the end of the trial. The results suggest that the EETP-800 genotype presents better results with the application of the different fertilization doses, unlike the CCN-51 genotype, where it was possible to show that the different fertilization doses in this genotype do not influence the development of certain variables. morphological factors such as crown diameter, this can be attributed to the strong acidity of the crop soil, causing a decrease in the assimilation of phosphorus and other essential nutrients for the growth and development of the plant and its roots, thus achieving a decrease in the efficiency of the applied fertilizers and their uptake

Key words: *Theobroma cacao* L, growth, development, fertilization.

3. Introducción

Ecuador es el primer productor de cacao (*Theobroma cacao* L.) fino de aroma del mundo, conocido también como cacao Nacional con características que lo hacen único y especial que sobresale internacionalmente por su conocido sabor; sin embargo, su producción se ha visto afectada a la intolerancia de plagas y enfermedades por ello se ha introducido en el país diversos híbridos de cacao entre ellos el clon CCN-51 que resalta por ser de alta productividad y tolerante a plagas y enfermedades, el CCN-51 mantiene un buen mercado y el área cultivada con este material crece constantemente (INIAP, 2009).

La mayor concentración de producción de cacao está situada en las provincias de Los Ríos, Guayas, Manabí y Sucumbíos. Actualmente en el país se cultivan dos tipos de cacao; el Cacao CCN-51 y el denominado Cacao Nacional (Asociación Nacional de Exportadores de Cacao-Ecuador, 2015).

La producción agronómica de cacao es uno de los rubros importantes dentro de los sistemas agrícolas de la Amazonía, no obstante, los rendimientos reportados son bajos, entre 300 y 500 kg/ha/año INIAP (2009), debido, a la amplia variabilidad de genotipos existente en fincas muchos de los cuales son poco productivos y susceptibles a plagas, enfermedades y del ambiente en el que se desarrolla el cultivo. Referente al efecto ambiental, la fertilización juega un papel importante en la nutrición del cultivo, en la amazonia los cultivos de cacao se encuentran establecidos en suelos frágiles y la investigación local para enfrentar este problema ha sido escasa debido a que la información disponible sobre la importancia de la fertilización en el cultivo prácticamente es inexistente.

En la región amazónica, la aplicación de actividades incorrectas de fertilización, explica gran parte del problema de los bajos rendimientos a pesar de que las condiciones climáticas y el potencial genético de las variedades están garantizados INIAP (2014).

La falta de conocimiento de la importancia y forma de aplicación de la fertilización en el cultivo de cacao es el principal inconveniente durante la fase de desarrollo del cultivo ocasionando interferencia en el crecimiento, desarrollo, rendimiento y producción normal de la planta (Córdova, 2019).

Carrillo, *et al.* (2015) indican que la altura y diámetro del tallo de cacao (CCN51 y EETP800) aumenta con la aplicación de diferentes dosis de fertilizante (N, P, K) durante la fase de crecimiento vegetativo y que la aplicación de nitrógeno aumenta la floración y posteriormente contribuye considerablemente a una fructificación y una formación \de mazorcas mejores en época de crecimiento reproductivo.

En base a lo referido el proyecto de investigación analizó la estimación del efecto de tres niveles de fertilización sobre el crecimiento y desarrollo reproductivo en cacao (*Theobroma cacao* L.) clon CCN51 y EETP800 en el sector El Padmi que servirá de apoyo y generación de información teórica para que los productores del sector consigan un adecuado desarrollo y mejores rendimientos de cacao con la aplicación de un manejo adecuado de la fertilización en el cultivo, además, este proyecto podrá contribuir con los datos recolectados podrán ser empleados en futuras investigaciones referentes al cultivo y tema de estudio. Con el propósito de cumplir el propósito de la investigación se plantearon los siguientes objetivos:

Objetivos

Objetivo general

Evaluar el efecto de tres niveles de fertilización en el crecimiento y desarrollo reproductivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) clon CCN51 y EETP800 en el sector el Padmi.

Objetivos específicos

Determinar cómo influye la aplicación de tres niveles de fertilización sobre variables morfológicas de crecimiento en cacao (*Theobroma cacao* L.) clon CCN51 y EETP800.

Analizar el efecto de tres niveles de fertilización durante la etapa de desarrollo reproductivo de cacao clon CCN51 y EETP800.

4. Marco teórico

4.1. Generalidades sobre el cacao

4.1.1 Origen

El cacao tiene su origen en los trópicos húmedos de América, ya era conocido en México cuando, en 1520, desembarcaron los españoles (Anacafe, 2016).

Es originario de la cuenca del Amazonas, en las zonas comprendidas entre Colombia, Ecuador, Perú y Brasil, pues aquí es donde se ha encontrado una mayor diversidad de especies. Por su origen y características genéticas, el cacao está clasificado en cuatro tipos: Criollo, Forastero Amazónico, Trinitario y Nacional de Ecuador. Además, existen Clones de Cacao (INIAP, 2009).

El cacao es un cultivo tropical que se desarrolla en las latitudes comprendidas entre los 10°N y 10°S del ecuador. Está ampliamente extendido en África, Asia, Oceanía y América en plantaciones destinadas a producir esencialmente sus granos o almendras y que son utilizadas principalmente para la producción de chocolates y grasas por industrias alimentarias o cosmetológicas (IICA, 2017).

4.2 Taxonomía Y Morfología

4.2.1 Taxonomía

Según el INIAP (2009) la clasificación botánica del cacao corresponde a las divisiones.

CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA			
Reino	<i>Plantae</i>	Orden	<i>Malvales</i>
Subreino	<i>Tracheobionta</i>	Familia	<i>Malvaceae</i>
División	<i>Magnoliophyta</i>	Subfamilia	<i>Byttnerioideae</i>
Clase	<i>Magnoliopsida</i>	Genero	<i>Theobroma</i>
Subclase	<i>Dilleniidae</i>	Especie	<i>Theobroma cacao</i>

4.3 Morfología

Las características morfológicas de cacao se detallan a continuación:

4.3.1 Planta: Árbol de tamaño mediano (5-8 m) aunque puede alcanzar alturas de hasta 20 m cuando crece libremente bajo sombra intensa. Su corona es densa, redondeada y con un diámetro de 7 a 9 m. Tronco recto que se puede desarrollar en formas muy variadas, según las condiciones ambientales (InfoAgro, 2012).

4.3.2 Sistema radicular: Raíz principal pivotante y tiene muchas secundarias, la mayoría de las cuales se encuentran en los primeros 30 cm de suelo.

4.3.3 Hojas: Simples, enteras y de color verde bastante variable (color café claro, morado o rojizo, verde pálido) y de pecíolo corto (InfoAgro, 2012).

4.3.4 Flores: Son pequeñas y se producen, al igual que los frutos, en racimos pequeños sobre el tejido maduro mayor de un año del tronco y de las ramas, alrededor en los sitios donde antes hubo hojas. Las flores son pequeñas, el cáliz es de color rosa con segmentos puntiagudos; la corola es de color blancuzco, amarillo o rosa. Los pétalos son largos (InfoAgro, 2012). Las primeras flores usualmente aparecen un poco después de que el árbol cumple los tres años de vida, la mayoría de cacao florece todo el año, influyendo mucho en la floración el ambiente (James, Bonilla, y Castillo, 2008).

4.3.5 Inflorescencia: Están localizadas en la base de las hojas en la zona de la cicatriz y yema axilar que deja una hoja.

4.3.6 Fruto: Es como en otras especies el resultado de la maduración del ovario una vez fecundado, este fruto está sostenido por un pedúnculo leñoso que es el resultado de la maduración de los pecíolos de la flor. Cada fruto puede tener un número muy variable de semillas (James, Bonilla, y Castillo, 2008).

4.4 Condiciones edafoclimáticas

4.4.1 El suelo

La selección de un suelo apropiado es fundamental para obtener plantaciones de cacao de alta productividad. Si este no cumple los requisitos mínimos para el desarrollo de la planta el cultivo no funcionara, aunque se utilicen semillas de las mejores características (PRODUCTOR, 2019). Pues las 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 (INTA, 2009).

4.4.3 El clima

Las zonas presentan una altitud de 150 a 800 metros sobre el nivel del mar (msnm), una precipitación de lluvias anual desde 2 500 a 3 500 milímetros distribuidas durante todo el año. Estas características climáticas son en general propicias para el cultivo de cacao (INIAP, 2009).

4.4.4 Temperatura

La temperatura es un factor climático crítico para el desarrollo del cacao. No debe existir fluctuaciones extremas de más de °C entre el día y la noche debido a que afecta los procesos fisiológicos de la planta como formación de flores y frutos.

4.4.5 Luminosidad

Los efectos lumínicos ayudan a la elaboración de los alimentos de la planta además están relacionados estrechamente con la elaboración y sinterización de alimentos por parte de la planta (fotosíntesis) y el movimiento de los estomas que ayuda a estimular el crecimiento de la planta (Quiroz, 2009).

4.4.6 Sombra

El cacao en estado natural vive en asociación con otras especies de plantas tales como palmeras, árboles y arbustos. Debido a que al cacao usualmente se le ha encontrado creciendo bajo otros árboles y su cultivo tradicionalmente bajo sombra (James, Bonilla, y Castillo, 2008).

4.5 Características de los clones de cacao

4.5.1 Clon CCN- 51

En 1965 luego de varias investigaciones, el agrónomo ambateño Homero Castro Zurita, logró en 1965 el denominado cacao clonal CCN-51 que significa Colección Castro Naranjal. Es un cacao clonado de origen ecuatoriano que el 22 de junio del 2005 fue declarado, mediante acuerdo ministerial, un bien de alta productividad. Con esta declaratoria, el Ministerio de Agricultura brinda apoyo para fomentar la producción de este cacao, así como su comercialización y exportación, que es tolerante a las enfermedades, de alta productividad y calidad (Anecacao, 2015).

El CCN-51 tiene un mayor potencial de rendimiento y resistencia a las enfermedades fungosas comunes. Si el proceso de fermentación es el adecuado puede llegar a tener buenas características de calidad. Este clon puede alcanzar a un rendimiento de 4 000 kg de semillas secas/hectárea bajo exposición solar y alta densidad se destaca su altísima productividad que llega en muchas haciendas a superar los 2 300 kg (50 quintales de 45 kg) por hectárea, lo que lo convierte en un cultivo rentable para el agricultor (Santos, 2012).

Características botánicas

Es un árbol de tamaño regular 3 - 4 m aunque puede alcanzar alturas de hasta 8 m cuando crece libremente bajo sombra intensa. Su copa es densa, redondeada y con un diámetro que depende de la altura de la planta, tronco recto que se puede desarrollar en formas muy variadas, según las condiciones ambientales (Carrión, 2012), el sistema radicular de la planta posee una raíz principal pivotante (Cárdenas, 2015) que penetra en el suelo de 1,20 hasta 2,00 m, sus raíces secundarias crecen a su alrededor que se encuentran en su gran mayoría en los 0,3 m del suelo, constan de hojas variadas simples, enteras y de color verde de pecíolo corto (Anecacao, 2010).

4.5.2 Clon EETP-800 aroma Pichilingue

Loor, *et al.*, (2018) indican que 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 CCN-51.

La precocidad y el alto rendimiento de ambos clones, aportará al crecimiento de la productividad por hectárea y a la oferta exportable de cacao finos, contribuyendo a la valorización de la cadena productiva y aumentando las divisas que ingresan al país.

Características botánicas

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 (Loor *et al.* 2019).

4.6 Manejo fitosanitario

4.6.1 Manejo de arvenses

Una vez es trasplantado, cada mes debe realizarse plateo, procurando que el suelo no quede totalmente descubierto para evitar que los rayos solares recalienten y en consecuencia sufran las raicillas en crecimiento (Red de Productores de Cacao de la región Caribe Colombiana, 2012). Además de ello se debe realizar un manejo adecuado de plantas arvenses debido a la competencia por luz solar, nutrientes y para facilitar el acceso en el área de trabajo este control se lo debe realizar ya sea de manera manual o mecánico cada 20 días (Quiroz, 2009).

4.6.2 Poda

Las podas son una actividad importante en el cultivo de cacao, pues de éstas depende la buena formación, desarrollo y producción del cacao, por lo tanto, deben aplicarse desde el inicio del cultivo (INIAP, 2009).

4.6.2.1 Poda de formación: Ésta se efectúa desde el vivero y en los primeros meses después del trasplante hasta el segundo año de vida del árbol. Ayuda a crear un ramaje bien balanceado y a equilibrar el sistema aéreo de la planta en desarrollo, en el que se producen los frutos, y permite proveer a la planta una arquitectura equilibrada (IICA, 2017).

4.6.2.2 Poda fitosanitaria: Consiste en la eliminación de las partes del follaje y ramas que hayan sido afectadas por escoba de bruja y frutos atacados por monillia u otras enfermedades o insectos (INIAP, 2009).

4.6.2.3 Poda de rehabilitación: Esta poda se la realiza en huertos viejos improductivos y consiste en la eliminación de abundante follaje y ramas, con el fin de que la planta emita nuevas ramas o chupones basales (INIAP, 2009).

4.7 Plagas y enfermedades

4.7.1 Plagas

El cacao está expuesto al ataque de animales e insectos sin embargo los daños no son generalizados, suelen ser puntuales y en general corresponde al manejo inadecuado de las plantaciones

4.7.1.1 Hormiga arriera: El cacao está expuesto al ataque de animales e insectos sin embargo los daños no son generalizados, suelen ser puntuales y en general corresponde al manejo inadecuado de las plantaciones (Red de Productores de Cacao de la región Caribe Colombiana, 2012).

4.7.2 Enfermedades

El cacao como toda planta está sometido a la acción de plagas y enfermedades que afectan el desarrollo y la productividad de los árboles. Entre las más comunes están:

4.7.2.1 Monilia (*Moniliophthora roreri*): Según Quiroz (2009), la monilia es una de las principales enfermedades del cacao en América Latina, Caribe y Ecuador. Esta enfermedad es causada por un hongo patógeno denominado *Moniliophthora roreri* presente especialmente en climas húmedos que solo ataca las mazorcas del cacao en cualquier estado de desarrollo siendo los frutos tiernos los más propensos a la enfermedad INTA (2009). Los frutos afectados con monilia deben ser eliminados antes de que emitan el polvo blanco para evitar propagar la enfermedad.

Síntomas:

La enfermedad se presenta con la aparición de pequeñas manchas de color amarillo en mazorcas verdes y manchas anaranjadas en mazorcas rojas INIAP (2009). En frutos jóvenes se observan deformaciones o gibas y por lo general se puede causar la pérdida de todo el grano.

En frutos desarrollados los síntomas externos aparecen después de 40 a 80 días de infección con pequeñas manchas oscuras en la superficie de las mazorcas; es decir que las mazorcas infectadas son asintomáticas (sin lesiones visibles) en las primeras etapas de la infección. Posterior a la formación de estas manchas oscuras, se forma un característico polvo blanco en la superficie de las mazorcas infectadas por la presencia de millones de conidias (Ramírez, 2003).

4.7.2.2 Escoba de bruja (*Moniliophthora perniciosa*): Esta enfermedad es causada por un hongo patógeno llamado *Crinipellis perniciosa*, que afecta los cojines florales, frutos y puntos de crecimiento. Además, de ser considerada la enfermedad más importante del cacao. La semilla es una de las posibles vías de transmisión. Los frutos más desarrollados presentan manchas negras, duras, brillantes e irregulares (INTA, 2009).

Síntomas:

Se presenta en los cojines florales, las flores crecen anormalmente en abanico formando tejidos que dan apariencia de escoba y los frutos que se desarrollan toman la apariencia de una zanahoria INIAP (2009). Afectan los tejidos terminales hay un sobre crecimiento de las ramas y hojas en forma de escoba.

4.7.2.3 Mazorca negra (*Phytophthora palmivora*): Es una enfermedad que afecta los frutos y el árbol de cacao causada por un hongo llamado *Phytophthora palmivora*. Ataca raíces, hojas, tallos y frutos del cacao causando pudrición de color pardo; en las plántulas que están en vivero es muy común, especialmente en ambientes húmedos y con falta de aireación (INIAP, 2009).

Síntomas:

Ataca frutos en cualquier edad, sin embargo, se encuentra con más frecuencia en aquellos que están próximos a madurez. Frutos con manchas color chocolate, con bordes bien definidos. Las mazorcas afectadas son blandas y menos pesadas que las mazorcas normales. El daño es de apariencia acuosa (INIAP, 2009).

4.7.2.4 Roselinia (*Rosellinia* sp): La *Rosellinia* es causada por un hongo del suelo llamado *Rosellinia* pepo que se alimenta de material en descomposición y tiene la facultad de atacar las raíces y cuello del árbol causando amarillamiento, paloteo, defoliación, secamiento de ramas y posteriormente su muerte (Red de productores de cacao de la región del Caribe Colombiana, 2012).

Síntomas:

La enfermedad se produce de manera localizada en parches que avanzan rápidamente, matando las plantas de cacao y otras especies usadas como sombra o cultivos asociados al cacao (Red de productores de cacao de la región del Caribe Colombiana, 2012).

4.7.2.5 Antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides*): La enfermedad incide en el desarrollo y la producción de las plantas al atacar los brotes tiernos, las hojas y los tallos más expuestos al sol.

Síntomas:

La antracnosis causa lesiones secas con borde amarillo que normalmente avanzan del borde hacia adentro de las hojas hasta dañarlas completamente (INTA, 2009).

Requerimientos nutricionales en el cultivo de cacao

La nutrición en el cacao es muy importante para que el cultivo se desarrolle fisiológicamente y crezca de manera óptima, alcanzando los niveles de producción esperados conforme a la edad y la variedad sembrada. La presencia de elementos nutricionales presentes en el suelo o capa superior que son necesarios para las plantas. Es importante antes de iniciar un plan de fertilización realizar un análisis de laboratorio de suelos, el cual mostrará un diagnóstico nutricional del terreno que identifique los elementos presentes, ausentes o en bajas cantidades y que son necesarios suplir para el óptimo desarrollo del cultivo (Arango, 2021).

Las plantas de cacao tienen necesidades nutricionales de acuerdo con el estado de desarrollo, ya sea crecimiento, floración y producción. La extracción de nutrientes por el cultivo de cacao se incrementa rápidamente durante los primeros cinco años después de la siembra y luego de establecerse manteniendo esa tasa de absorción por el resto de vida útil de la plantación. En general, el potasio (K) es el nutriente más absorbido por el cacao, seguido por el nitrógeno (N), calcio (Ca) y magnesio (Mg). La cantidad exacta de nutrientes removidos por un cultivo en particular depende del estado nutricional del árbol (Instituto de la potasa y el fósforo, 2007).

Según CACAO.movil (2022), el cultivo de cacao requiere para óptimo crecimiento de diferentes contenidos tanto en vivero como en el primer año de establecimiento y en producción. En las tres etapas de crecimiento y desarrollo, el elemento de mayor requerimiento es el potasio (K), seguido del nitrógeno (N) y el Calcio (Ca), es importante ver que los requerimientos nutricionales del fósforo (P) en las diferentes etapas de desarrollo son menores.

4.8 Fertilización en el cultivo del cacao

El manejo de la fertilización es un aspecto importante para el desarrollo de los cultivos ya que un excesivo aporte de nutrientes puede sobrepasar la capacidad de absorción de la planta y generar un riesgo ambiental, como también, pérdida económica para el agricultor Páramo, *et al.* (2014). La fertilización es fundamental para el normal desarrollo de las plantas y alcanzar rendimientos económicamente rentables.

Según INTA (2009), la práctica excelente de la fertilidad del suelo en los cacaotales consiste en mejorar y mantener el contenido de la materia orgánica en el suelo mediante la aplicación de fertilizantes orgánicos e inorgánicos apropiados según recomendaciones científicas.

Se planificará considerando los resultados del análisis químico del suelo y foliar. La veracidad de disponibilidad de nutrientes presentes en el suelo que arroje el análisis de laboratorio, depende de la correcta toma de la muestra de suelo Páramo, *et al.* (2014). 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, mas no es evidente la forma en la cual se monitorea la respuesta del cultivo en función del estado nutricional del mismo (FAO, 2002).

4.9 Nutrición

El proceso mediante el cual los vegetales utilizan el alimento se denomina nutrición; los elementos involucrados, nutrientes. Se debe fertilizar dos veces al año, que el árbol este podado, sin malezas, con sombra regulada y con las enfermedades controladas; en una época en la que, en lo posible, las lluvias sean poco intensas o al inicio de las mismas, pero que se disponga de buena humedad Restrepo, *et al.* (2012). La nutrición del cultivo del cacao debe tener en cuenta la cobertura de sombra, la densidad de plantas y el estado nutricional del suelo.

La necesidad de mantener el balance entre nutrientes obliga a que se hagan aplicaciones de P y K y otros nutrientes dependiendo del contenido en el suelo) a medida que se incrementa la aplicación de N. El manejo de la nutrición del cultivo del cacao debe tener en cuenta la cobertura de sombra, la densidad de plantas y el estado nutricional del suelo (Red de productores de cacao de la región del Caribe Colombiana, 2012).

4.10 Diagnóstico de funciones y deficiencias nutricionales del cacao

4.10.1 Funciones del Nitrógeno (N)

Promueve el crecimiento y el desarrollo del cultivo. Constituyente esencial de las proteínas absorbidos por la planta está involucrado en todos los procesos principales de desarrollo y rendimiento del cultivo. Un adecuado suministro de nitrógeno promoverá la absorción adecuada de otros nutrientes (FAO, 2002).

Síntomas de deficiencias de nitrógeno

Se detiene el crecimiento de las plantas, clorosis en las hojas bajas de la planta, hojas pequeñas y delgadas, tallos delgados, caída prematura de hojas y floración prematura (Restrepo, *et al.* 2012).

4.10.2 Funciones del fósforo (P)

Promueve el desarrollo de raíces, importante en la formación de flores, frutos y semillas, vital en el proceso de fotosíntesis, almacenamiento y transferencia de energía, acelera la maduración

de los frutos (Restrepo, *et al.* 2012). Estimula la actividad de las bacterias nitrificantes y ayuda a la floración y fructificación además de ello juega un papel importante en la transferencia de energía, es esencial para llevar a cabo el proceso de la fotosíntesis y para otros procesos químicos y fisiológicos (FAO, 2002).

Síntomas de deficiencias del fósforo

La planta crece lentamente y las hojas más pequeñas no se desarrollan, el crecimiento nuevo tiene entrenudos cortos, las hojas se posicionan en ángulo agudo con relación a la rama, raíces cortas, delgadas y poco profundas, plantas con precario desarrollo vegetativo, deficiencia en los procesos de formación de flores, frutos, semillas, entre otros. Además, las hojas maduras desarrollan color pálido en los filos y en las puntas; las hojas jóvenes se tornan más pálidas que las venas (FAO, 2002).

4.10.3 Funciones del potasio (K)

Denominado el elemento de la calidad, encargado del engrosamiento de frutos, granos y tubérculos, translocación de los fotosintatos (carga del floema), regula el agua en las células y en los tejidos (transpiración, concentración de sales), promueve mecanismos de resistencia a plagas y patógenos, activa la absorción de nitratos y aumento de sólidos solubles (FAO, 2002).

Síntomas de deficiencias del potasio

Amarillamiento del borde de las hojas hacia adentro, inicialmente en hojas viejas, tallos y ramas débiles, frutos y granos pequeños, insípidos. A veces sin un llenado adecuado, entrenudos cortos, plantas mayormente afectadas por sequías, heladas y enfermedades (FAO, 2002).

4.10.4 Funciones del calcio (Ca)

Crecimiento, fortaleza en tallos y raíces jóvenes (división celular y elongación de las células), aumenta la vida de anaquel de frutos, órganos cosechados, componente de la pared celular y de la membrana plasmática (FAO, 2002).

Síntomas de deficiencias del calcio

Pudriciones apicales en frutos, deformación, necrosis de las hojas jóvenes, se afecta el crecimiento radicular, caída prematura de hojas, muerte de brotes y yemas (FAO, 2002).

5 Metodología

5.1 Localización de la investigación

La investigación se desarrolló en la Estación experimental “El Padmi” de la Universidad Nacional de Loja, ubicada en la parroquia “Los Encuentros” perteneciente al cantón Yantzaza, de la provincia de Zamora Chinchipe. (Figura1).

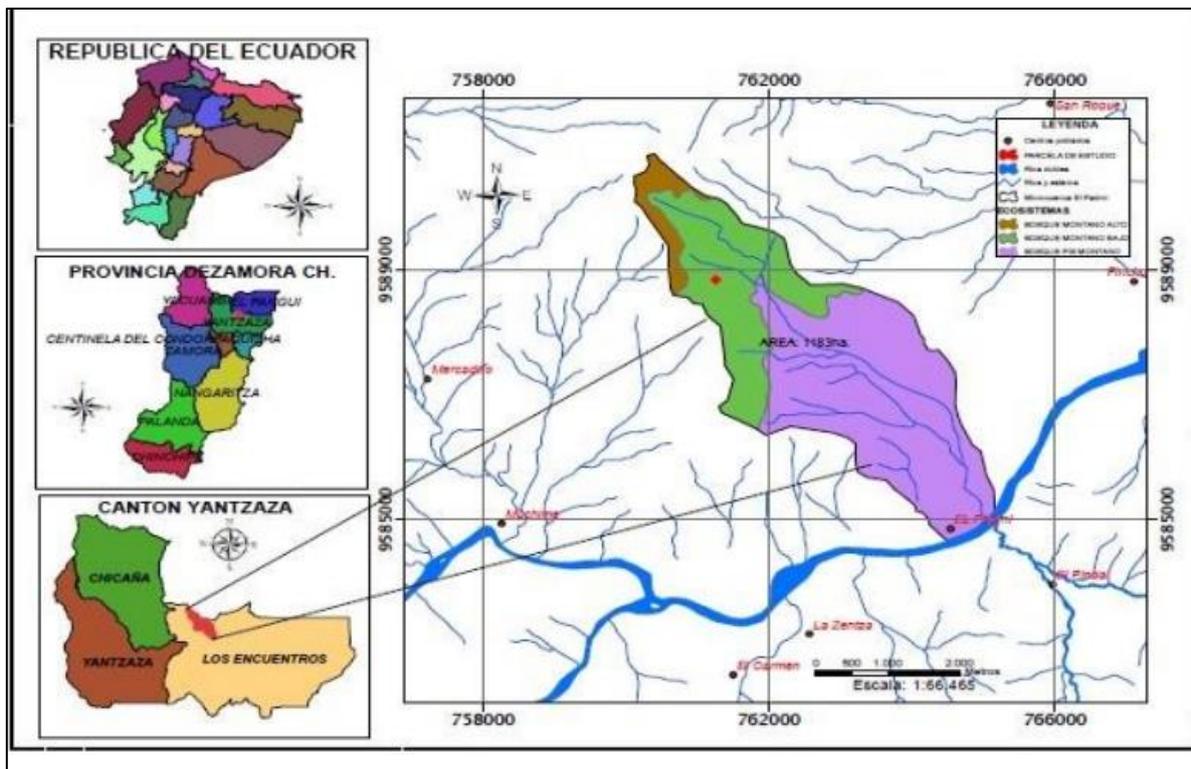


Figura1. Localización de la Estación experimental “El Padmi”

Fuente: Aguirre (2015).

5.2 Ubicación geográfica

La estación experimental El Padmi está situado a $3^{\circ} 44' 47.424''$ de Latitud Sur y a $78^{\circ} 37' 10.537''$ de Longitud Oeste. Posee un área de 102 95 hectáreas, y está a una altitud entre 775 y 1 150 msnm.

5.3 Metodología general

5.3.1 Tipo de investigación

El proyecto tubo un enfoque cuantitativo, además, presenta un alcance de tipo experimental, pues se evaluó el crecimiento y desarrollo reproductivo del cacao “*Theobroma cacao* L” para posterior interpretación y tabulación mediante análisis estadístico.

5.3.2 Diseño experimental

El experimento se realizó en un cultivo establecido de cacao genotipo CCN-51 y EETP-800 en etapa productiva de dos años, con una distancia de siembra de 3.5 m entre planta y 4 m entre hilera en un área aproximada de 672 m². El ensayo se ejecutó en dos fases: fase de campo donde se llevó a cabo la delimitación del ensayo, análisis de suelo y registro de datos de las características reproductivas en un periodo de cuatro meses del 15 de octubre del 2021 al 18 de febrero del 2022. Durante este tiempo se realizó el control de arvenses a través de prácticas culturales, destrucción de material infectado, aplicación de herbicida (glifosato) para evitar el crecimiento excesivo de malezas en el cultivo.

5.3.3 Cálculo de los niveles de fertilización en relación de los análisis del suelo

Además de ello se realizó el análisis de suelo del área de estudio mediante una toma de muestra de suelo que fue enviada al laboratorio de Manejo de Suelos y Agua de la Estación Experimental Santa Catalina del INIAP para su respectivo análisis químico, necesario para el diagnóstico real del suelo y de esta manera planificar adecuadamente las diferentes dosis de fertilización donde se concluyó que existía un déficit de boro y posteriormente se realizó la corrección mediante el cálculo de los resultados encontrados con la ayuda del programa Excel donde se procedió a calcular la cantidad necesaria y concentración de fertilizante para cada planta y tratamiento esto se realizó en base a los valores del análisis químico del suelo (Figura2).

Una vez realizado los cálculos se procedió a la aplicación de ácido bórico en dosis de 13,2 (B: 17,5 %) gr por planta, la aplicación del ácido bórico se realizó al inicio y al final del tiempo que duro el ensayo. También se agregó varias mezclas de fertilizantes al suelo como: Ca(NO₃)₂ nitrato de calcio (N) 15 y (Ca) 26 en dosis de 126 gr/planta, DAP (18-46-0) 12 gr/planta, KCL muriato de potasio (0-0-60) 125 gr/planta, nitrato de amonio (33-0-0) 86 gr/planta y sulfato de Mg (MgO: 16- S: 0) 104gr/planta.

La aplicación de los fertilizantes inicio el 15 de octubre del 2021 y se colocó a 50 cm de distancia desde la base del tallo a una profundidad de 5 cm cada 20 días.

		3,5 Kg/ha			
densidad	714,2857		100 F		26 Ca
cantidad por planta	0,0049 Kg/planta		x		196
	4,9 g/planta		753,8462		
Partimos en dos dosis	2,45 B				
Acido Borico 17,5%	14 gr		100 F		15 N
100 Ac borico	17,5 B		753,8462	X	N
	2,45 B				113,0769
			100 F		46 P
			X		32,2
CIC	10		70		
Ca	5,99		100 F		18 N
Mg	1,07		70 F	x	
K	0,35				12,6
PORECNTAJE DE BASES SOBRE LA CIC			100 F		60 K
	100		X		449,4
X	5,99		749		
59,9			100 F		33 N
10,7			X		171,1 N
3,5			518,5548		
			100 F		16 Mg
			x		99,4
			621,25		

		fertilizantes total en gr 100%		x planta	
				fertilizantes total por aplicación (6)	
Nitrato de Ca	15 N	753,8	gr	126	gr
	26 Ca				
DAP (18-46-0)	18 N	70,0	gr	12	gr
	46 P				
KCl (muriato de K)	60 K	749,0	gr	125	gr
nitrato de amonio	33 N	518,6	gr	86	gr
Sulfato de Mg	16 Mg	621,3	gr	104	gr

Figura 2. Tabla de Excel de los cálculos realizados para determinar la cantidad de fertilizante necesario para cada planta

Para la aplicación de los fertilizantes se realizó un diseño completamente al Azar (DCA) con arreglo bifactorial, con seis tratamientos de fertilización que corresponde a tres niveles de fertilización: 0 % (plantas creciendo sin ningún tipo de fertilización), 100 % (con fertilización aplicada) y 200 % (de fertilización) en dos genotipos de cacao (*Theobroma cacao*) CCN-51 y EETP-800, con 4 repeticiones por tratamiento, la unidad experimental corresponde a cada planta de cacao (Figura2).

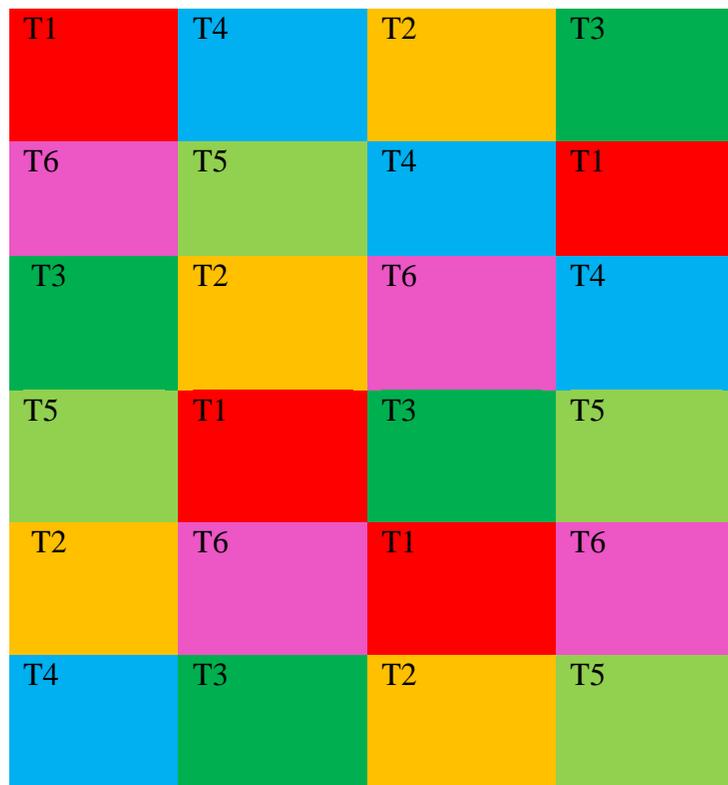


Figura 3. Esquema de la distribución de los tratamientos en campo

T1	Fertilización 0% clon CCN51 (sin ningún tipo de fertilización aplicada)
T2	Fertilización 100% clon CCN51 ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ nitrato de calcio 126 gr, DAP 12 gr, KCL muriato de potasio 125 gr, nitrato de amonio 86gr y sulfato de Mg 104 gr.
T3	Fertilización 200% clon CCN51 ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ nitrato de calcio 252 gr, DAP 24 gr, KCL muriato de potasio 250 gr, nitrato de amonio 86gr y sulfato de Mg 208 gr.
T4	Fertilización 0% clon EETP-800 (sin ningún tipo de fertilización aplicada)
T5	Fertilización 100% clon EETP-800 ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ nitrato de calcio 126 gr, DAP 12 gr, KCL muriato de potasio 125 gr, nitrato de amonio 86gr y sulfato de Mg 104 gr.
T6	Fertilización 200% clon EETP-800 ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ nitrato de calcio 252 gr, DAP 24 gr, KCL muriato de potasio 250 gr, nitrato de amonio 86gr y sulfato de Mg 208 gr.

4.3.3 Modelo estadístico

El modelo matemático considerado para el DCA:

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

Donde:

Y_{ij} = variable respuesta

μ = Media general

α_i = efecto del factor fertilización

β_j = efecto del factor clones

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

ε_{ij} = Error Experimental

Factor A: Fertilización (3 niveles)

Factor B: Genotipos (CCN51 Y EETP800)

Tratamiento: 6

Número de repetición: 4 repeticiones

Unidad experimental (UE): 1 planta

Total, de UE: 24

5.3.4 Análisis estadístico

Se realizó un análisis estadístico en orden, análisis de supuestos con el fin de verificar la distribución normal de los datos, (ANOVA), para determinar si existen diferencias significativas entre los tratamientos se aplicó un análisis de comparación de medias de (TUKEY) (95 %) para determinar cuál es el mejor tratamiento; finalmente se aplicó un análisis de correlación de PEARSON al (95 %) para observar si existen relaciones entre las variables cuantitativas. Para ello los datos fueron almacenados en una tabla de Microsoft Excel y se procedió a realizar el análisis en un programa de versión libre llamado “Infostat” versión 2019.

5.4 Metodología para el primer objetivo

Determinar cómo influye la aplicación de tres niveles de fertilización sobre variables morfológicas de crecimiento en cacao (*Theobroma cacao* L.) clon CCN-51 y EETP-800

Para el desarrollo y cumplimiento de este objetivo se evaluaron las siguientes variables las mismas que fueron medidas con un periodo de 20 días.

5.4.1 Área de la sección transversal del tronco (ASTT)

Se midió el diámetro del tronco a 3 cm sobre el injerto y 5 cm desde el porta injerto de la planta con la utilización de una cinta métrica. Esta medición se realizó dos veces, la primera al inicio y la segunda al final del ensayo; con ayuda de la fórmula del área de la circunferencia a partir del diámetro se obtuvo el valor final del ASTT expresado en cm².

$$\text{Área de circunferencia} = \pi * \frac{D^2}{4}$$

5.4.2 Diámetro de copa

Se tomaron medidas del diámetro con una cinta métrica en sentido norte-sur y este-oeste, proyectando la copa del árbol en círculo, y se promedió con la fórmula del área de un círculo expresando los datos en centímetros (cm). Se realizará una vez cada 20 días.

5.4.3 Área Foliar (AF) e índice de área foliar (IAF)

Se seleccionaron 20 hojas de cacao (*Theobroma cacao*) al azar para obtener una función que estime el área foliar. Se midió el largo y ancho de las hojas de cada planta con una cinta métrica y se expresó en centímetros descrito por Espinoza (2021), durante el periodo agosto- diciembre 2020 en estudios de interacción sombra/nutrición del mismo macroproyecto de la Universidad Nacional de Loja con ello se considero el largo de todas las hojas de cada planta de cacao en donde se empleo la siguiente ecuación:

$$AF = 0.3146x^1 \cdot 9241$$

Para determinar el IAF se sumó el AF de todas las hojas de la planta y se la dividió para la superficie que ocupa en el suelo.

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

5.5 Metodología para el segundo objetivo

Analizar el efecto de tres niveles de fertilización durante la etapa de desarrollo reproductivo de cacao clon CCN51 y EETP800

Para el desarrollo y cumplimiento de este objetivo se incorporaron en el cultivo tres niveles de fertilización que se basaron en los resultados arrojados por el análisis de suelo donde se observó el déficit de diferentes nutrientes, los mismos que fueron incorporados en seis aplicaciones mediante mezclas cada 20 días a excepción del ácido bórico que se aplicó dos dosis una al inicio y otra al final del ensayo. Además de ello se evaluaron las siguientes variables las mismas que fueron medidas en un periodo de 20 días.

5.5.1 Número de flores

Se conto el número de flores abiertas presentes en cada unidad experimental cada 20 días durante toda la fase de campo.

5.5.2 Número de flores cuajadas

Se conto en número de flores que fueron polinizadas y por ende cuajadas en los distintos tratamientos cada 20 días.

5.5.3 Número de frutos

Para esta variable se procedió a cuantificar el número de frutos de cada planta cada 20 días.

5.5.4 pH y Conductividad eléctrica (CE) del suelo

El nivel de pH y CE son propiedades químicas del suelo importantes para establecer un plan de fertilización exitoso, de estas propiedades dependerá la movilidad, absorción y disponibilidad de nutrientes en la planta por ello se realizó la determinación de pH, útil para poder elegir el tipo de abono más adecuado para el cultivo en especial para los fosfatados además de proporcionar información sobre la acidez y el estado cálcico del suelo. La CE se tomó para conocer la capacidad de conducción y aprovechamiento de las sales presentes en el suelo estos datos se tomaron cada 20 días durante la fase de campo en donde se tomó muestras aproximadamente de 80 y 100 g de suelo de cuatro puntos alrededor del tronco de la planta a cinco y diez centímetros de profundidad las mismas que fueron etiquetadas con cuatro repeticiones por tratamiento (24 muestras en total) para posteriormente ser enviadas al

laboratorio de Análisis Químico de la Universidad Nacional de Loja; para determinar el valor de pH y CE de las muestras.

5.5.5 Densidad estomática (DE) e índice estomático (IE)

Para el conteo de los estomas para la densidad estomática se la realizo al final del ensayo, para ello se empleó el método de la impronta descrito por Barrientos *et al.* (2003), que consiste en colocar un barniz cosmético de uñas (esmalte) sobre la parte abaxial de las hojas; este barniz se aplico cubriendo una superficie de 25 mm² del tercio medio de la hoja; una vez seco se procedió a retirar y colocar en un portaobjeto y colocho un cubre objeto para ser observado en el microscopio Olympus CX31 con el objetivo 10x, para posteriormente mediante el uso del programa MicroCam 5.7 se fotografiaron tres cuadros de 1000 µm para el conteo de estomas.

5.5.6 Concentración de clorofila

Se evaluó al finalizar el ensayo, a los 105 días después de la aplicación de los tratamientos (DDT), en donde se determinó la concentración de clorofila a, b y total con el protocolo de análisis de clorofila por espectrofotometría (Rodés y Collaguazo, 2006).

Para ello se colectaron alrededor de 5 hojas sanas de cacao con cuatro repeticiones por tratamiento, se envolvió y etiqueto a razón de cuatro repeticiones por tratamiento en toallas de papel completamente humedecidas para seguido de esto colocarlas dentro de una hielera para su debido transporte al Laboratorio de Analisis Quimico de la Universidad Nacional de Loja. Ya en el laboratorio se lavaron y cortaron secciones que no contengan nervaduras de cada una de las hojas donde se las clasifico por repeticion y tratamiento. Para extraer los pigmentos se peso un gramo de hoja y se lo sumergio en seis mililitros de etanol al 90 % dentro de un tubo de ensayo que previamente se envolvió en papel aluminio. Seguido de ello se centrifugo a 2000 rpm durante 20 minutos con la finalidad de que los pigmentos (clorofila) se desprendan de la muestra vegetal. Para la cuantificación de los pigmentos se tomo un mililitro del sobrenadante de cada de cada uno de los extractos y se diluyo hasta 10 ml en el solvente utilizado (blanco) luego se midio en un espectrofotometro UV hach DR 2 800, taponado de manera que no se volatilice; para expresar los resultados se emplearon las siguientes formulas:

$$Ca \frac{ml}{g} = \frac{[(12,7 * A663) - (2.69 * A645)] * vol. del extracto(ml)}{\text{peso de la hoja (g)}}$$

$$Cb \frac{ml}{g} = \frac{[(22,9 * A645) - (4.68 * A663)] * vol. del extracto(ml)}{\text{peso de la hoja (g)}}$$

$$C_{total} \frac{ml}{g} = \frac{[(20,2 * A645) - (8.02 * A663)] * \text{vol. del extracto(ml)}}{\text{peso de la hoja (g)}}$$

6 Resultados

6.1 Área de la sección transversal del tronco (ASTT)

Estas variables fueron medidas en el porta injerto y en la vareta de las plantas en ambos casos no se encontraron diferencias significativas ($p > 0.05$) entre los tres tratamientos de genotipo y fertilización en el inicio y al final del ensayo. Según la morfología propia de la planta (Tabla 1). En la Tabla 1. muestra el ASTT en la vareta y el porta-injerto a los 0 y 105 DDAT, donde se puede evidenciar que no se encontraron diferencias significativas para la vareta (p -valor= 0,08: $p > 0,05$). Sin embargo, se puede observar que la vareta en el genotipo2 (EETP-800) con fertilización 2(100 %) obtuvo un crecimiento de 19,90 cm² a los 105 días después de la aplicación del tratamiento (DDAT) seguido del genotipo1 (CCN-51) con fertilización 1 (0 %) con 16,88 cm², finalmente el genotipo 1 con fertilización 3 y genotipo 2 fertilización 1 con 14,48 cm. De igual manera se puede observar resultados similares en el porta-injerto no obstante se evidencia que en el genotipo2 con fertilización 3 (200 %) el crecimiento fue mayor a la vareta con 19,90 cm. Para el incremento del ASTT se puede observar que para el porta injerto el tratamiento que obtuvo mayor resultado fue el genotipo 1 con fertilización 3 con 2,95 cm² en su incremento final, seguido del tratamiento G1F1 con 2,63 finalmente el genotipo 2 con fertilización 2 obtuvo un menor incremento con 1,83.

Tabla 1. ASTT e incremento en porta-injerto y en la vareta de los diferentes tratamientos

Tratamientos	Vareta cm ²		Porta-injerto cm ²		Incremento cm ²	
	0 DDAT	105 DDAT	0 DDAT	105 DDAT	Vareta	Porta-injerto
G1F1	8,68	16,88	12,50	15,13	8,20	2,63
G1F2	13,3	15,38	11,50	13,75	2,08	2,25
G1F3	12,55	14,48	13,12	16,08	1,92	2,95
G2F1	12,30	14,48	16,00	17,93	2,18	1,93
G2F2	17,43	19,90	16,75	18,58	2,48	1,83
G2F3	13,08	14,575	18,00	19,90	1,50	1,90
C.V	62,60	55,18	63,53	66	60,96	57,49
Genotipo	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Fertilización	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Genotipo Fertilización	ns	ns	ns	ns	ns	ns

DDAT: días durante la aplicación de los tratamientos. **C.V.:** coeficiente de variación. **ns.:** no significativo.

6.2 Diámetro de copa

En la figura 4. Se muestra el crecimiento en cm para el diámetro de copa, en donde no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos debido a que existe (p -valor=0,9108; $p > 0,05$). No obstante, se evidencia que en el tratamiento genotipo 2 (EETP-800) con la fertilización 1 (0 %) que posee una media de 172,80 cm, seguido del genotipo 2, fertilización 3 (200 %) con una media de 167,90 cm, finalmente el genotipo que obtuvo un menor diámetro de copa fue el genotipo 1 (CCN-51), fertilización 2 (100 %) con una media de 134,90 cm.

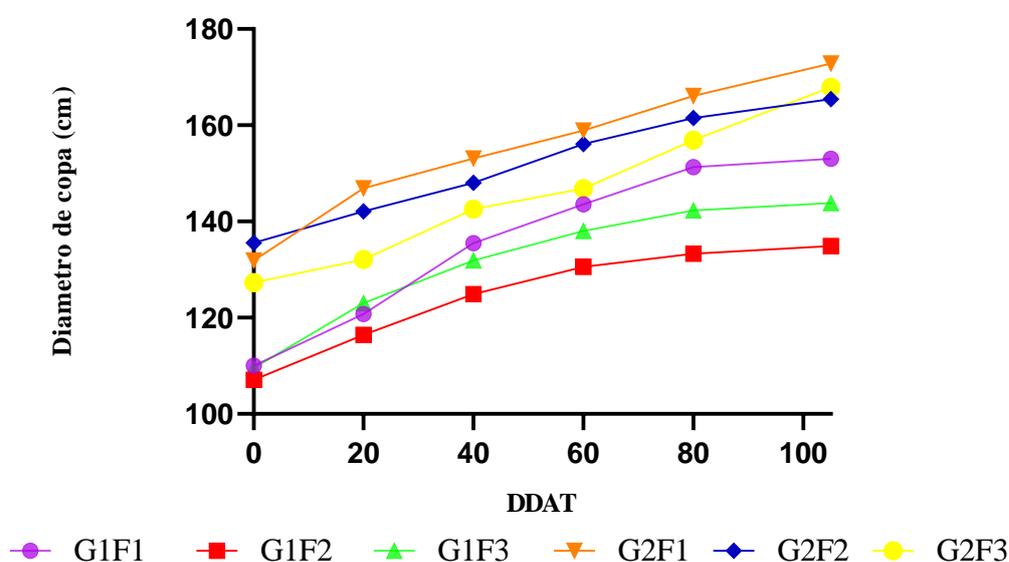


Figura 4. Diámetro de copa en cacao genotipo 1 (EETP-800) y genotipo 2 (CCN-51), fertilización: 1 (0 %), 2 (100 %) y 3 (200 %), cada punto es el promedio de cuatro repeticiones. DDAT: días durante la aplicación de los tratamientos.

6.3 Área Foliar (AF) e índice de área foliar IAF

6.3.1 Área foliar

El área foliar no se vio afectada por los diferentes tipos de fertilización aplicados en los tratamientos, no presentó diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos (p -valor= 0,6100; $p > 0,05$) (Tabla2). Sin embargo, se puede observar diferencias significativas en torno al genotipo atribuyendo que el genotipo 2 (EETP-800), obtuvo mayor área foliar en el tratamiento G2F1 con 71,1 m², seguido del tratamiento G2F3 con 56,8 mientras que el genotipo 1 (CCN-51) presentó menores cifras en el área foliar en sus tres tratamientos, G1F1 con 29,7 seguido del tratamiento G1F3 con 24,3 y finalmente el tratamiento G1F2 con 22 m².

6.3.2 Índice de área foliar

En la Tabla 2, se puede observar que para el IAF no se presentaron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos (p-valor= 0,6094); $p > 0,05$), debido a que se relaciona estrictamente con el AF, los valores fueron relativamente similares a los encontrados en el AF. No obstante, se encontraron diferencias estadísticamente significativas en relación al genotipo (p-valor= 0,0150); $p < 0,01$), dando como respuesta que el genotipo que obtuvo mayor IAF fue el genotipo 2 (EETP-800) con 0,30 en el tratamiento G2F1 con 0,71 seguido del tratamiento G2F3 con 0,57, mientras que el genotipo 1 obtuvo menor respuesta en sus tratamientos con 0,30. En el tratamiento G1F1, con mayor IAF. Finalmente el tratamiento que obtuvo menor IAF se encontró en el tratamiento G1F2 con 0,22. También se pueden observar el número de hojas y longitud de hojas y área foliar. Donde se encontraron diferencias estadísticas para el número de hojas con relación al genotipo y fertilización (p-valor= 0,045; $p < 0,05$), dando los mejores resultados el genotipo 2 con los diferentes tipos de fertilización, tratamiento G2F1 con 371 hojas, seguido del tratamiento G2F3 con 293 hojas, tratamiento G2F2 con 219 a diferencia del genotipo 1, que presentó el menor número de hojas en el tratamiento G1F2 con 150 hojas respectivamente. Para la longitud de hoja se presentaron diferencias significativas en torno a la interacción genotipo-fertilización (p-valor= 0,022; $p < 0,05$ (Tabla 2).

Tabla 2. Área foliar e IAF en los diferentes tratamientos a los 105 DDAT

Tratamientos	Número de hojas	Largo de hoja cm	AF m ²	IAF
G1F1	205	27,89	29,67	0,30
G1F2	150	28,09	21,96	0,22
G1F3	156	28,61	24,35	0,24
G2F1	371	31,98	71,10	0,71
G2F2	219	30,03	35,77	0,36
G2F3	293	31,85	56,75	0,57
C.V.	62,96	68,19	72,14	72,1
Genotipo	*	ns	*	**
Fertilización	*	ns	ns	ns
Genotipo* Fertilización	ns	*	ns	ns

DDAT: días después de aplicación de los tratamientos; **ns:** no significativos; *: p-valor<0,05; **: p-valor<0,01.

6.4 Número de flores

En la Tabla3, se puede observar el número de flores por cada tratamiento, donde no se encontraron diferencias significativas ($p > 0,05$). Sin embargo, se muestra que en el genotipo 2 con fertilización 3 presentó mayor número de flores a los 20 DDAT con 42 flores completamente abiertas, seguido del tratamiento genotipo 2 con fertilización 2 con 30 flores a los 20 DDAT; pese a ello, se puede evidenciar una disminución del número de flores a los 40, 60, 80 y 105 DDAT; en cambio el tratamiento genotipo 1 con fertilización 1 no presentó flores a los primeros 20 DDAT.

Tabla 3. Número de flores en los diferentes tratamientos a los 20, 40, 60 80 y 105 DDAT

Tratamientos	20 DDAT	40 DDAT	60 DDAT	80 DDAT	105DDAT
G1 F1	0	0	3	3	4
G1 F2	11	9	7	11	7
G1 F3	15	17	10	10	9
G2F1	6	7	8	5	8
G2F2	30	4	3	4	6
G2F3	42	8	2	4	6
C.V	60,68	79,88	83,48	88,7	61,42
Genotipo	ns	ns	ns	ns	ns
Fertilización	ns	ns	ns	ns	ns
Genotipo* Fertilización	ns	ns	ns	ns	ns

DDAT: días después de aplicación de los tratamientos; **C.V:** coeficiente de variación; **ns:** no significativos

6.5 Número de flores cuajadas

En la Tabla4, se puede observar el número de flores cuajadas por cada tratamiento donde no se encontraron diferencias significativas ($p > 0,05$) debido a que esta variable está estrechamente ligada al número de flores. Sin embargo, se muestra que en el genotipo 2 con fertilización 3 presenta mayor número de flores cuajadas a los 20 DDAT con 36 flores cuajadas, seguido del tratamiento genotipo 2 con fertilización 2 con 26 flores cuajadas a los 20 DDAT pese a ello se puede evidenciar una disminución del número de flores a los 40, 60, 80 y 105 DDAT.

Tabla 4. *Número de flores cuajadas en los diferentes tratamientos a los 20, 40, 60 80 y 105 DDAT*

Tratamientos	20 DDAT	40 DDAT	60 DDAT	80 DDAT	105DDAT
G1 F1	0	0	2	2	3
G1 F2	9	4	6	9	6
G1 F3	14	14	9	9	9
G2F1	6	6	7	4	6
G2F2	26	4	3	3	4
G2F3	36	6	2	3	5
C.V	60,17	86,57	91,80	102,24	72,29
Genotipo	ns	ns	ns	ns	ns
Fertilización	ns	ns	ns	ns	ns
Genotipo* Fertilización	ns	ns	ns	ns	ns

DDAT: días después de aplicación de los tratamientos; **C.V:** coeficiente de variación; **ns:** no significativos

6.6 Número de frutos

En el número de frutos por cada tratamiento no se encontraron diferencias significativas ($p > 0,05$) debido a que esta variable está relacionada con el número de flores cuajadas. Sin embargo, se muestra que en el genotipo 2 con fertilización 3 presenta mayor número de flores cuajadas a los 20 DDAT con un promedio de 22 frutos presentes en la planta, seguido del tratamiento genotipo 2 con fertilización 2 con 18 frutos a los 20 DDAT. No obstante, se puede observar una disminución del número de frutos a los 40, 60, 80 y 105 DDAT (Tabla5).

Tabla 5. *Número de frutos presentes en los diferentes tratamientos a los 20, 40, 60 80 y 105 DDAT*

Tratamientos	20 DDAT	40 DDAT	60 DDAT	80 DDAT	105DDAT
G1 F1	0	0	0	3	4
G1 F2	0	6	7	7	10
G1 F3	11	11	10	7	9
G2F1	5	8	8	6	4
G2F2	18	2	2	2	2
G2F3	22	4	2	3	2
C.V	52,38	82,67	82,41	90,22	79,73
Genotipo	ns	ns	ns	ns	ns

Fertilización	ns	ns	ns	ns	ns
Genotipo* Fertilización	ns	ns	ns	ns	ns

DDAT: días después de aplicación de los tratamientos; **C.V:** coeficiente de variación; **ns:** no significativo

6.7 pH y Conductividad eléctrica (CE) del suelo

6.7.1 pH en el suelo

En la Tabla 6. Se puede apreciar que el nivel del pH en suelo no presento diferencias significativas en los tratamientos genotipo, fertilización ($p > 0,05$). Sin embargo, se puede observar que en el tratamiento genotipo2 con fertilización 1, el nivel del pH en el suelo baja a 4,9 a los 60 DDAT no obstante se observa el incremento del mismo a 6,5 a los 105 DDAT. De igual manera se puede apreciar una dinámica similar en el nivel de pH en el tratamiento genotipo 2 fertilización 2 con una baja en el nivel de pH con 4,9 a los 60 DDAT.

Tabla 6. Evaluación del pH en el suelo en los distintos tratamientos

Tratamientos	0	20	40	60	80	105
	DDAT	DDAT	DDAT	DDAT	DDAT	DDAT
G1F1	5,2	5,5	5,5	5,3	5,3	6,0
G1F2	5,1	5,0	5,0	5,2	5,4	5,3
G1F3	5,1	5,1	5,3	5,1	5,2	5,7
G2F1	5,7	5,7	5,5	4,9	5,3	6,5
G2F2	5,0	5,4	5,3	4,9	5,2	5,6
G2F3	5,2	5,5	5,2	5,2	5,4	5,3
C.V	88,95	57,08	74,89	72,78	64,76	89,73
Genotipo	ns	*	ns	ns	ns	ns
Fertilización	*	*	*	ns	ns	**
Genotipo* Fertilización	ns	ns	ns	ns	ns	ns

DDAT: días después de aplicación de los tratamientos; **ns:** no significativos; *****: p-valor<0,05; ******: p-valor<0,01.

6.7.2 Conductividad eléctrica (CE)

En la Tabla 7. Se observan los datos de la conductividad eléctrica (CE) en el suelo en mS cm⁻¹ se encontraron diferencias estadísticamente significativas en torno a la fertilización a los 0, 20, 60, 80 y 105 DDAT (p valor= 0,0094; $p < 0,01$), además de ello se encontraron diferencias significativas en función del genotipo donde se evidencia que el genotipo que mayor respuesta obtuvo fue el genotipo 1 con 8,2 mS cm⁻¹ al final del ensayo mientras que el genotipo 2 presento menor conductividad eléctrica en uno de sus tratamientos G2F1 con 1,3 mS cm⁻¹.

Tabla 7. Conductividad eléctrica (CE) en el suelo en dos genotipos de cacao: genotipo 1 (CCN-51) y genotipo 2 (EETP-800).

Tratamientos	0	20	40	60	80	105
	DDAT	DDAT	DDAT	DDAT	DDAT	DDAT
G1F1	0,5	0,3	0,6	0,2	0,2	4,4
G1F2	0,9	0,7	0,6	1,3	1,0	5,9
G1F3	0,4	0,6	0,5	1,2	2,3	8,2
G2F1	0,4	0,3	0,4	0,3	0,2	1,3
G2F2	1,1	0,6	0,8	1,8	1,7	4,4
G2F3	0,4	0,4	0,6	2,1	1,2	5,2
C.V	79,88	78,01	50,25	101,68	121,95	45,37
Genotipo	ns	**	ns	ns	ns	ns
Fertilización	**	*	ns	*	*	**
Genotipo* Fertilización	ns	ns	ns	ns	ns	*

DDAT: días después de aplicación de los tratamientos; ns: no significativos; *: p-valor<0,05; **: p-valor<0,01.

6.8 Densidad estomática (DE) e índice estomático (IE)

6.8.1 Densidad estomática (DE)

En la Figura 5 se muestra la densidad estomática para los distintos tratamientos e interacción genotipo-fertilización a los 105 DDAT no presentaron diferencias estadísticamente significativas (p valor = 0,779; p > 0,05).

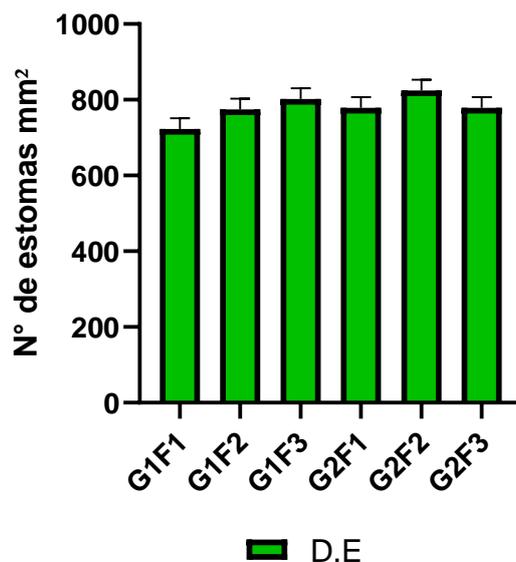


Figura 5. Densidad estomática en cacao genotipo 1 (EETP-800) y genotipo 2 (CCN-51), después de 105 días de haber aplicado tres niveles de fertilización en el cultivo, DE: densidad estomática.

6.8.2 Índice estomático

En la figura 6. Se puede apreciar el índice estomático en mm² a los 105 DDAT en donde no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la interacción genotipo-fertilización (p -valor = 0,29; $p > 0,05$).

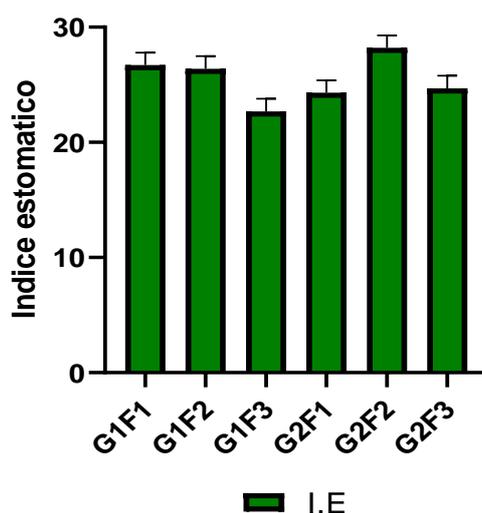


Figura 6. Índice estomático en cacao genotipo 1 (EETP-800) y genotipo 2 (CCN-51), después de 105 días de haber aplicado tres niveles de fertilización en el cultivo; I.E: Índice estomático.

6.9 Concentración de clorofila

En la Tabla 8. Se pueden observar los resultados de clorofila A, B y Total a los 105 DDAT, donde no se encontraron diferencias estadísticamente significativas (p -valor= 0,6323; 0,6959; 0,679; $p > 0,05$). Sin embargo, se puede observar que la interacción genotipo1 fertilización 3 presenta un valor de 332,25 (m/g) en clorofila total. Seguido del genotipo 1 fertilización 1 con un valor de 326,35 (m/g) (Tabla 5).

Tabla 8. Concentración de clorofila A, B y Total a los 105 DDAT en cacao genotipos CCN51 (1) y EETP-800 (2).

Tratamiento	Clorofila A (ml/g)	Clorofila B (ml/g)	Clorofila total (ml/g)
G1F1	214,32	112,12	326,35
G1F2	201,61	112,97	314,50
G1F3	219,14	113,19	332,25
G2F1	217,28	101,12	318,31
G2F2	194,70	92,62	287,25
G2F3	172,56	71,92	244,42
C.V.	81,77	83,57	81
Genotipo	ns	ns	ns
Fertilización	ns	ns	ns
Genotipo* Fertilización	ns	ns	ns

C.V: coeficiente de variación; ns: no significativo.

6.10 Correlaciones entre variables

La Tabla 9 muestra un análisis de correlación de Pearson $> 0,6$ y con significancia de ($p < 0,05$) entre las variables morfológicas y reproductivas de los distintos tratamientos, los resultados que dieron la mayor relación positiva fue entre la variable ASTT del porta-injerto e IAF con un $r=0,95$, seguido de la relación encontrada en clorofila total y clorofila A con un $r=0,99$ de la misma manera la relación clorofila total con clorofila B con un $r=0,98$; además de ello se puede evidenciar una correlación perfecta en el IAF y AF con un $r=1$, también se encontró una correlación positiva muy fuerte respecto al número de flores y número de flores cuajadas con un $r=0,98$.

Tabla 9. *Correlaciones entre variables morfológicas y reproductivas*

Variable 1	Variable 2	Pearson	P-valor
ASTT del porta-injerto	ASTT en la vareta	0,35	0,09
	IAF	0,95	0,96
	Diámetro de copa	0,44	0,003
ASTT de la bareta	IAF	-0,02	-0,01
	Diámetro de copa	0,17	0,42
IAF	AF	1	0
	Diámetro de copa	0,41	0,09
AF	Índice de área foliar	1	0
Diámetro de copa	Número células epidérmicas	0,07	0,73
	Conductividad eléctrica	-0,33	0,11
Número células epidérmicas	Índice estomático	-0,83	0
Conductividad eléctrica	Número células epidérmicas	0,07	0,75
	pH	-0,40	0,05
Clorofila Total	Clorofila A	0,99	0
	Clorofila B	0,98	0
Número de flores	Número de flores cuajadas	0,98	0
	Número de frutos	0,88	0
Número de frutos	Número de flores	0,88	0,83
	Número de flores cuajadas	0,89	0,004

Los valores son medias de cuatro repeticiones; efecto significativo $p < 0,05$

7. Discusión

A los 105 días concluida la fase de campo se analizaron los diferentes parámetros como el ASTT por encima de la unión del injerto y por debajo del injerto donde no se registraron diferencias significativas al inicio y a los 105 DDAT, no obstante, se observó que el genotipo EETP-800 presentó un mejor resultado con la aplicación de la fertilización al 100 % con 19,9 cm² a diferencia del genotipo CCN-51 que reaccionó mejor sin la aplicación de ningún tipo de fertilizante obteniendo 16,88 cm². Estos resultados evidencian similitud en el estudio realizado por Carrillo, *et al.* (2015) con un incremento de la altura y diámetro del tallo en cultivo de cacao con la aplicación de diferentes dosis de fertilizante (N,P,K) sin embargo, en los estudios realizados por (Sánchez, Parra, Gamboa, y Rincón, 2005) manifiesta que no se detectó efecto de la aplicación de diferentes dosis de fertilizantes a 50, 100, 200 y 400 % en materiales híbridos con relación al crecimiento y rendimiento del cultivo, esto sugiere la necesidad de profundizar las causas que originan este comportamiento donde se destaca la amplia variabilidad del material vegetal. Amores (2009) en su estudio realizado menciona que este cultivo inmoviliza cantidades de nutrientes para formar estructuras morfológicas; en la etapa productiva esta tendencia decrece, pues gran parte de los minerales son utilizados en la formación de frutos.

Los resultados pudieron no haber mostrado diferencias significativas debido a los niveles de pH encontrados en los análisis de suelo con valores entre 5 y 5,5 que demuestra una acidificación en el suelo reduciendo de esta manera la disponibilidad de nutrientes tales como P, K y Mo. Estos resultados concuerdan con La Compañía Nacional del Chocolate (2021), donde menciona que los suelos situados en un pH menor a 5,5 tienen una acidez alta para desarrollar cultivos de cacao de una manera adecuada, debido a las altas concentraciones de aluminio y manganeso impidiendo el desarrollo y crecimiento de la raíz del cacao, reduciendo de una manera considerable la toma de nutrientes como: nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio y azufre indispensables en el crecimiento y producción del cultivo.

De ello se puede evidenciar que el cacao al ser una planta cauliforme está relacionado con el aumento del diámetro del tallo con la aplicación de fertilizante especialmente nitrógeno (N) el cual que favorece considerablemente al incremento en la floración y fructificación. De la misma manera la FAO (2002) menciona que la fertilización es fundamental para el normal desarrollo de las plantas y alcanzar rendimientos económicamente rentables.

El diámetro de copa no presentó diferencias significativas entre los diferentes tratamientos, sin embargo, se puede evidenciar que el genotipo 2 (EETP-800) sin ningún tipo de fertilización aplicada presentó un mayor diámetro de copa con 172,8cm, mientras que el genotipo 1 (CCN-

51) con fertilización al 100 % obtuvo el menor diámetro de copa entre los tratamientos con 134,9cm. Estos resultados generados a nivel del genotipo son apoyados por Loor, *et al.*, (2018) que indica que el genotipo INIAP-EETP-800 e INIAP-EETP-801 mejorados genéticamente muestran gran desarrollo, precocidad y producción en la planta, mientras que el genotipo CCN-51 a pesar de presentar características de resistencia a plagas y enfermedades presentaría menor diámetro de copa debido a que su vigor es menor por lo que imposibilita el crecimiento adecuado de este clon en el lugar de estudio. Por lo mencionado anteriormente se puede evidenciar que el nivel de fertilización aplicado en este genotipo no presenta influencia sobre el desarrollo del diámetro de copa, esto puede atribuirse a la acidez del suelo del cultivo provocando la disminución de asimilación de fósforo y otros nutrientes esenciales para el crecimiento y desarrollo de la planta y sus raíces logrando de esta manera la disminución de la eficiencia de los fertilizantes aplicados y su absorción, cabe destacar que el desarrollo normal de este genotipo este condicionado por las condiciones físicas y químicas del suelo mencionado en el estudio realizado por González (2022) quien menciona que debe existir buenas condiciones físicas y químicas del suelo en los primeros 30 cm de profundidad del suelo donde se encuentra el mayor porcentaje de raíces activas que se encargan de la absorción de nutrientes. El área foliar (AF) no presentó diferencias significativas entre los tratamientos sin embargo, se pudo evidenciar que el genotipo (EETP-800) presentó una mayor área foliar con 72,1 m² a diferencia del genotipo 1 (CCN-51) que presentó menor área foliar (AF) entre sus tratamientos una actividad similar ocurrió en el índice de área foliar (IAF) que presentó diferencias significativas obteniendo mayores resultados en el índice de área foliar con los tratamientos relacionados al genotipo 2 (EETP-800) con un IAF DE 0,71 a diferencia del genotipo 1 que obtuvo el menor IAF con 0,22 esto difiere con la investigación realizada por Chávez *et al.* (2020) señala que el uso de fertilizantes y biofertilizantes mejoran notablemente el crecimiento y desarrollo morfológico en plantas de cacao en donde reportaron un incremento en altura de planta, diámetro de tallo, área foliar en relación a tratamientos convencionales de fertilización. A lo mencionado anteriormente también se le atribuye lo reportado en estudios realizados por Leiva *et al.* (2019) indica que el área foliar e índice de área foliar obtenido en el genotipo (CCN-51) puede ser atribuible a afectaciones de la arquitectura del árbol a causa de podas y por ende se puede ver afectado con menor densidad de follaje, de la misma manera la pertinencia adecuada del nivel de radiación en la planta que obstaculiza un balance correcto entre el crecimiento vegetativo y reproductivo conforme a la respuesta de la luz y estructura del árbol.

El número de flores por cada tratamiento no presentó diferencias significativas. Sin embargo, se logró identificar que en los primeros 20 DDAT el tratamiento relacionado con genotipo 2 y fertilización 3 presentó mayor número de flores pero a lo largo de toda la investigación se observó la disminución de flores del mismo tratamiento esta disminución de las flores presentes en las plantas de cacao es apoyado por estudios realizados por Sánchez (2020), que indica que el aborto floral se presenta usualmente en plantas de cacao por diferentes factores climáticos, esta información es importante para lograr identificar los meses en los que existe mayor intensidad de floración puesto que ello ayudara a decidir los periodos para aplicar fertilizantes, controlar malezas, plagas y enfermedades. James *et al.* (2008), en su estudio deducen que, la floración también responde al mejoramiento genético de las plantas, lo cual se evidencia en la cantidad de flores encontradas al inicio del ensayo por parte del genotipo 2 mostrando mejores resultados en el número de flores. Entre las prácticas de manejo aplicadas al cultivo se encuentra la poda, que repercute sobre variables vegetativas y reproductivas del cacao Casierra, Posada y Fischer (2012). La poda estimula la demanda de foto asimilados a vertederos reproductivos (flores y frutos).

En cuanto al número de flores y número de frutos presentes en los diferentes tratamientos no presentaron diferencias significativas, sin embargo, se pudo evidenciar una dinámica similar en las dos variables con la presencia de mayor número de flores cuajadas en el genotipo 2 a los 20 DDAT con 36 flores cuajadas y por ende el número de frutos presentes en este tratamiento fue similar presentando un mayor número de frutos por planta con 22 frutos presentes. Sánchez (2020), en su estudio evidencia la actividad de variables reproductivas en cacao, comprobando que existen restricciones que se dan en la reproducción provocada por factores bióticos y abióticos; las restricciones bióticas se dan por presencia de malezas, plagas y enfermedades (hongos y bacterias) y los abióticos como: lluvias, intensidad de la luz solar, temperatura y composición del suelo, además, de interacciones biológicas por partes de interés de la planta (hojas, flores y frutos). El bajo número de frutos al final del ensayo puede ser atribuido por la presencia de enfermedades como *Moniliophthora roreri* que según Quiroz (2009), considerada una de las principales enfermedades del cacao en América Latina, Caribe y Ecuador. Esta enfermedad presente especialmente en climas húmedos ataca las mazorcas del cacao en cualquier estado de desarrollo siendo los frutos tiernos los más propensos a la enfermedad (INTA, 2009).

Con relación al pH, no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos. No obstante, se logró presenciar que en el genotipo 2 (EETP-800) el nivel de pH a los 60 DDAT

presentó una baja a 4,9 sin embargo se observa un incremento del mismo a los 105 DDAT a 6,5. De la misma manera se puede observar una dinámica similar en el genotipo 1 (CCN-51) sin aplicación de fertilizante esto es comprobado por Ferry *et al.* (2022) que indican que la fertilización en suelos degradados y con materia orgánica la regulación del pH es ineficaz a pesar de la aplicación de diferentes dosis de abonos orgánicos es decir, si el suelo no se encuentra en un pH adecuado 6,0 a 7,0 los nutrientes no pueden ser absorbidos por las plantas. En la conductividad eléctrica (CE) se encontraron diferencias significativas en relación a la fertilización en el genotipo donde se evidencio que el genotipo 1 (CCN-51) obtuvo una mayor conductividad eléctrica con 8,2 mS cm⁻¹ al final del ensayo en cambio el genotipo 2 (EETP-800) presento una menor (CE) con 1,3 mS cm⁻¹ lo que puede asegurar que la fertilización afecta esta variable Patrick (1985) evidencia que la variabilidad en la CE mostrada en los tratamientos de fertilización puede estar sujeta a varias condiciones, presencia de MO y la acumulación de cationes como: Ca²⁺, K⁺, Na⁺, NH₄⁺ o H⁺ que elevan la CE.

En cuanto a la densidad estomática e índice estomático no se encontraron diferencias significativas a los 105 DDAT, es decir el nivel de fertilización no influyo en el número de estomas por milímetro cuadrado. Estos resultados son similares con los encontrados por Zambrano (2017) que en su investigación encontró promedios de 877.50 estomas por milímetro cuadrado en clones de CCN-51. Además de ello se puede apreciar que en el genotipo (EETP-800) presenta ligeramente una mayor cantidad de estomas a diferencia del genotipo 1 (CCN-51), esto podría deberse a que la cantidad de estomas varia en diferentes condiciones ambientales lo que puede diferenciar la cantidad de estomas entre plantas de diferente o de la misma especie (Tian *et al.*, 2016).

La concentración de clorofila a los 105 DDAT, no se encontraron diferencias significativas por lo tanto la fertilización no repercute sobre esta variable. Sin embargo, se logró evidenciar que el genotipo 1 (CCN-51) bajo el efecto de la fertilización al 200 % presento mayores resultados con 332,25 (m/g) en clorofila total estos resultados son apoyados por Guillén (2022) que en su estudio no encontró diferencias significativas entre tres clones de cacao sometidos a estrés hídrico, sin embargo observó un incremento significativo por la capacidad de toleración del estrés hídrico de cada clon de tal modo que es usual que el contenido se reduzca a plantas más susceptibles que otras y esto se vea afectado en la concentración de clorofila.

8. Conclusiones

A los 105 días de haber evaluado los tres niveles de fertilización aplicados en plantas de los clones CCN51 y EETP800 no influyeron significativamente sobre las variables morfológicas ASTT, diámetro de copa, área foliar e índice foliar, probablemente debido a la acidez del suelo observados antes y al finalizar los ensayos, los cuales limitan la disponibilidad y la absorción de P, K, N y Mo indispensables para el desarrollo y crecimiento adecuado de las plantas.

Los resultados de los tres niveles de fertilización aplicados en plantas de los clones CCN51 y EETP800 no influyeron significativamente sobre las variables reproductivas número de flores, número de flores cuajadas y número de frutos debido a la disminución de asimilación de fósforo y otros nutrientes importantes para el desarrollo reproductivo de las plantas por condiciones físicas y químicas del suelo.

La fertilización aplicada en todos los tratamientos causó un efecto acidificante en el suelo e incremento la CE, probablemente debido a que puede estar sujeta a varias condiciones, presencia de MO, altas concentraciones de aluminio, manganeso y acumulación de cationes como: Ca^{2+} , K^+ , Na^+ , NH_4^+ o H^+ que elevan la CE.

9. Recomendaciones

Realizar análisis y estudios previos sobre los contenidos nutricionales en el suelo para determinar qué tipo de necesidades, enmiendas y frecuencia de aplicación de fertilizantes se deben realizar dentro del cultivo y de esta manera favorecer el óptimo desarrollo de las plantas. Además de ello tener en cuenta la relación que existe entre los efectos producidos por la luz y el grado de nutrición de cacao.

Se recomienda la utilización de variedades resistentes a condiciones edafoclimáticas no favorables para el cultivo, plagas y enfermedades; debido a la humedad del ambiente existente en el sector El Padmi, el genotipo EETP-800 obtiene mejores resultados sobre el IAF y por ende la producción de mayor número de flores y frutos.

Además de ello se recomienda realizar estudios complementarios que permitan la ampliación de información como: conocer la geomorfología de la región, distribución de suelos en el paisaje y evaluar detalladamente las características del suelo a través de calicatas y pozos de observación.

10. Bibliografía

- Anacafe. (Mayo de 2016). *Asociacion Nacional del cafe*. Obtenido de Cultivo de cacao. Programa de diversificacion de Ingresos en la Empresa Cafetalera: <http://infocafes.com/portal/wp-content/uploads/2016/05/Cultivo-de-Cacao.pdf>
- Anecacao. (2010). *Cultivo de cacao. Agroinformacion Liriano*.
- ANECACAO. (2015). *Asociacion Nacional de Exportadores de Cacao-Ecuador. El cacao ecuatoriano* . Obtenido de <http://www.anecacao.com/index.php/es/noticias/el-cacao-ecuatoriano.html>
- Arango, J. F. (Abril de 2021). *Modelo productivo para el cultivo de cacao. nutricion y fertilizacion*. Obtenido de <https://chocolates.com.co/wp-content/uploads/2021/08/PDF-WEB-FOLLETO-NUTRICION-Y-FERTILIZACION.pdf>
- CACAO.movil. (2022). *Guía#4: Manejo de fertilidad de suelos cacaoteros*. Obtenido de <https://cacaomovil.com/site/guide/manejo-de-fertilidad-de-suelos-cacaoteros/23/los-nutrientes-y-el-desarrollo-de-las-plantas-del-cacao>
- Carrión, J. (2012). *Estudio de Factibilidad para la produccion de cacao en el canton San Lorenzo, provincia de Esmeraldas* .
- Compania Nacional del Chocolate, (abril de 2021). *Modelo productivo para el cultivo de cacao. Nutricion y fertilizacion* .
- Colombiana, R. d. (2012). *Guia Tecnica para el establecimiento y manejp del cultivo de cacao*. Obtenido de Corporacion PBA.
- Córdova, P. I. (2019). *Estudio de la fertilización edáfica en el cultivo de cacao (Theobroma cacao L.) en la hacienda San José, cantón Babahoyo* .
- Espinoza, J. (04 de mayo de 2021). *Efecto de dos niveles de sombra y nutrición sobre el crecimiento y desarrollo vegetativo en cacao (Theobroma cacao L.) clon ccn51 en la provincia de Zamora Chinchipe*. Obtenido de <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/23934/1/Jorge%20Geovanny%20>
- F, & Amores. (Abril de 2009). *La investigación en cacao y el desarrollo económico de su cadena de valor. Conferencia presentada en Taller: Investigaciones del INIAP y el sector privado*. Obtenido de INIAP, Estación Experimental Boliche.

- F, Amores. (Abril de 2009). *La investigación en cacao y el desarrollo económico de su cadena de valor. Conferencia presentada en Taller: Investigaciones del INIAP y el sector privado.*
- FAO. (11 de Abril de 2002). *Los fertilizantes y su uso* . Obtenido de <https://www.fao.org/3/x4781s/x4781s.pdf>
- Ferry, Y. H. (2022). Improvements of soil quality and cocoa productivity with agricultural waste biochar. *Earth and Environmental Science*. 974: 012045. <http://dx.doi.org/10.1088/1755-1315/974/1/012045>.
- fosforo, I. d. (2007). *Deficiencias nutricionales y fertilización del cacao*. Obtenido de <https://www.engormix.com/agricultura/articulos/cacao-fertilizacion-t27099.htm>
- González, A. K. (2022). *Manual de Postcosecha para el cacao*. Obtenido de Condiciones Edafoclimaticas para el cultivo del cacao: https://www.academia.edu/7602272/Condiciones_Edafoclim%C3%A1ticas_para_el_cultivo_del_Cacao
- GUILLÉN, R. E. (2022). *Respuesta fisiológica y molecular de tres cultivares de cacao (theobroma cacao) al estrés hídrico*. obtenido de tesis para optar el grado de magister scientiae en mejoramiento genético de plantas: <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/5294/huerta-guillen-rodolfo-eustaquio.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- IICA. (2017). *Manual Técnico del Cultivo de Cacao Buenas Prácticas para América Latina*. Obtenido de Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura.
- InfoAgro. (2012). *El cultivo de cacao*. Obtenido de <https://www.infoagro.com/herbaceos/industriales/cacao2.htm>
- INIAP. (2009). *Manual de cultivo de cacao para la Amazonía ecuatoriana. Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), Estación Experimental Central de la Amazonía. Coca, Ecuador.*
- INTA. (2009). *Guía Tecnológica del Cultivo de Cacao. 4º ed. Managua. 37p.* . Obtenido de Instituto Nicaraguense de Tecnología Agropecuaria (INTA).
- James, J., Julio, B., & Castillo, L. A. (10 de septiembre de 2008). *FOLLETO N° 1. MANUAL DE MANEJO Y PRODUCCION DEL CACAOTERO. Botánica, Ecología, Suelos.*
- Loor-Solórzano, Amores, F. M., Vasco, S. A., & Quiroz-Vera, J. G. (2019). *INIAP-EETP-800 'AROMA PICHILINGUE', A NEW HIGH-YIELDING ECUADORIAN VARIETY OF*

- FINE COCOA*. Obtenido de <https://www.scielo.org.mx/pdf/rfm/v42n2/0187-7380-rfm-42-02-187.pdf>
- Patrick, F. (1985). *Suelos en formación, clasificación y distribución*. . Editorial Continental S.
- PRODUCTOR, E. (2019). *Deficiencias nutricionales y fertilización del cacao*. Obtenido de <https://elproductor.com/2019/04/deficiencias-nutricionales-y-fertilizacion-del-cacao/>
- Quiroz, J. (2009). *La Produccion del Cacao. Programa de capacitacion a facultadores y agricultores de la cadena de cacao*. . Obtenido de CAMAREN. Consorcio de Capacitacion para el MAnejo de los Recursos Naturales Renovables. .
- Ramírez González, S. I. (2003). *La moniliasis un desafío para lograr la sostenibilidad del sistema cacao en México*.
- Sánchez, J. F. (26 de Febrero de 2020). *Biología reproductiva del cacao blanco (Theobroma bicolor)*.
- Sánchez, L., Parra, D., Gamboa, E., & Rincón, J. (2005). *Rendimiento de una plantación comercial de cacao ante diferentes dosis de fertilización con npk en el sureste del estado táchira, venezuela*. Obtenido de Bioagro: <https://www.redalyc.org/pdf/857/85717208.pdf>
- Santos, J. C. (2012). *Estudio de factibilidad para la producción y comercialización de cacao (Theobroma .)* Obtenido de <https://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/2533/1/104270.pdf>
- Tian, M. Y. (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. <https://doi.org/10.1038/srep19703>.
- Zambrano, J. (2017). *Relaciones filogenéticas entre tipos de cacao (Theobroma cacao L.)*. . Obtenido de Tesis Previo a la obtención de título de Ingeniero Agropecuario, Quevedo. Los Ríos. Ecuador: Universidad Técnica Estatal de Quevedo.: <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/2722/1/T-UTEQ-0088.pdf>

11. Anexos

11.1 Anexo 1. Análisis de suelo previo a la evaluación de variables de crecimiento y reproductivas

MC-LASPA-2201-01

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

INFORME DE ENSAYO No: 21-0806

NOMBRE DEL CLIENTE: Campoverde Cordova Rosa Carolina
PETICIONARIO: Campoverde Cordova Rosa Carolina
EMPRESA/INSTITUCIÓN: Campoverde Cordova Rosa Carolina
DIRECCIÓN: PADMI, Yanzatza, Zamora Chinchipe

FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA: 04/11/2021
HORA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA: 11:37
FECHA DE ANÁLISIS: 04/11/2021
FECHA DE EMISIÓN: 10/11/2021
ANÁLISIS SOLICITADO: S4

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 (%)			Clase Textural	IDENTIFICACIÓN											
																				Arena	Limo	Arcilla													
21-3146	4,9	M Ac	138	A	106	A	122,6	A	0,90	B	0,49	A	9,06	A	3,97	A	8,5	A	5,3	A	342	A	115,8	A	2,28	8,06	26,43	13,52	10,9	A	41	36	23	FRANCO	Muestra 1

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

OBSERVACIONES:

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	

*** Ensayos no solicitados por el cliente**

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

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

METODOLOGIA USADA
C.E. = Pasta Saturada
M.O. = Dicomato de Potasion
Al+H = Titulación NaOH

INTERPRETACION		
Al+H,Al y Na	C.E.	M.O y Ct
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 sólo están relacionados con el objeto de ensayo.

11.2 Anexo 2. Resultados finales del análisis de suelo con respecto al pH y conductividad eléctrica.

		UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICO MATRIZ PARA ENTREGA DE RESULTADOS					
Código de ingreso	LAQ -USA005	Fecha de ingreso	10.05.2022	Tipo de muestra	Suelo tamizado y seco	Número Total de muestras	114
Lugar de procedencia de la muestra		Quinta Experimental "El Padmi", Los Encuentros, Yanzatza			Tipo de muestreo	Se desconoce	
Nombre del usuario	Ing. Johnny Fernando Granja Travez			CI.	1713707279		
Programa/proyecto	Efecto de la radiación fotosintéticamente activa sobre cacao (<i>Theobroma cacao</i>) en la Región Sur del Ecuador y sus implicaciones agronómicas						
Técnico Responsable del Análisis	Ing. Agro. Tania Sarango			Fecha de entrega	17.05.2022		

N°	Nombre	Tratamiento	Peso (g)	Resultados	
				pH	CE (dS/m)
1	Jackeline M Clon CCN51	T1R1P3	20	5,4	8,23
2		T1R2P5	20	5,98	0,9
3		T1R3P7	20	7,25	1,5603
4		T1R4P14	20	5,23	7,0501
5		T2R1P2	20	5,09	5,21
6		T2R2P4	20	5,21	0,15
7		T2R3P9	20	5,64	9,4
8		T2R4P15	20	5,44	9,01
9		T3R1P8	20	5,49	11,51
10		T3R2P16	20	6,78	1,35
11		T3R3P13	20	5,24	9,39
12		T3R4P10	20	5,33	10,55

N°	Nombre	Tratamiento	Peso (g)	Resultados	
				pH	CE (dS/m)
1	Jackeline M Clon EETP800	T1R1P3	20	6,49	1,4597
2		T1R2P6	20	6,36	1,7
3		T1R3P10	20	6,67	1,2
4		T1R4P11	20	6,47	0,82
5		T2R1P1	20	5,34	6,8505
6		T2R2P2	20	5,69	9,64
7		T2R3P5	20	5,36	0,3
8		T2R4P9	20	5,81	0,7701
9		T3R1P4	20	5,17	1,14
10		T3R2P7	20	5,17	0,13
11		T3R3P8	20	5,07	9,6
12		T3R4P13	20	5,59	9,92

11.3 Anexo 3. Fotografías del experimento en campo.



Figura 7. Medición de hojas para cálculo de área foliar e índice de área foliar



Figura 8. Toma de muestras de suelo para evaluación de pH y conductividad eléctrica



Figura 9. Diseño de cultivo en campo



Figura 10. Planta de cacao fertilizada

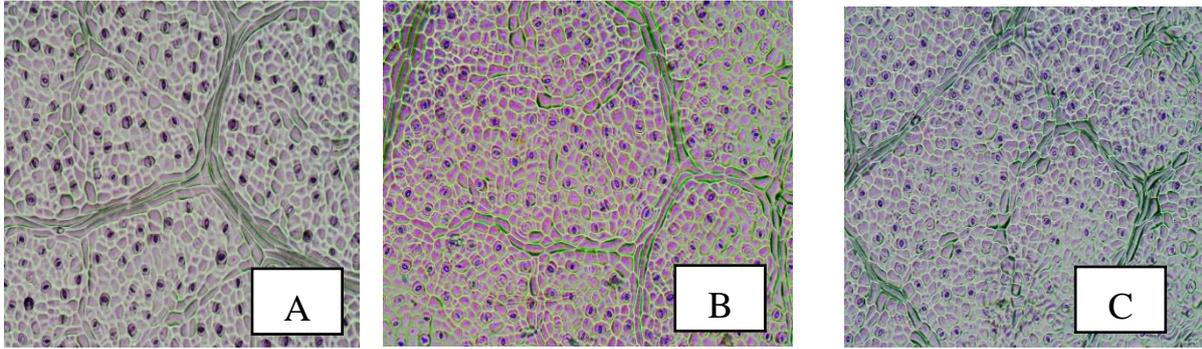


Figura 11. Trabajo de improntas en laboratorio figura A: genotipo EETP-800, figura B y C: genotipo CCN-51

11.4 Anexo 4. Certificación de traducción del Abstract

ABSTRACT

Ecuador is the first producer of fine aroma cocoa (*Theobroma cacao* L.) in the world, also known as National cocoa with characteristics that make it unique and special that stands out internationally for its well-known flavor, however, its production has been affected by the application of incorrect fertilization activities causing interference in the growth, development, performance and normal production of the plant. The objective of this research was to evaluate the effect of three levels of fertilization on the growth and reproductive development of cocoa (*Theobroma cacao* L.) clone CCN51 and EETP800 in the Padmi sector. The study was carried out at the "El Padmi" experimental station of the National University of Loja, located in the "Los Encuentros" parish belonging to the Yanzatza canton of the Zamora Chinchipe province, where an established genotype cocoa crop was used. CCN-51 and EETP-800 in a productive stage of two years, with a planting distance of 3.5 m between plants and 4 m between rows. A completely randomized design (DCA) was applied with a bifactorial arrangement, with six treatments, corresponding to three levels of fertilization: 0% plants growing without any type of fertilization, 100% with applied fertilization and 200% fertilization in two genotypes of cocoa (*Theobroma cacao* L) CCN-51 and EETP-800, with 4 replicates per treatment. The morphological variables: Area of the cross section of the trunk (ASTT), Crown diameter, Leaf Area (AF) and leaf area index (IAF), the reproductive variables evaluated were the following: Number of flowers, Number of set flowers, Number of fruits, pH and electrical conductivity (EC) of the soil were evaluated every 20 days while the stomatal density (DE) and stomatal index (IE) and chlorophyll concentration were measured at the end of the trial. The results suggest that the EETP-800 genotype presents better results with the application of the different fertilization doses, unlike the CCN-51 genotype, where it was possible to show that the different fertilization doses in this genotype do not influence the development of certain variables. morphological factors such as crown diameter, this can be attributed to the strong acidity of the crop soil, causing a decrease in the assimilation of phosphorus and other essential nutrients for the growth and development of the plant and its roots, thus achieving a decrease in the efficiency of the applied fertilizers and their uptake

Key words: *Theobroma cacao* L, growth, development, fertilization.

Yo, Rosa Amelia Díaz Díaz, por la presente certifico que traduje el documento adjunto del idioma Español al inglés y que, es una traducción correcta de acuerdo a los documentos originales. Así lo certifico, en base a la formación de grado en la Enseñanza del Inglés como lengua extranjera.



Lcda. Rosa Amelia Díaz Díaz
Registro SENESCYT 1080-03-461522