



Universidad
Nacional
de Loja

Universidad Nacional de Loja

Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables

Carrera de Ingeniería Agronómica

Respuesta de dos niveles de sombra y fertilización sobre el crecimiento y desarrollo del cacao (*Theobroma cacao* L.); clon EETP-801 en la parroquia Los Encuentros, cantón Yantzaza

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

AUTORA:

Rosa Alexandra Jiménez Jiménez

DIRECTORA:

Dra. Mirian Irene Capa Morocho PhD

Loja – Ecuador

2022

CERTIFICACIÓN DE TESIS

Loja, 03 de agosto de 2022

Ing. Mirian Irene Capa Morocho *PhD.*

DIRECTORA DE TRABAJO DE TITULACIÓN

Certifico:

Que he revisado y orientado la tesis realizada por la estudiante ROSA ALEXANDRA JIMÉNEZ JIMÉNEZ egresada de la carrera de ingeniería agronómica, autora del trabajo de titulación titulado: **Respuesta de dos niveles de sombra y fertilización sobre el crecimiento y desarrollo del cacao (*Theobroma cacao* L.); clon EETP-801 en la parroquia Los Encuentros, cantón Yantzaza**, la misma que es parte de los requisitos exigidos por la Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional de Loja, por lo que autorizo su presentación para la respectiva sustentación y defensa.



Firmado electrónicamente por:
**MIRIAN IRENE
CAPA MOROCHO**

Ing. Mirian Irene Capa Morocho *PhD.*

DIRECTORA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

AUTORÍA

Yo, Rosa Alexandra Jiménez Jiménez, declaro ser autora del presente trabajo de titulación y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos de posibles reclamos o acciones legales, por el contenido de la misma. Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja la publicación de mi trabajo de titulación en el Repositorio Digital Institucional-Biblioteca Virtual.

Firma:



Cédula de identidad: 1105984817

Fecha: 22 de septiembre de 2022

Correo electrónico: rosa.a.jiemnez@unl.edu.ec

Celular: 0985479479

CARTA DE AUTORIZACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN POR PARTE DE LA AUTORA PARA LA CONSULTA DE PRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DE TEXTO COMPLETO

Yo, Rosa Alexandra Jiménez Jiménez, declaro ser autora de la tesis titulada: Respuesta de dos niveles de sombra y fertilización sobre el crecimiento y desarrollo del cacao (*Theobroma cacao* L.); clon EETP-801 en la parroquia Los Encuentros, cantón Yantzaza, 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 de la siguiente manera en el Repositorio Institucional.

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

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia de la tesis que realice un tercero.

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

Firma:



Autor: Rosa Alexandra Jiménez Jiménez

Cédula: 1105984817

Dirección: La Argelia, Teodoro Wolf y Albert Einstein. Loja-Ecuador.

Correo electrónico: rosa.a.jimenez@unl.edu.ec

Celular: 0985479479

DATOS COMPLEMENTARIOS

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

Tribunal de grado:

PhD. Max Encalada Córdova

Presidente

PhD. Santiago Vásquez Matute

Vocal

PhD. Natalia Morales Palacio

Vocal

DEDICATORIA

A Dios por guiar cada uno de mis pasos, darme sabiduría, paciencia, fortaleza para vencer cada obstáculo y salir airosa a lo largo de esta etapa.

A mis queridos padres María y José Luis por darme su apoyo y amor incondicional, por sus enseñanzas de ética y moral que sirven para fortalecerme como persona, alcanzar mis metas propuestas y formarme como una persona de bien.

A mis hermanos quienes tienen mi gratitud total y son mi apoyo para seguir adelante en mi lucha.

A mi hijo quién es mi motivación y mi pilar para alcanzar mis metas propuestas.

Rosa Alexandra Jiménez Jiménez

AGRADECIMIENTO

A Dios Todopoderoso, por darme la vida, salud, fortaleza y perseverancia durante esta etapa de mi vida universitaria.

Quiero agradecer infinitamente a mis padres María Berónica Jiménez Jiménez y José Luis Jiménez Flores, hermanos Lenin, Doris, Julissa, Leodan, Patricia, Paulina, por ser quienes me apoyaron para cumplir esta meta, con sus consejos y palabras de motivación. De igual manera agradecer a mi hijo David Inga por ser mi motivación y por su amor tan sincero.

Es el momento adecuado para expresar mi sincero agradecimiento a la Universidad Nacional de Loja, especialmente a la carrera de Ingeniería Agronómica por brindarme la oportunidad de formarme profesionalmente; a los docentes por los conocimientos compartidos a lo largo de la formación académica, en especial a la Ing. Mirian Irene Capa Morocho PhD., por sus consejos, paciencia y asesoramiento en la etapa de investigación.

A los técnicos Ing. Jamel Ruíz, técnica del Laboratorio de Sanidad Vegetal “Fitopatología” y a la Ing. Tania Sarango, técnica del Laboratorio de Investigación de Análisis Químico de la UNL, por la colaboración en la fase de laboratorio.

Un agradecimiento especial al Ing. Diego Loaiza Director encargado de la Estación Experimental “El Pادمي”, al grupo de docentes y compañeros tesisistas que forman parte del macro-proyecto denominado: “Efecto de la Radiación fotosintéticamente activa sobre cacao (*Theobroma cacao* L.) en la Región Sur del Ecuador y sus implicaciones agronómicas”, por darme la oportunidad de formar parte de este grupo y compartir conocimientos y experiencias en el transcurso de la investigación.

A una persona muy importante para mí, la cual tiene mi admiración y respeto, por brindarme su apoyo durante el transcurso de mi carrera.

Rosa Alexandra Jiménez Jiménez

ÍNDICE GENERAL

PORTADA	i
CERTIFICACIÓN DE TESIS	ii
AUTORÍA	iii
CARTA DE AUTORIZACIÓN	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vi
ÍNDICE GENERAL	vii
ÍNDICE DE TABLAS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	x
ÍNDICE DE ANEXOS	xi
TÍTULO	1
1. RESUMEN	2
1.1. ABSTRACT	3
2. INTRODUCCIÓN	4
2.1. Objetivos	6
2.1.1. Objetivo general	6
2.1.2. Objetivos específicos	6
3. REVISIÓN DE LITERATURA	6
3.1. Cacao (<i>Theobroma cacao</i> L.)	6
3.2. Clasificación taxonómica	7
3.3. Generalidades	7
3.4. EETP-801	8
3.5. Morfología del cacao	8
3.6. Nutrición	8
3.7. Nitrógeno	9
3.8. Fósforo	10
3.9. Potasio	10
3.10. Sombreo en el cultivo de cacao	10
3.11. Sombra y nutrición el cultivo de cacao	11
4. MATERIALES Y MÉTODOS	11
4.1. Ubicación del área de estudio	11
4.2. Manejo del experimento	12
4.2.1. Material vegetal	13
4.3. Diseño Experimental	13

4.3.1.	Aplicación de tratamientos	14
4.3.2.	Delineamiento del experimento	15
4.4.	Variables	15
4.4.1.	pH y conductividad eléctrica (CE) del suelo	15
4.4.2.	Área de la sección transversal del tronco (ASTT).....	16
4.4.3.	Diámetro de copa.....	16
4.4.4.	Área foliar e Índice de área foliar (IAF).....	16
4.4.5.	Concentración de clorofila.....	17
4.4.6.	Densidad estomática	17
4.4.7.	Fenología del cacao.....	18
4.4.8.	Longitud del fruto	18
4.4.9.	Peso estimado del fruto	18
5.	RESULTADOS.....	18
5.1.	Parámetros químicos del suelo.....	18
5.1.1.	pH.....	18
5.1.2.	Conductividad Eléctrica (CE)	19
5.2.	Crecimiento vegetativo.....	20
5.2.1.	Parámetros morfológicos	20
5.3.	Variables productivas	21
5.3.1.	Entrada de producción	21
5.3.2.	Parámetros fisiológicos	23
6.	DISCUSIÓN.....	25
7.	CONCLUSIONES.....	29
8.	RECOMENDACIONES.....	29
9.	BIBLIOGRAFÍA	30
10.	ANEXOS	36

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Dosis de fertilizante y nivel de sombreo aplicado para cada tratamiento en el cultivo de cacao, clon EETP-801.	14
Tabla 2. Área de la sección transversal del tronco influenciada por dos niveles de sombra y dos niveles de fertilización en el cultivo de cacao clon EETP-801.	20

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de ubicación geográfica del sitio de estudio.....	12
Figura 2. Esquema del diseño experimental	15
Figura 3. Evolución del pH.....	19
Figura 4. Conductividad eléctrica	19
Figura 5. Diámetro de copa... ..	20
Figura 6. Área foliar e Índice de área foliar	21
Figura 7. Fenología del cacao	22
Figura 8. Curva de crecimiento del fruto.....	23
Figura 9. Peso estimado del fruto	23
Figura 10. Concentración de clorofila	24
Figura 11. Densidad estomática... ..	24

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Evidencias fotográficas	36
Anexo 2. Análisis de suelo	40
Anexo 3. Certificado de traducción de Abstract.....	42

Respuesta de dos niveles de sombra y fertilización sobre el crecimiento y desarrollo del cacao (*Theobroma cacao* L.); clon EETP-801 en la parroquia Los Encuentros, cantón Yantzaza

1. RESUMEN

El cacao es un cultivo de gran importancia a nivel mundial, por tal motivo se han llevado a cabo varios estudios referentes al desarrollo y la productividad, sin embargo; la información es muy escasa para el manejo de los nuevos clones de cacao lanzados por la Estación Experimental Tropical Pichelingue EETP-801, en cuanto a fertilización y la sombra, especialmente bajo las condiciones de la Amazonía ecuatoriana. La presente investigación se realizó con el objetivo de evaluar la influencia de la sombra y la nutrición sobre el crecimiento y desarrollo del cacao (*Theobroma cacao* L.), clon EETP-801. El ensayo se llevó a cabo en la estación experimental “El Padmi”, situada en la provincia de Zamora Chinchipe. El ensayo se realizó en un cultivo de cacao sembrado a una distancia de 3,5 x 4,0 m de 2 años y medio de edad, bajo un diseño completamente al azar con arreglo bifactorial, en la cual se determinó el efecto de dos niveles de sombra y dos niveles de fertilización, en cuatro tratamientos: T1 = testigo (0 % sombra y 0 % fertilización), T2 = 80 % sombra y 0 % fertilización, T3 = 100 % fertilización y 0 % sombra y T4 = 80 % sombra y 100 % fertilización, cada tratamiento con seis repeticiones. Las variables evaluadas fueron: determinación de pH, conductividad eléctrica (CE) del suelo, diámetro de copa, área de la sección transversal del tronco (ASTT), área foliar (AF), índice de área foliar (IAF), entrada en producción, fenología del fruto de cacao, curva de crecimiento del fruto, peso estimado del fruto, concentración de clorofila y densidad estomática. Los resultados en las variables de pH, curva de crecimiento del fruto y concentración de clorofila se obtuvo diferencias significativas. La aplicación de sombra con el 80 % y fertilización al 100 % disminuye el pH del suelo, así mismo, la concentración de clorofila fue más alta. El tratamiento provisto de sombra al 80 % presentó un mayor crecimiento del fruto, obteniéndose 22,58 cm. En las variables de CE, ASTT, diámetro de copa, AF, IAF, peso estimado del fruto y densidad estomática no se encontró diferencias estadísticas significativas. Los resultados de la presente investigación sugieren utilizar sombra con una intensidad del 80 % para el crecimiento vegetativo de cacao clon EETP-801 sin incorporación de fertilizantes, o a su vez, aplicar los fertilizantes requeridos por el cultivo, pero sin ninguna intensidad de sombreo.

Palabras clave: Nutrición, estomas, clorofila.

1.1. ABSTRACT

Cocoa is a crop that has great importance worldwide, this is the reason why several studies have been carried out concerning development and productivity. However, there is not enough information about the management of the new cocoa clones launched by the Tropical Experimental Station Pichelingue EETP-801, regarding fertilization and shade, especially in those that are influenced by the conditions of the Ecuadorian Amazon. This research was conducted to evaluate the influence of shade and nutrition on the growth and development of cocoa (*Theobroma cacao* L.), clone EETP-801. The trial was carried out at the experimental station "El Padmi", located in Zamora Chinchipe province. The trial was conducted on a cocoa crop planted at 3.5 x 4.0 m, 2.5 years old, under a random design with a bifactorial arrangement, in which the effect of two levels of shade and two levels of fertilization were determined in four treatments: T1 = control (0 % shade and 0 % fertilization), T2 = 80 % shade and 0 % fertilization, T3 = 100 % fertilization and 0 % shade and T4 = 80 % shade and 100 % fertilization, each treatment had six replications. The variables evaluated were pH determination, soil electrical conductivity (EC), crown diameter, trunk cross-sectional area (ASTT), leaf area (FA), leaf area index (LAI), entry into production, cocoa fruit phenology, fruit growth curve, estimated fruit weight, chlorophyll concentration, and stomatal density. The results in the variables of pH, fruit growth curve, and chlorophyll concentration showed significant differences. The application of 80% shade and 100% fertilization decreased soil pH, and the chlorophyll concentration was higher in the treatment with 80% shade and 100% fertilization. The treatment with 80% shade showed a higher fruit growth, obtaining 22.58 cm. No significant statistical differences were found in the variables EC, ASTT, crown diameter, AF, IAF, estimated fruit weight, and stomatal density. The results of this research suggest using shade with an intensity of 80% for vegetative growth of cocoa clone EETP-801 without incorporating fertilizers, or applying the fertilizers required by the crop, but without any intensity of shading.

Key words: Nutrition, stomata, chlorophyll.

2. INTRODUCCIÓN

El cacao (*Theobroma cacao* L.) pertenece a la familia Malvaceae, subfamilia Sterculioidea (Dostert *et al.*, 2011), es originario de Sudamérica en la región amazónica de Colombia, Ecuador, Perú, Venezuela y Brasil, donde aún permanecen poblaciones silvestres (García, 2014). Es un cultivo tropical, que se cultiva en las regiones cálidas y húmedas de más de 50 países; 23 de ellos son de América, convirtiéndose en un cultivo de gran importancia económica, social, ambiental y cultural para los territorios en donde se cultiva. Existen tres tipologías de cultivares de los cuales se desprenden las variedades, híbridos y clones, los cuales se denominan: criollos, forasteros y trinitarios (Arvelo *et al.*, 2017).

Ecuador se halla entre los primeros productores de granos de cacao, ocupando el tercer lugar a nivel mundial. Según el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), el sector cacaotero aporta con el 5 % de la población económicamente activa nacional (PEA) y el 15 % de la PEA rural, constituyendo una base de gran importancia para la economía familiar (Anecacao, 2019). El cacao (*Theobroma cacao* L.), es un cultivo perenne de gran importancia socioeconómica en Ecuador, que aporta con una fuente de ingresos a 100,000 familias, contribuyendo con un 6 % a la producción a nivel mundial (Cuenca *et al.*, 2019).

Ecuador se encuentra entre los principales productores de granos de cacao, representa el 7 % de la producción mundial total, la provincia del Guayas cuenta con el 31,33 % de la superficie plantada (ESPAC, 2019). En la provincia de Zamora Chinchipe la productividad de almendra seca fue de 0,66 t/ha en CCN-51 y de 1,55 t/ha de cacao Nacional (Sánchez *et al.*, 2019), contando con alrededor de 898 ha de superficie cultivada (Loayza, 2018). Sin embargo, Loor *et al.* (2018), menciona que los nuevos clones de cacao EETP-800 y EETP-801 lanzados por el INIAP en el 2016, superan los rendimientos del clon CCN-51.

El cacao es una especie que necesita de sombra principalmente en estadios de crecimiento, debido a que en la fase de establecimiento es más sensible a la radiación solar (Agudelo *et al.*, 2018). Con el aporte de sombra se logra un crecimiento más rápido, reduce la evapotranspiración y genera cobertura ante la radiación solar directa. El cacao en los primeros cinco años de vida necesita entre 60 a 70 % de sombra, en el sexto y décimo año de 40 a 60 % y en la etapa productiva, de 10 años en adelante de 30 a 40 % de sombra (MOCCA, 2021). Las temperaturas muy altas y vientos fuertes, ocasionan quemaduras en las hojas, favoreciendo la defoliación (Martínez y Enríquez, 1984).

El bajo rendimiento a nivel nacional es un problema de gran magnitud, la Amazonía ecuatoriana es afectada en cuanto a rendimientos debido la utilización de material genético sin previo estudio de adaptabilidad a las condiciones climáticas y edáficas de la zona, falta de asistencia técnica, desconocimiento de criterios técnicos para la aplicación y dosificación de fertilizantes y el escaso conocimiento del efecto que causaría el uso de la sombra en el crecimiento vegetativo, el rendimiento y la calidad de frutos, convirtiéndose esta última en una interrogante muy frecuente (Sánchez *et al.*, 2019).

Es de gran importancia analizar la fertilización, este factor se puede determinar realizando un análisis de suelo, también se debe tener en cuenta la extracción nutricional de la planta. La extracción de nutrientes está asociada con los ritmos de crecimiento en términos de emisión de flujos foliares. (García, 2014). Se debe aplicar fertilizantes a partir del segundo mes de establecido el cultivo, principalmente con productos de alta concentración de nitrógeno y fosforo, repitiendo el procedimiento seis meses después. En el segundo año se debe aumentar la dosis de fertilización en un 20 %, en el tercer año se debe realizar una poda, posteriormente aplicar fertilizante aumentando la dosis en un 10 %; utilizando una formula completa de potasio y micro elementos hasta el quinto año, cuando se deberá realizar un nuevo análisis de suelo para ajustar la dosis de nutrientes demanda por el cultivo (Arvelo *et al.*, 2017).

La sombra puede tener relación positiva en el rendimiento a través del aporte de nutrientes en el suelo por medio de la hojarasca, aunque también ha demostrado que el exceso de sombra influye de manera negativa, ya que, el follaje de los arboles impide el ingreso de la radiación fotosintéticamente activa de manera directa hacia las hojas de la planta, por lo tanto, existiría menos fotosíntesis lo cual disminuye la producción (Abdulai *et al.*, 2018).

La combinación adecuada entre sombra y nutrición de planta, adquiere la capacidad de modificar las condiciones ambientales del interior de la plantación y, con ello, generar tolerancia a factores ambientales, ataque de plagas, enfermedades, e incrementar la calidad y rendimiento de frutos (ICA, 2012), por lo tanto, surge la necesidad de conocer el punto crítico de los factores sombra y fertilización para cada lugar y variedad de cacao ya que la sombra y la nutrición en cacao no deben considerarse independientes (Moreno, 1965).

Con los antecedentes descritos, la presente investigación buscó analizar el efecto que tiene la sombra y fertilización en el crecimiento y desarrollo de las plantas de cacao clon EETP-801.

A fin de cumplir el propósito de la presente investigación, se plantearon los siguientes objetivos.

2.1.Objetivos

2.1.1. Objetivo general

- ✓ Evaluar la respuesta de dos niveles de sombra y fertilización sobre el crecimiento y desarrollo del cacao (*Theobroma cacao L.*); clon EETP-801 en la parroquia Los Encuentros, cantón Yantzaza

2.1.2. Objetivos específicos

- ✓ Identificar el efecto de dos niveles de sombra y nutrición, sobre el crecimiento de cacao (*Theobroma cacao L.*) clon EETP-801
- ✓ Determinar el efecto de dos niveles de sombra y nutrición, sobre el desarrollo de cacao (*Theobroma cacao L.*) clon EETP-801

3. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1.Cacao (*Theobroma cacao L.*)

Es un árbol o arbusto semicaducifolio, tallo glabro o parcialmente pubescente en los ejes jóvenes. La corteza es oscura (gris-café), ramas finamente vellosas. Las hojas son coriáceas simples, enteras, angostamente ovadas a obovado-elípticas, ligeramente asimétricas, de 17 a 48 cm de largo y de 7 a 10 cm de ancho (Arvelo *et al.*, 2017), alternas y glabras o laxamente pubescente en ambas caras, la base es redonda a ligeramente cordada, con ápice largamente apiculado. El pecíolo es de 14 a 27 mm de largo, las estípulas son lineares y caducas (Dostert *et al.*, 2011).

La raíz principal es pivotante, en los primeros meses de vida puede crecer entre 120 cm hasta 200 cm en suelos sueltos; en los primeros 25 cm de profundidad se encuentran el mayor volumen de las raíces secundarias con un aproximado de 85 a 90 % (Enríquez, 2010). Este cultivo se caracteriza porque las flores aparecen en los troncos maduros o partes viejas de la planta, las primeras salen después de que el árbol cumple los 36 meses de vida, en los híbridos interclonados esto puede suceder a los 18 meses (Johnson, 2008).

Las flores son pentámeras, hermafroditas, actinomorfas de 10 a 20 mm de diámetro; el pedúnculo floral es de 1 a 3 cm de largo, con 10 estambres lineares; cinco estambres fértiles se

alternan con cinco estaminodios; todos los estambres están fusionados en la base formando un tubo; los estambres fértiles son de 2,5 a 3 mm de largo y están dispuestos frente a los pétalos; los estaminodios son violeta y 6,5 a 7,5 mm de largo (Dostert *et al.*, 2011).

El genoma de cacao se encuentra organizado en diez cromosomas (Ricaño *et al.*, 2018). Es una planta altamente alógama, se estima que la polinización cruzada es del 95 %. El fruto es una baya grande (mazorca), polimorfa, esférico a fusiforme, purpura o amarilla en la madurez, glabro, 10 a 20 cm de largo y 7 cm de ancho, pesa de 200 a 1000 g, tiene de 5 a 10 surcos longitudinales (Dostert *et al.*, 2011).

El fruto contiene entre 20 a 60 semillas o almendras, cuyo tamaño y forma varían según el tipo genético (Batista, 2009). Las semillas están cubiertas por una pulpa blanquecina viscosa, dulce y comestible. El grano está compuesto por fibras, grasa, proteínas, cenizas y cierto porcentaje de humedad (Murillo *et al.*, 2020).

3.2. Clasificación taxonómica

División Espermatofita

Clase Angiosperma

Sub-clase Dicotiledónea

Orden Malvales

Sub-orden Malvinas

Familia Esterculiáceas

Tribu Bitneria

Género Theobroma

Especie Cacao (Batista, 2009).

3.3. Generalidades

El cacao pertenece a la familia Malvaceae, subfamilia Sterculioideae (ANECACO, 2017). Tiene origen en Sudamérica y domesticada en Mesoamérica, se desarrolla entre las latitudes 10 ° N y 10 ° S del ecuador, cultivándose en África, Oceanía y América (Arvelo *et al.*, 2017). El cacao se divide genéticamente en tres grupos: Criollos, Forasteros y Trinitarios. La variedad criolla

es conocida por su capacidad organoléptica muy deseable, el forastero es de naturaleza resistente a ciertas enfermedades, además de poseer alto rendimiento. La variedad trinitaria, es un híbrido producido a partir de cruzamientos entre las variedades criollas y forasteras, y se cultiva en muchas partes del mundo (Ricaño *et al.*, 2018). En Ecuador, se cultivan variedades que se derivan de los grupos antes mencionados, como los clones “CCN 51” y varios clones de “EET” conocidos como nacionales (Arvelo *et al.*, 2017).

3.4.EETP-801

El clon EETP-801 posee un perfil sensorial que lo ubica en el grupo de cacao fino de aroma. La expresión del aroma y sabor característico para cada uno de ellos, está relacionado con el tipo de tratamiento post cosecha que se le otorgue y a las instalaciones con las que se cuente para este proceso. La precocidad y excelente rendimiento de este clon, aportará al crecimiento de la productividad por hectárea y a la oferta exportable de cacao finos, contribuyendo a la valorización de la cadena productiva (Loor *et al.*, 2018).

3.5.Morfología del cacao

La planta de cacao presenta las siguientes características generales: largo del fruto oscila de 10 a 35 cm y de 7 a 9 cm de ancho, el peso de la mazorca entre de 200 a 1000 gr. El endocarpo es de 4-8 mm de grosor, duro y carnoso, y leñoso en estado seco. Las semillas son café-rojizas, ovadas, ligeramente comprimidas, de 20-30 mm de largo, 12-16 mm de ancho y 7-12 mm de grosor, con una producción de 44 kg ha⁻¹ en el primer año y 265 kg ha⁻¹ en el segundo año (Dostert *et al.*, 2011; Arvelo *et al.*, 2017). La formación de la mazorca varía entre 165 a 195 días, promedio 180 días desde el momento de la fecundación hasta el momento que esté completamente madura (Báes, 2008).

3.6.Nutrición

Las plantas de cacao requieren de suelos con pH que oscile entre 5,0 y 7,0 (Quiroz, 2009), en lo referente a los nutrientes del suelo es ideal una relación C:N de >9 y una relación N:P de 1,5, disponibilidad de fósforo de 8 ppm y una concentración de micronutrientes como calcio (8 ppm), potasio (0,24 ppm) y magnesio (2 ppm) (Dostert *et al.*, 2011). Para mejorar la CIC y la disponibilidad de nutrientes es necesario elevar el pH, por ejemplo: al elevar el pH de 5,5 a 6,0 también se disminuyen los niveles de Al y Fe, sin afectar otros nutrientes como N y K (Rosas-Patiño *et al.*, 2017).

La nutrición es la base fundamental para obtener buenos rendimientos productivos, de igual forma los factores físicos y químicos del suelo, manejo agronómico y el potencial genético del material cultivado (Ruales *et al.*, 2011). El sombreado presente en el cultivo, el nivel de luz que llega a las hojas y la demanda de fertilizantes intervienen directamente en la baja o alta productividad (Leiva y Ramírez, 2017).

La fertilización debe realizarse basándose en los resultados de un análisis de suelo, se debe considerar la demanda nutricional de la planta. Sin embargo, Puentes *et al.* (2016) sugiere que, en los cacaotales expuestos directamente al sol, la fertilización se base en NPK principalmente, con el propósito de evitar la foto-inhibición de las plantas, de lo contrario, se recomienda aplicar un nivel de sombra de 60 % aproximadamente. El cacao con una correcta nutrición genera tolerancia a factores ambientales, ataque de plagas y enfermedades, además, mejora la calidad de los frutos y aumentan los rendimientos (Alarcón *et al.*, 2012).

3.7.Nitrógeno

El nitrógeno es esencial para el crecimiento y desarrollo de las plantas, forma parte de las proteínas, enzimas y clorofila, por tanto, es esencial en los procesos de síntesis de proteínas y en la fotosíntesis. Las formas asimilables son en forma de nitrato (NO_3^-) y amonio (NH_4^+) (VITRA, 2020), este macronutriente es de gran importancia debido a que influye en el rendimiento, además, es el elemento más absorbido por las plantas, se conoce que hay una deficiencia de este mineral en la mayoría de cultivos a nivel mundial (Perdomo *et al.*, 1994).

El Nitrógeno es el elemento químico que influye directamente en la producción agrícola en forma cuantitativa y cualitativa. Aumenta el área foliar, expansión foliar, grosor de hojas y tasa de fotosíntesis. El suministro de nitrógeno mejora el proceso fotosintético y, en consecuencia, se incrementa la duración del área foliar, tasa foliar de asimilación neta, producción de biomasa y rendimiento (Khanzada *et al.*, 2016). Las deficiencias de este elemento reducen la producción de materia seca porque disminuye la radiación interceptada por el dosel vegetal y la eficiencia de conversión de esta energía en biomasa (Morales *et al.*, 2021).

La respuesta por parte del cultivo a la aplicación de nitrógeno mediante la fertilización involucra tanto la absorción como su utilización para producir materia seca. La falta de respuesta de un cultivo a la nutrición nitrogenada puede ocurrir por problemas en la absorción del nutriente en dicho momento, ya sea por, la forma de aplicación, el tipo de fertilizante

incorporado, cantidad inicial de nitrógeno disponible en el suelo y el contenido de humedad presente (Maddonna *et al.*, 2004).

3.8.Fósforo

El fósforo es un elemento esencial para el crecimiento y desarrollo de las plantas, se absorbe principalmente como H_2PO_4^- seguidamente del HPO_4^{2-} , interviene en el desarrollo de la planta acumulándose en los tejidos meristemáticos (Guerrero, 2012). El adecuado suplemento de P es esencial para el desarrollo de nuevas células y para la transferencia del código genético de una célula a otra, a medida que se desarrollan nuevas células. El fósforo es muy importante en procesos fotosintéticos como: transporte, almacenamiento y transferencia de energía para la formación de flores, frutos y semillas, promueve el desarrollo de raíces y acelera la maduración de los frutos (Mixquititla y Villegas, 2016).

3.9.Potasio

El potasio se absorbe como K^+ , su función más que plásmica es metabólica y catalítica (Guerrero, 2012). En el cacao contribuye al aumento del número y peso del fruto y semillas (Furcal, 2018). Ayuda en la translocación de los fotosintatos, promoviendo el mecanismo de resistencia a plagas y patógenos también da vigor a la planta, fortaleciendo su sistema radicular y ayudando a la formación y desarrollo de semillas (Alarcón *et al.*, 2012).

3.10. Sombreo en el cultivo de cacao

El cacao es un cultivo típicamente umbrófilo. La luminosidad requerida es mayor en los primeros años de vida, debe estar comprendida en un 50 % aproximadamente, cuando el cultivo se halla establecido se podrá reducir el nivel de sombra hasta un 25 a 30 % a partir del cuarto año de vida (Anacafé, 2004). La sombra puede ser de tipo temporal en los primeros años de la plantación o permanente, los efectos y beneficios al iniciar la plantación con sombra consisten en reducir la exposición a la luz solar ya que el cacao requiere de una sombra adecuada para evitar daños y lograr un buen desarrollo (Arvelo *et al.*, 2017).

Con la disponibilidad de sombra, la humedad en el suelo es mayor en la época seca, permitiendo llevar a cabo de forma más eficiente la actividad fisiológica de las plantas (Agudelo *et al.*, 2018). Un sombreado adecuado incrementa la vida productiva, ya que ocurre un incremento de la tasa fotosintética, crecimiento y rendimiento, además de disminuir la baja fertilidad, daños mecánicos ocasionados por el viento y temperaturas desfavorables del aire y suelo en época de

sequía (Duarte *et al.*, 2019). Los cacaotales sin sombra tienen menos vida productiva, mayor requerimiento de fertilizantes, transpiración excesiva de las hojas e incremento de la evapotranspiración del suelo (Almeida y Valle, 2007).

3.11. Sombra y nutrición el cultivo de cacao

El rendimiento de cacao es determinado por el equilibrio entre la cantidad de radiación solar que recibe y por la fertilidad ya sea natural o artificial, que el cultivo dispone. Altos rendimientos exigen mantener altos niveles de radiación solar, es decir, poca sombra y elevada fertilidad del suelo. En suelos de baja fertilidad se recomienda cultivar el cacao bajo sombra para atenuar las demandas nutricionales del cultivo (Somarriba, 2004).

La cantidad de radiación solar que llega a la plantación tiene efecto directo en el crecimiento, rendimiento y demanda nutricional. Con una cobertura abundante de sombra en la plantación, el rendimiento es bajo (Cueva, 2013). Por otro lado, donde predomina poca o ninguna cobertura de árboles de sombra, la absorción de nutrientes y los rendimientos de cacao son más altos y hay una mejor respuesta a la fertilización, principalmente a nitrógeno (Figuerola y Cavero, 2011; Cueva, 2013). Al incrementar la dosis de nitrógeno, es necesario realizar aplicaciones de fósforo y potasio, y otros nutrientes según los requerimientos del suelo, para mantener un balance nutricional de estos elementos (Furcal, 2017). Una intensidad lumínica menor a 50 % del total de luz, es limitante de los rendimientos; a más del 50 % del total de luz se incrementan los rendimientos en las parcelas fertilizadas (Moreno, 1965).

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Ubicación del área de estudio

La investigación se desarrolló en la estación experimental “El Padmi” de la Universidad Nacional de Loja, en la parroquia Los Encuentros del cantón Yantzaza, provincia de Zamora Chinchipe, como se observa en la figura 1. Está ubicada geográficamente a 3°44'38" Latitud Sur y 78°36'55" Longitud Oeste, a una altitud media de 820 msnm. El clima se clasifica como Af (tropical con lluvias todo el año). La temperatura media anual es de 23 °C, con precipitaciones anuales de 2000 mm y una humedad relativa del 90 % (Aguirre *et al.*, 2014). El clima corresponde a la transición entre tropical subhúmedo y tropical húmedo. La zona de vida es bosque muy húmedo premontano (bh-PM) y bosque húmedo tropical (bh-T) (Palacios *et al.*, 2015).

Los suelos de la región amazónica son ricos en materia orgánica, sin embargo, son de baja calidad y fertilidad; debido a su acidez y alta concentración de metales pesados (Palacios *et al.*, 2015).

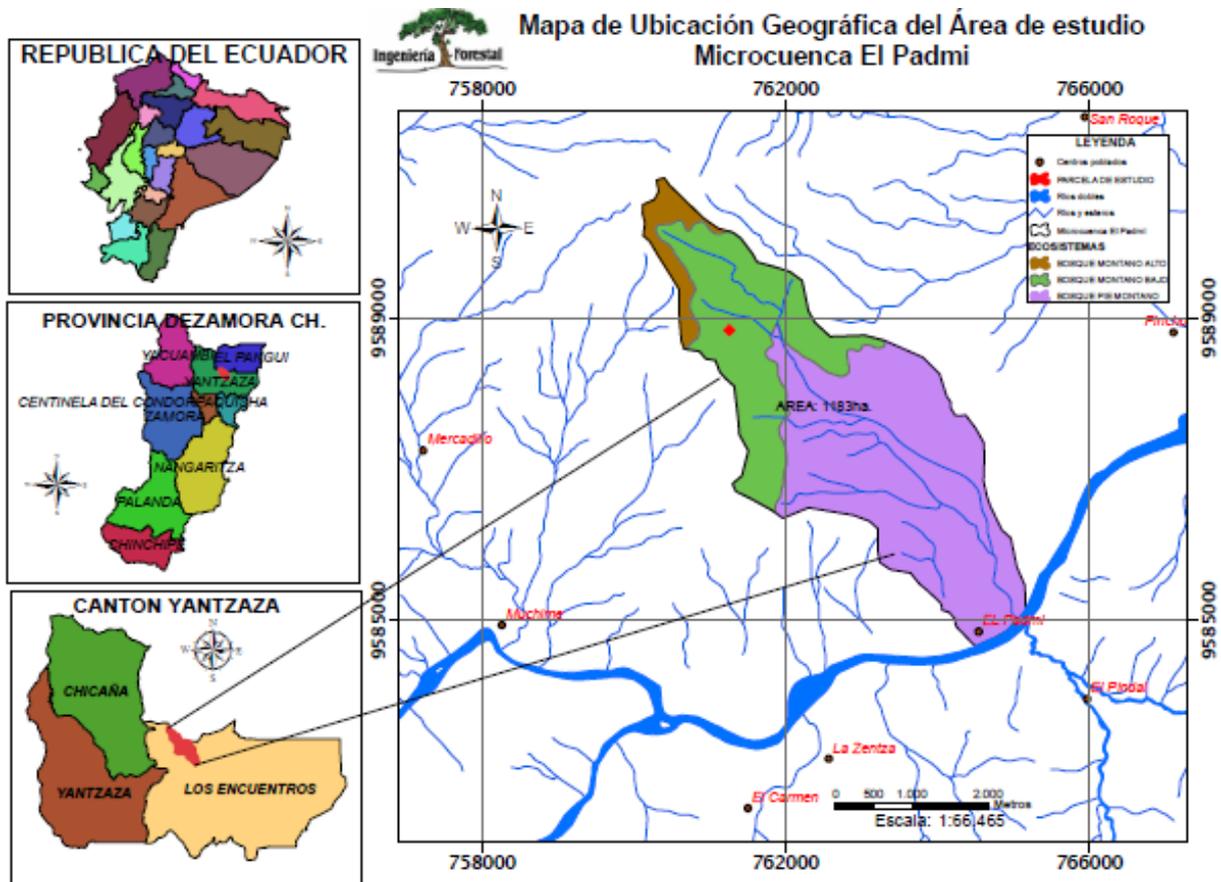


Figura 1. Mapa de ubicación geográfica del sitio de estudio (El Padmi, parroquia Los Encuentros).

4.2. Manejo del experimento

El presente trabajo se llevó a cabo en dos etapas: una fase de campo y una de laboratorio. En la fase de campo se realizó un análisis de suelo a partir del cual se establecieron los tratamientos de nutrición con base en N, P, K y Ca, y la aplicación de sombreado 0 y 80 %, se realizó el registro de datos de crecimiento y desarrollo de las plantas de cacao clon EETP-801 durante el periodo octubre 2021 a febrero 2022. Al cultivo se le dio el respectivo manejo de arvenses, plagas y enfermedades.

La segunda etapa se llevó a cabo en el Laboratorio de Análisis Químico “Unidad de Suelos y Aguas”, de la Universidad Nacional de Loja. En esta etapa, se midió el pH del suelo, Conductividad Eléctrica (CE) y concentración de clorofila. En el Laboratorio de Sanidad Vegetal “Fitopatología” se realizó el proceso de determinación de densidad estomática.

4.2.1. Material vegetal

Se utilizaron plantas de cacao clon EETP-801 en estado de desarrollo. Se seleccionó este clon por ser una variedad de importancia para la Amazonía Ecuatoriana, descrito como un clon altamente productivo (2,4 a 3 t/ha/año de cacao seco), fino de aroma y es resistente a plagas y enfermedades como (*Ceratocystis fimbriata*, *Monilla perniciosa* y *Mollioptera roreri*) (Loor *et al.*, 2018). El marco de plantación fue de 3,5 m x 4 m, con una densidad de 714 plantas ha⁻¹.

4.2.2. Análisis de suelo

Para el análisis de suelo se muestreó el área de estudio aplicando el método de zig zag. El muestreo fue al azar tomando nueve sub-muestras, estas fueron mezcladas homogéneamente, de las cuales se obtuvo una muestra representativa de 1 kg aproximadamente. Posteriormente la muestra fue enviada al Laboratorio de Análisis de Suelos Plantas y Aguas de la Estación Experimental “Santa Catalina” del INIAP para que se realice el respectivo análisis físico y químico.

4.3. Diseño Experimental

Se trata un Diseño Experimental Completamente al Azar (DCA) con arreglo Bifactorial, se trabajó con cuatro tratamientos (2 niveles de sombra y 2 de fertilización), seis repeticiones, con un total de 24 unidades experimentales (Tabla 1). El modelo matemático empleado para este ensayo fue el siguiente:

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

Y= Variable respuesta

μ = Media poblacional

α = Efecto del factor A (Sombra)

β = Efecto del factor B (Fertilización)

$(\alpha\beta)$ = Efecto de la interacción entre el factor A y el factor B

ϵ = Error experimental

4.3.1. Aplicación de tratamientos

Los tratamientos se realizaron mediante la aplicación de los factores sombra y fertilización en plantas de cacao clon EETP-801.

4.3.1.1. Fertilización

Para el cálculo de los nutrientes requeridos se tomó como referencia el análisis de suelo realizado previamente y los requerimientos nutricionales del cultivo. Se aplicó N, P, K y Ca en los tratamientos. Se evaluaron dos niveles de fertilización 0 % y 100 %, el fertilizante fue aplicado para completar los requerimientos nutricionales, el fertilizante se aplicó al surco en forma de corona y se procedió a depositar el producto a 5 cm de profundidad, durante el ensayo se requirieron de 70 g de DAP (18-46-0), 753 g de Nitrato de calcio, 518 de Nitrato de Amonio y 749 de Muriato de Potasio, la aplicación se realizó cada 20 días de manera fraccionada en seis aplicaciones.

Tabla 1. Dosis de fertilizante y nivel de sombreo aplicado para cada tratamiento en el cultivo de cacao, clon EETP-801.

Tratamiento	Porcentaje de sombreo	Porcentaje de fertilización	Fertilizante	Dosis total de fertilizante (g/planta)	Dosis de fertilizante por aplicación (g/planta)
T1: Testigo	0	0	-	-	-
			-	-	-
			-	-	-
			-	-	-
T2: Sombra	80	0	-	-	-
			-	-	-
			-	-	-
			-	-	-
T3: Fertilización	0	100	DAP (18-46-0)	70	12
			Nitrato de calcio	753	126
			Nitrato de Amonio	518	86
			Muriato de Potasio	749	125
T4: Sombra y fertilización	80	100	DAP (18-46-0)	70	12
			Nitrato de calcio	753	126
			Nitrato de Amonio	518	86
			Muriato de Potasio	749	125

4.3.1.2. Sombra

Para proporcionar el sombreo al cultivo se utilizó malla sarán, aportando un 80 % de sombra.

Se instaló a 2,20 m sobre el suelo, las dimensiones de la poli sombra fueron de 2,30 m ancho x 2,50 m largo, diseñando una caseta para cada una de las plantas en los tratamientos dos y cuatro. El tratamiento uno se denominó testigo y en el tres se incorporó fertilización además estuvieron totalmente expuestas a radiación solar.

4.3.2. Delineamiento del experimento

En el área de estudio se hallan establecidos tres clones de cacao CCN 51, EETP-800 y EETP-801, los cuales tienen características de alto rendimiento, se encuentran sembrados en bloques. Para la presente investigación se seleccionó el clon EETP-801, cada uno de los tratamientos con las repeticiones se encuentran distribuidos completamente al azar, se detalla a continuación (Figura 2).

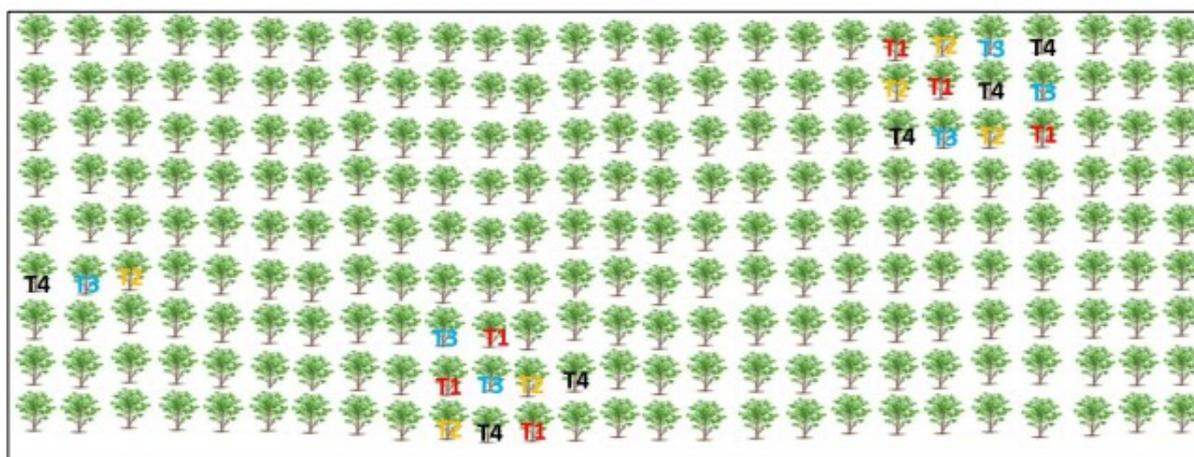


Figura 2. Esquema del diseño experimental y tratamientos (T:1=testigo, T:2=sombra, T:3=fertilización y T:4=sombra y fertilización), diseño completamente al azar, con un arreglo bifactorial.

4.4. Variables

En el lapso de 4 meses en las 24 unidades experimentales, se evaluaron las siguientes variables:

4.4.1. pH y conductividad eléctrica (CE) del suelo

En un periodo de 4 meses, cada 20 días se realizó un análisis de pH del suelo, se recolectaron 12 muestras (tres repeticiones por tratamiento). Cada muestra contenía 130 g de suelo, 100 g para CE y 30 g para pH. Las muestras se tomaron de cuatro puntos alrededor de la planta aproximadamente a 50 cm de distancia del tronco. El análisis se realizó en el Laboratorio de Análisis Químico – Unidad de Suelos y Aguas, de la Universidad Nacional de Loja, con la ayuda de un potenciómetro y un conductímetro se procedió a medir el pH y la CE

respectivamente, para lo cual se utilizó una relación 1:2 (por cada gramo de suelo se utilizó 2 cm³ de agua destilada). La medición permitió conocer los cambios de pH que se dieron en el suelo ante la colocación de fertilizantes.

4.4.2. Área de la sección transversal del tronco (ASTT)

Con una cinta métrica se midió la circunferencia del tronco principal a 5 cm sobre el suelo. El ASTT se calculó utilizando la siguiente fórmula: $ASTT=C^2/4\pi$, donde: ASTT= área de la sección transversal del tronco y C= circunferencia del troco (Romero *et al.*, 2017). Esta variable se midió al inicio y al final del ensayo. El dato se expresó en cm².

4.4.3. Diámetro de copa

Se midió en las direcciones norte-sur y este-oeste, tomando como referencia la proyección de los extremos de la misma sobre el suelo, se utilizó un flexómetro para medir la distancia entre ambos extremos, se promedió con la fórmula de área de un círculo, los datos fueron expresados en cm. La medición se realizó cada 20 días. El diámetro del círculo fue calculado con la siguiente fórmula:

$$\text{Diámetro} = (\text{Perímetro}/\pi)$$

4.4.4. Área foliar e Índice de área foliar (IAF)

Para calcular el área foliar se utilizó la ecuación del área foliar del clon de cacao CCN-51 ajustada al largo de la hoja descrita por Romero (2022), en estudios de interacción sombra/nutrición, del mismo macroyecto de la Universidad Nacional de Loja. Para llevar a cabo esta variable se tomó en cuenta el largo de 30 hojas en 12 plantas de cacao y se empleó la siguiente ecuación:

$$AF = 0,3146x^{1,9241}$$

Donde AF = área foliar y x = longitud de la hoja

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

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

4.4.5. Concentración de clorofila

Se midió la concentración de clorofila A (Ca), B (Cb) y clorofila total (C total), mediante el uso de Espectrometría utilizando el protocolo de Rodes y Collazo (2006).

Se tomaron 12 muestras de hojas totalmente funcionales (tres hojas por tratamiento) ubicadas en el tercio medio del brote, las mismas se lavaron, secaron y cortaron en secciones pequeñas sin nervadura. Para la extracción de pigmentos se pesó 1 g de hoja, seguidamente se introdujo la muestra en un tubo de ensayo con 30 ml de etanol al 90 % de concentración, de modo que los segmentos quedaron totalmente surgidos en el solvente, posteriormente se llevaron a la incubadora por 35 minutos a baño maría a 80 °C para que los pigmentos fotosintéticos (clorofila) salgan y se disuelvan en el solvente orgánico, al culminar dicho tiempo los segmentos quedaron decolorados en su totalidad y el solvente tomo un color verde. Los tubos de ensayo previamente fueron envueltos con papel aluminio para evitar que los rayos solares penetren. Finalmente se sacaron los restos de las muestras de los tubos para la filtración y centrifugación, posteriormente se llevaron al espectrómetro para realizar las respectivas lecturas.

Los datos de clorofila fueron medidos mediante espectrofotómetro UV Hach DR 2800, el volumen de extracto fue de 10 ml y el peso de hoja fue de 1 g, se utilizó las siguientes formulas:

$$Ca \left(\frac{\mu g}{ml} \right) = ((12,7 * A_{663}) - (2,69 * A_{645})) * \frac{\text{volúmen del extracto}(ml)}{\text{peso de la hoja}(g)}$$

$$Cb \left(\frac{\mu g}{ml} \right) = ((22,9 * A_{645}) - (4,68 * A_{663})) * \frac{\text{volúmen del extracto}(ml)}{\text{peso de la hoja}(g)}$$

$$C \text{ total} \left(\frac{\mu g}{ml} \right) = ((20,2 * A_{645}) + (8,02 * A_{663})) * \frac{\text{volúmen del extracto}(ml)}{\text{peso de la hoja}(g)}$$

4.4.6. Densidad estomática

La densidad estomática se calculó a partir de 12 hojas, tres por cada tratamiento, esta variable se midió utilizando la técnica de la impronta descrita por Barrientos *et al.*, (2003), esta técnica consistió en colocar una fina capa de esmalte para uñas transparente en un área pequeña del envés de la hoja, una vez que el esmalte se secó, la capa se removió y se montó en el portaobjetos. Se tomaron cuatro muestras por hoja, en la región de la parte central entre las venas secundarias. Una vez que se obtuvo las muestras se procedió a observar con el microscopio OLYMPUS CX31 utilizando un aumento de 10X y mediante el uso de programa

Micro Cam Ver 5,7 se procedió a tomar fotografías de 8 campos por muestra, para realizar el conteo de estomas en cada fotografía se marcó un área de 120000 μm^2 , siendo esta el área de conteo, el dato final se expresó en número de estomas por mm^2 .

4.4.7. Fenología del cacao

Durante la investigación cada 20 días aproximadamente se tomó nota de los cambios en los estados fenológicos de las plantas de cacao, basados en la escala BBCH para cacao (Niemenak et al., 2009). Se consideró cambio de fase fenológica cuando más del 50 % de las plantas presentaron características de un próximo estadio fenológico.

4.4.8. Curva de crecimiento del fruto

Se seleccionó 4 frutos por unidad experimental, se tomó datos cada 20 días a partir del estadio 72 (20 % del tamaño final del fruto) de la escala BBCH modificada en cada fruto seleccionado. La medición se realizó con una cinta métrica y los datos se expresaron en cm.

4.4.9. Peso estimado del fruto

Se determinó tomando datos del largo del fruto para establecer una ecuación de ajuste en base de medidas de longitud. Al final del ensayo se seleccionó 6 mazorcas por unidad experimental para obtener el peso de los frutos, hallándose en el estadio 72 (Embriones desarrollados completamente, con resto de endospermo alrededor de los cotiledones carnosos; aumentando en los externos).

5. RESULTADOS

5.1. Parámetros químicos del suelo

5.1.1. pH

En la variable pH del suelo, se encontró diferencias significativas en la interacción sombra y fertilización ($p < 0,05$), a partir de los 39 días de iniciada la aplicación de los tratamientos. Al final del ensayo (105 DDT) el T1 (testigo) y T2 (sombra 80 % y fertilización 0 %) presentaron los valores más altos de pH, con 5,58 y 5,65 respectivamente; mientras que, el tratamiento T3 (sombra 0 % y fertilización 100 %) y T4 (sombra 80 % y fertilización 100 %) presentaron los valores más bajos, con 5,2 y 4,91 de pH respectivamente (Figura 3).

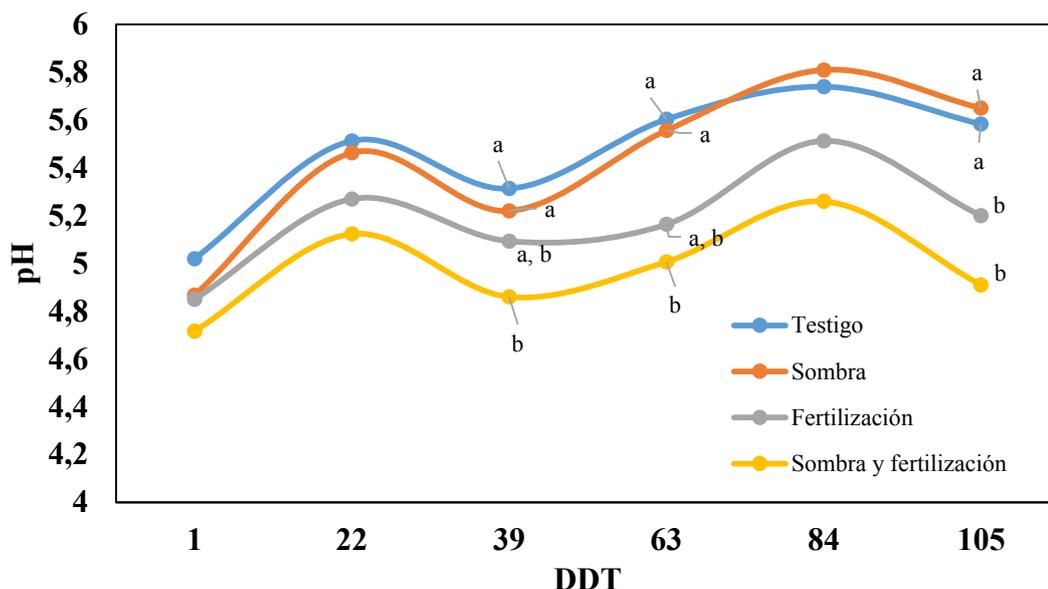


Figura 3. Evolución del pH bajo dos niveles de sombra y dos niveles de fertilización en el cultivo de cacao clon EETP-801.

5.1.2. Conductividad Eléctrica (CE)

En lo que respecta a la conductividad eléctrica evaluada en los diferentes días de haber iniciado el ensayo, no se encontraron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos. Los valores de CE variaron entre 0,1 y 0,70 ds/m valores óptimos para el crecimiento del cacao. Se observaron los máximos de CE a los 39 DDT (> 0,60 ds/m) y los mínimos entre los 63 y 84 DDT (< 0,2 ds/m) (Figura 4).

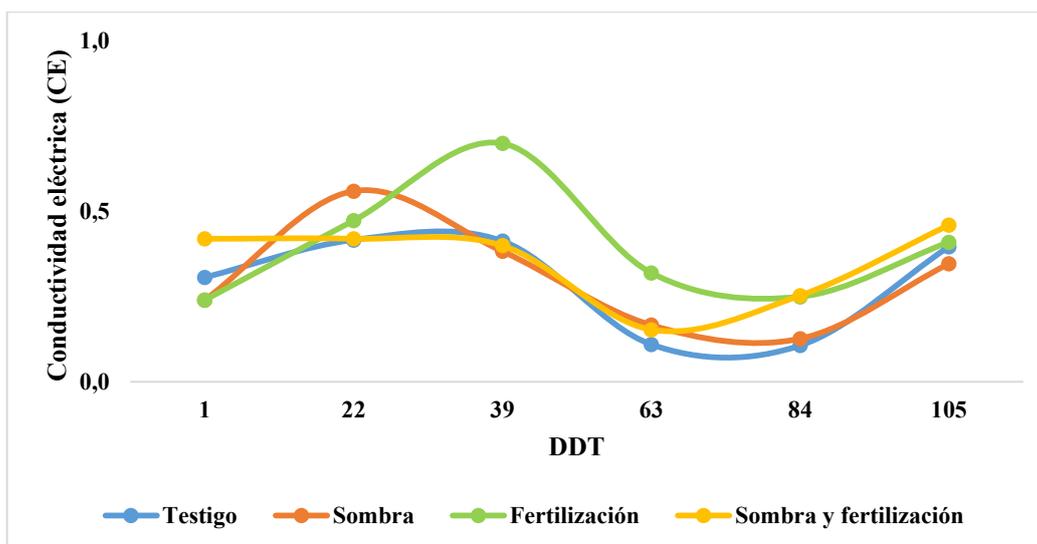


Figura 4. Conductividad Eléctrica (CE) influenciada por dos niveles de sombra y dos niveles de fertilización en el cultivo de cacao clon EETP-801.

5.2.Crecimiento vegetativo

5.2.1. Parámetros morfológicos

5.2.1.1. Área de la sección transversal del tronco (ASTT)

El área de la sección transversal del tronco, medida al inicio y al final del ensayo, no presentó diferencias significativas ($p > 0,05$). En promedio el ASTT al inicio del tratamiento fue 289 cm^2 ; mientras que, al final del tratamiento (105 DDT) fue de 341 cm^2 .

Tabla 2. Área de la sección transversal del tronco influenciada por dos niveles de sombra y dos niveles de fertilización en el cultivo de cacao clon EETP-801.

% Sombra	% Fertilización	Tratamiento	ASTT (cm^2)		Incremento ASTT (cm^2)	TCA $\text{cm}^2.\text{dia}^{-1}$
			0 DDT	105 DDT		
0	0	T1	274,83	338,00	62,98	0,60
80	0	T2	306,67	365,83	59,02	0,56
0	100	T3	296,00	340,83	45,02	0,43
80	100	T4	280,17	318,83	38,58	0,37

5.2.1.2. Diámetro de copa

El diámetro de copa no se vio influenciado por la sombra y la fertilización aplicada al cultivo, es decir, no se encontró diferencias significativas ($p > 0,05$). El diámetro de copa fue similar en los cuatro tratamientos, al final del ensayo el tratamiento con sombra obtuvo un valor promedio de 184 cm y el testigo presentó un valor promedio de 147 cm (Figura 5).

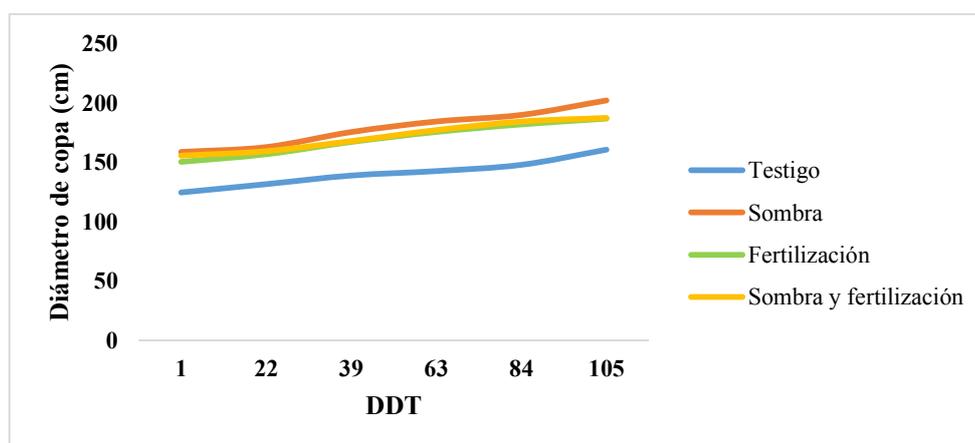


Figura 5. Diámetro de copa influenciada por dos niveles de sombra y dos niveles de fertilización en el cultivo de cacao clon EETP-801.

5.2.1.3. Área foliar (AF) e índice de área foliar (IAF)

El área foliar (AF) y el índice de área foliar (IAF) no se vieron afectadas por los niveles de sombra y fertilización, es decir no presentaron diferencias significativas entre sus tratamientos. El valor promedio de AF entre los tratamientos fue de 70,58 cm² (Figura A) y el IAF presentó un promedio de 5,04 (Figura B).

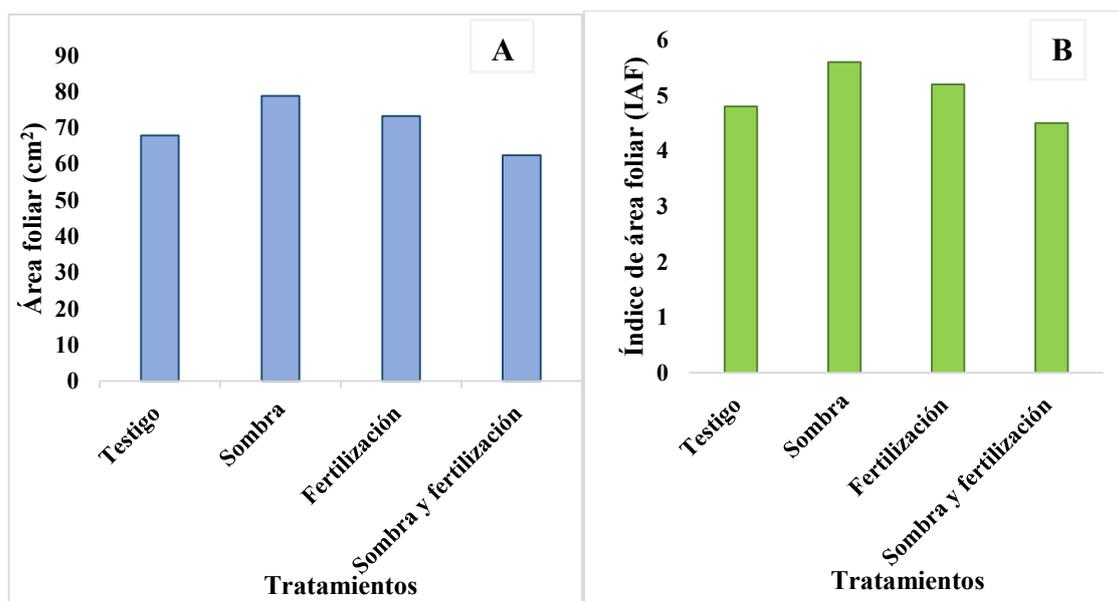


Figura 6. Área foliar (A) e Índice de área foliar (B) influenciada por dos niveles de sombra y dos niveles de fertilización en el cultivo de cacao clon EETP 801.

5.3. Variables productivas

5.3.1. Entrada de producción

El cultivo de cacao clon EETP-801 se realizó la siembra el 17 de octubre de 2019, tiene 30 meses de edad y se observó que la producción empezó a los dos años, independientemente de los tratamientos.

5.3.1.1. Fenología del fruto de cacao

El crecimiento y desarrollo del fruto de cacao clon EETP-801 se llevó a cabo en dos fases; crecimiento y maduración, en esta etapa aumenta notablemente la actividad metabólica.

A partir de los 44 días después de anthesis (dda) hasta el día 84 se obtuvo la etapa de mayor crecimiento, la cual constó de un aumento exponencial de tamaño del fruto, presentado el 80% del tamaño final del fruto.

Independiente de la sombra y la fertilización todos los frutos llegaron al estadio 79 de manera similar a los 84 DDT, alcanzando aproximadamente una longitud promedio de 22,35 cm (Figura 7).

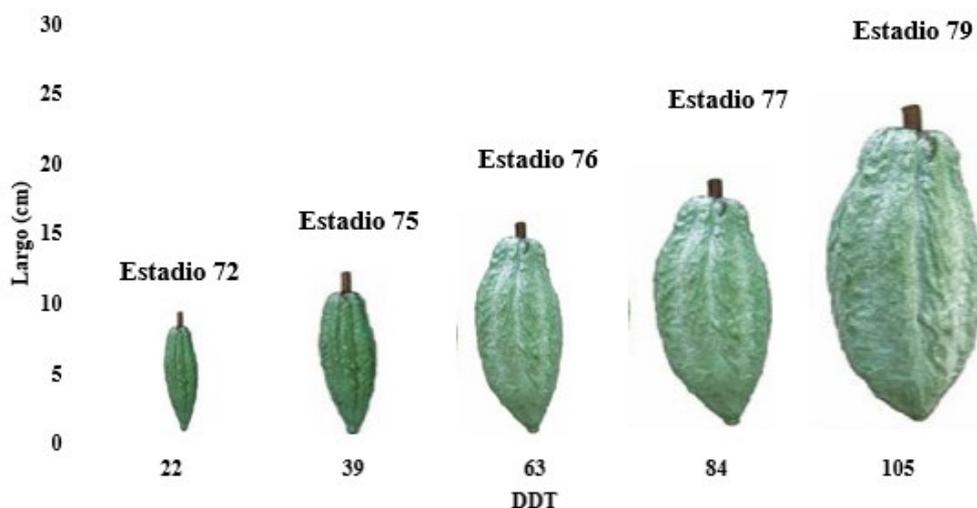


Figura 7. Fenología del cacao influenciada por dos niveles de sombra y dos niveles de fertilización en el cultivo de cacao clon EETP-801.

5.3.1.2. Curva de crecimiento del fruto

Se encontraron diferencias significativas en la interacción sombra y fertilización ($p = 0,0054$; $p < 0,05$), al final del ensayo (84 DDT). A partir de los 63 DDT los frutos del T1 presentan un mínimo incremento en su tamaño; mientras que, el T2 tiene una mayor longitud de los frutos. Al final del ensayo el valor más alto se obtuvo en los tratamientos T2 (sombra 80 % y fertilización 0 %) y el T3 (sombra 0 % y fertilización 100 %) con un valor de 22,58 y 21,98 respectivamente; mientras que, el valor más bajo se observó en el T1 (Testigo) con 19,1 cm (Figura 8).

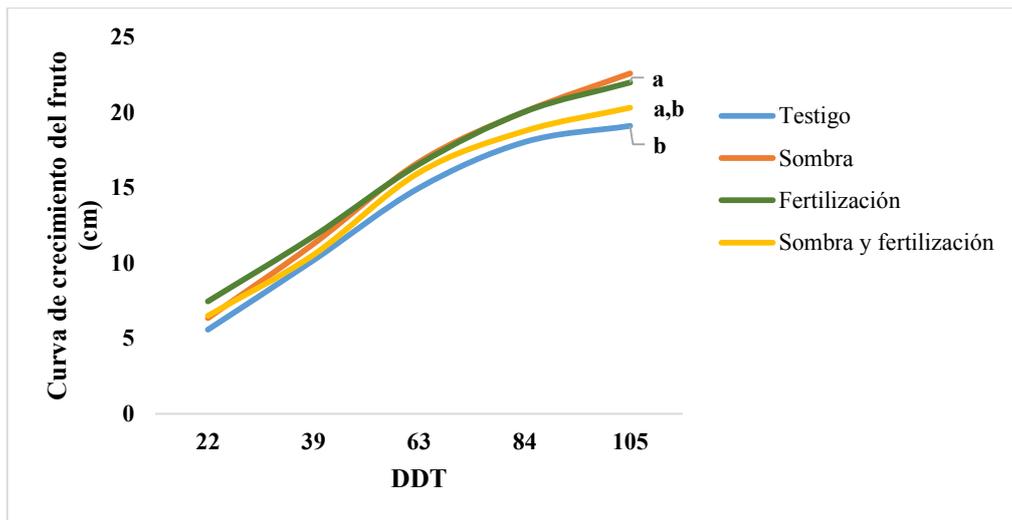


Figura 8. Curva de crecimiento del fruto influenciada por dos niveles de sombra y dos niveles de fertilización en el cultivo de cacao clon EETP-801.

5.3.1.3. *Peso estimado del fruto*

Respecto del peso estimado del fruto no se encontraron diferencias significativas ($p > 0,05$).

El clon de cacao EETP-801 presentó pesos de fruto promedio de 311,5 g.



Figura 9. Peso estimado del fruto influenciada por dos niveles de sombra y dos niveles de fertilización en el cultivo de cacao clon EETP-801.

5.3.2. **Parámetros fisiológicos**

5.3.2.1. *Concentración de clorofila*

Se encontró diferencias significativas en la interacción de sombra y fertilización ($p < 0,05$). En

la figura 11 se aprecia que el T2 (sombra 80 % y fertilización 0 %) obtuvo los valores más bajos; clorofila A: 28,09, clorofila B: 30,39 y clorofila total: 58,36. El tratamiento T4 presentó los valores

más altos, siendo: clorofila A: 198,11, clorofila B: 103,86 y clorofila total: 301,90, que corresponde al tratamiento con la presencia de sombra al 80 % y fertilización al 100 %.

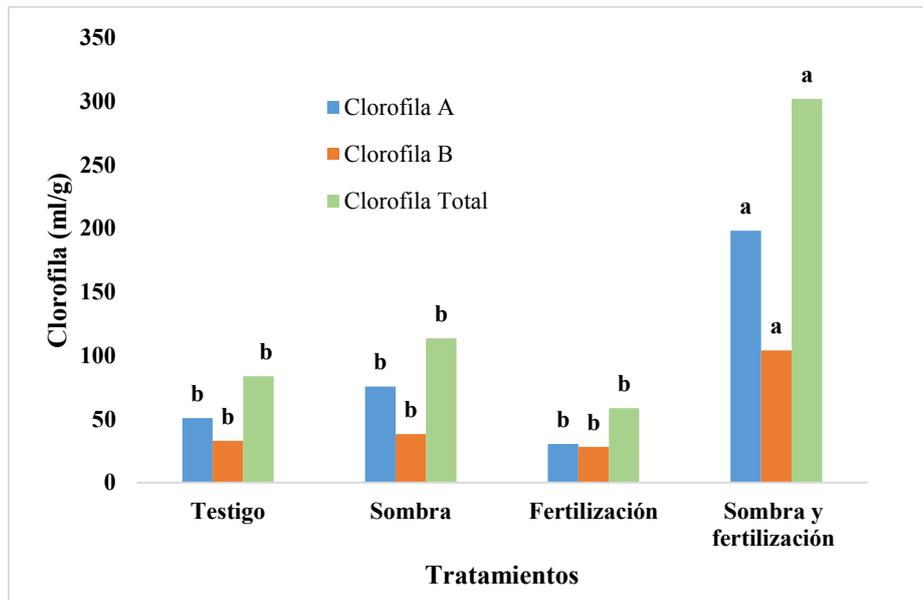


Figura 10. Concentración de clorofila influenciada por dos niveles de sombra y dos niveles de fertilización en el cultivo de cacao clon EETP-801.

5.3.2.2. Densidad estomática

En cuanto al número de estomas en las hojas de las unidades experimentales de cacao clon EETP-801, se presentaron en promedio 776 estomas/mm². En esta variable no se observaron diferencias estadísticas ($p > 0,05$), es decir, no se vio afectada por los tratamientos aplicados al cultivo.

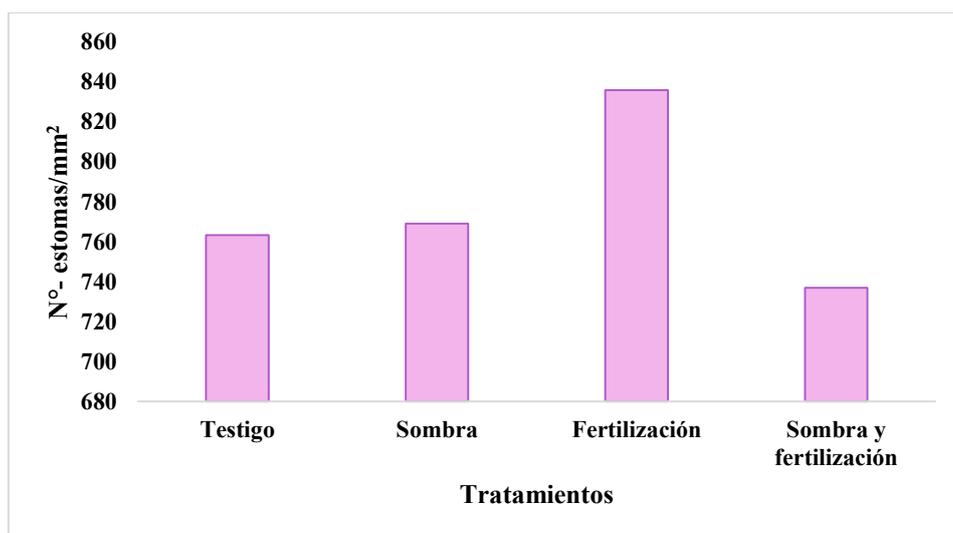


Figura 11. Densidad estomática influenciada por dos niveles de sombra y dos niveles de fertilización en el cultivo de cacao clon EETP-801.

6. DISCUSIÓN

El análisis de los parámetros químicos del suelo mostró que en el pH existieron diferencias significativas, el tratamiento de fertilización al 100 % redujo el nivel de pH (Figura 3) durante el ensayo, a diferencia del testigo y sombra cuyo nivel de pH fue el más alto.

Sánchez *et al.* (2003), explica que en los valores de pH puede haber variaciones en cada uno de los momentos de la evaluación por el contenido de sales, actividad biológica en el suelo y de acuerdo a la época de invierno o verano; cabe mencionar que las diferencias entre los niveles de pH durante el estudio, pudieron ser producidas por un aumento de la precipitación en el lugar de estudio. El pH en el tratamiento testigo se halló en todos los momentos de evaluación entre 5,02 y 5,74, pH de suelo ácidos y ligeramente ácidos. Este rango de pH se encuentra dentro del recomendado por Dostert *et al.* (2011), quienes mencionan que el cultivo de cacao tolera rangos que van de 5,0 a 7,5, por debajo de estos valores se debe realizar correcciones en el suelo.

Los tratamientos provistos de fertilización durante el ensayo presentaron los valores más bajos de pH, llegando hasta los 4,91, evidenciándose que los fertilizantes causaron acidificación al suelo, coincidiendo con Huamaní-Yupanqui *et al.* (2012), quienes indican que el uso de fertilizantes contribuye a variación en los niveles de pH.

En cuanto a la conductividad eléctrica (CE), no se logró observar diferencias significativas, de esta manera se puede decir que los dos factores de sombra y los dos factores de fertilización no afectaron a esta variable.

La variabilidad en la conductividad eléctrica observada en los tratamientos de fertilización, puede deberse a diferentes condiciones, tales como; presencia de MO y acumulación de cationes, Ca^{2+} , K^+ , Na^+ , NH_4^+ o H^+ que incrementan la conductividad eléctrica (Patrick, 1985). El motivo para que dichos valores sean mayores a los valores del tratamiento testigo y tratamiento sombra, se debe a la aplicación de fertilizantes, según Alvarado *et al.* (2017), quienes mencionan que todos los fertilizantes son sales, afirmando que si se deja de aplicar fertilizante dichos valores se reducirán. Por otra parte, Meter *et al.* (2019), afirma que una CE alta es un indicador de que el suelo es fértil debido a que los cationes se mantienen en los sitios de intercambio catiónico.

Según Barbaro *et al.* (2005) la conductividad eléctrica se encarga de medir la concentración de sales solubles presentes en el suelo, es decir a mayor CE, mayor es la concentración de sales, por tal motivo, es importante que en el suelo la CE sea baja. En los resultados de la

investigación, en los cuatro tratamientos se registraron datos menores a 1 ds/m, lo que significa que no presentó problemas de sales, por ende, son suelos libres de sales condición óptima para el cultivo de cacao y cualquier otro tipo de cultivo, así lo indica (Castellanos, 2000). La CE y el pH son variables de gran importancia en el desarrollo del cultivo, Venturo (2017), comprobó que dichas variables están directamente relacionadas con la capacidad de absorción y solubilidad de los elementos.

En las variables morfológicas, área de sección transversal del tronco (ASTT), diámetro de copa, área foliar (AF) e índice de área foliar (IAF) no se vieron influenciados por ninguno de los tratamientos aplicados en el cultivo. El área de la sección transversal del tronco no presentó diferencias estadísticas, sin embargo, al final del estudio, el tratamiento con sombra obtuvo 21,5 cm², seguido por el fertilizado el cual obtuvo 20,58 cm², luego el testigo con 20,33 cm² y finalmente el tratamiento sombra más fertilización con 19,83 cm². Los resultados indican que la sombra y la fertilización aumentan sensiblemente el ASTT, en investigaciones realizadas por Álvarez *et al.*, (2015) con enmiendas inorgánicas y orgánicas, descubrieron que el aporte de fertilizante produce un incremento en el desarrollo del tallo.

Cabe recalcar, que el comportamiento en el tratamiento provisto de sombra coincide con lo reportado por Enríquez, (2006), quien menciona que el cultivo al contar con protección de sombra requiere menor cantidad de nutrimentos, ya que no necesita el aporte de mucho nitrógeno y fósforo para la formación de proteínas, ni mucho potasio para estimular el crecimiento y acelerar la translocación de carbohidratos hacia el sistema radical.

De acuerdo a lo reportado, las plantas de cacao se saturan a densidades de flujo fotónico comprendidas entre 400 a 600 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, intensidades que constituyen entre 25 y 30 % de la radiación máxima en un día despejado (Jaimez *et al.*, 2008), lo que justifica que las plantas al contar con un porcentaje de sombra no llegan al punto de saturación y manifiestan un incremento mayor del ASTT. Así también, Almeida y Valle, (2007), aseguran que el cultivo de cacao es tolerante a la sombra conduciendo a tasas de fotosíntesis relativamente más altas y considera que la intercepción de la luz se encuentra estrechamente relacionada con la disponibilidad de nutrimentos.

En lo que respecta al área foliar (AF), no se encontraron diferencias estadísticas, sin embargo, el tratamiento con sombra 80 % y fertilización 0 % alcanzó el mayor AF de 78,80 m², de

acuerdo a los datos obtenidos tanto la sombra como la fertilización producen un pequeño incremento en el AF, concordando con las investigaciones realizadas por James y Bell, (2000) indican que las plantas tienen mayor área foliar si estas crecen en ambientes sombreados, lo cual les permite incrementar la intercepción de la luz. Según Caldari, (2007) la luz incide en la temperatura de las hojas, en el balance hídrico, en la asimilación de carbono y en el crecimiento de órganos y tejidos como la expansión de hojas y el desarrollo de tallos. Los datos obtenidos son semejantes con los reportados por Enríquez (2006), en el cual indica que las plantas que se encuentran expuestas a plena exposición solar fueron sensiblemente más pequeñas que las plantas que crecieron bajo tres diferentes tipos de sombra y menciona que el cultivo a plena exposición solar necesita de mayor cantidad de agua y fertilizantes, tal comportamiento explica el mayor AF del tratamiento provisto de fertilización y el menor AF del tratamiento testigo.

Por otro lado, en la variable peso estimado de la mazorca no se encontraron diferencias significativas, el clon de cacao EETP 801 presentó pesos de mazorca estimados entre 224,81 y 401,85 g, así mismo, la producción estimada por planta en kg oscila entre 2,25 kg y 4,01 kg, dichos resultados se asemejan con los encontrados por Loo-Solórzano *et al.* (2019) quienes reportan rendimientos obtenidos de 1,73 peso de cacao seco kg/planta. De acuerdo a un estudio realizado por Leiva *et al.* (2019), menciona que en el cultivo de cacao que obtiene un mayor rendimiento de cacao en arboles con menor intensidad de poda, lo mismo que ocurre en árboles frutales.

En cuanto a la variable curva de crecimiento del fruto se encontró diferencias significativas entre los tratamientos siendo el valor más alto en los tratamientos T2 y T3 con valores de 22,58 y 21,98 respectivamente; el valor más bajo se observó en el T1 con 19,1 cm. Durante el ensayo se observó que a partir de los 44 días después de anthesis (dda) hasta el día 84 se obtuvo la etapa de mayor crecimiento, la cual constó de un aumento exponencial de tamaño del fruto, siendo los resultados similares a los hallados por López *et al.* (2018) donde encontró que el patrón de crecimiento de los frutos en cinco variedades de cacao, es una curva sigmoidea para las variables longitud y diámetro del fruto. Además, estos autores indican que el aumento en el tamaño del fruto fue mínimo en los primeros 10 días siendo la fase I, mientras que en la fase II el periodo de crecimiento es rápido adquiriendo su máxima velocidad entre los 75 días después de que ocurre la fecundación. Según Enríquez, (1985) a partir de los 50 días después de anthesis (dda)

hasta el día 90 se presenta la etapa de mayor crecimiento obteniendo el 80 % del tamaño final del fruto, mientras que el 20 % restante se logra entre los días 100 y 130 después de antesis. A partir del día 90 dda, el crecimiento nuevamente es lento y ocurre cambios en el color en el fruto hasta los 140 días, esta fase comprende todos los cambios asociados con la maduración del fruto y termina con su cosecha. Finalmente, en el intervalo de crecimiento de los frutos estuvo comprendida entre 16.13 y 26,97 (López *et al.*, 2018).

Una vez finalizada la fase de campo se procedió a evaluar las variables que se relacionan con la fisiología de la planta, en lo referente a la densidad estomática, no se encontró diferencias estadísticas, es decir, que los tratamientos no influyeron en esta variable, sin embargo, cabe mencionar que el tratamiento con fertilización 100 % y sombra 0 % (T3) presentó la mayor concentración de estomas por superficie, siendo levemente superior que el tratamiento provisto de sombra (T2). Dichos resultados son similares con los reportados por Godoy (2021), quién reportó un rango entre 807,45 y 934,32 estomas por mm², en la provincia de Zamora Chinchipe – Ecuador en el clon EETP 801. En el tratamiento T3 se puede observar que presenta una mayor concentración de estomas, lo cual se atribuye a que la cantidad de estomas puede variar de acuerdo a las condiciones ambientales del cultivo, pudiendo cambiar entre plantas aun siendo de la misma especie, en hojas de una misma planta e inclusive en sectores de una misma hoja (Tian *et al.*, 2016).

En lo que respecta a los niveles de concentración de clorofila se hallaron diferencias estadísticas entre los tratamientos. Para el contenido de clorofila A, B y total, los valores más altos se encontraron en el tratamiento provisto de sombra 85 % y fertilización 100 %, demostrándose que la sombra influye de forma directa en el contenido de pigmentos fotosintéticos. En estudios realizados por Rodríguez y Valdés, (2002), menciona que cafetos provistos de sombra presentan mayor cantidad de pigmentos en los fotosistemas. Los resultados coinciden con los descritos por Almeida y Valle, (2007) quienes mencionan que la baja disponibilidad de luz, indujo a las células a un incremento de la clorofila con la finalidad de incrementar la capacidad de aprovechamiento de la luz y optimizar la fotosíntesis. Por otra parte, en cuanto a la fertilización, al realizar un aporte extra de cloruro, debido a la aplicación de muriato de potasio, de manera positiva regula el intercambio de gases y actúa como un auxiliar en el metabolismo y la síntesis de clorofila (Bloodnick, 2021).

7. CONCLUSIONES

- Los nutrientes aplicados provocaron que el pH del suelo disminuya, desde el inicio de la investigación con 5,12 hasta el final del proyecto con 4,91 de pH, debido al efecto acidificante de los fertilizantes, por lo que, la conductividad eléctrica del suelo aumentó al final del tratamiento, ya que hubo un incremento de sales en la solución del suelo.
- El factor sombra y fertilización (T4) influyó en la variable concentración de clorofila, dicho tratamiento presentó el mayor contenido de clorofila A, B y total, arrojando los valores más altos, siendo: clorofila A: 198,11, clorofila B: 103,86 y clorofila total: 301,90, con la presencia de sombra al 80 % y fertilización al 100 %.
- Los dos niveles de sombra y dos niveles de fertilización no influyeron significativamente en las variables: diámetro de copa, ASTT, AF, IAF, densidad estomática y peso estimado del fruto.

8. RECOMENDACIONES

- Continuar con la investigación hasta llegar a la etapa de procesamiento y a su vez evaluar el rendimiento y producción; de esta manera obtener información sobre el factor que más influye en el rendimiento de cacao clon EETP 801.
- Tomar datos de las variables fisiológicas, productivas y análisis de laboratorio, de esta manera obtener la mayor cantidad de información que nos indique datos asertivos para las distintas variables aplicadas al cultivo.
- Ampliar la malla serán cada 6 meses, para obtener los resultados más precisos acerca de la variable sombra.
- Realizar el aporte de nutrientes teniendo en cuenta la cantidad de extracción realizada por la planta en cada elemento, así mismo llevar a cabo el análisis bromatológico de los frutos para conocer la concentración y la extracción de nutrientes por producción y obtener datos de la dosis de fertilizante necesaria para el cultivo.

9. BIBLIOGRAFÍA

- Abdulai, I., Vaast, P., Hoffmann, M., Asare, R., Jassogne, L., Van Asten, P., & Rötter, R. (2018). Cocoa agroforestry is less resilient to sub-optimal and extreme climate than cocoa in full sun. *cocoa in full sun. Global Change Biology*, 24(1), 273–286.
- Agudelo, G., Cadena, J., Almanza, P., & Pinzón, H. (2018). Desempeño fisiológico de nueve genotipos de cacao (*Theobroma cacao* L.) bajo la sombra de tres especies forestales en Santander, Colombia. *REVISTA COLOMBIANA DE CIENCIAS HORTÍCOLAS 12 (1)*, 223-232.
- Aguirre, Z., Gaona, T., & Placios, B. (2014). Dinámica de crecimiento de especies forestales establecidas en el Jardín Botánico El Padmi, Zamora Chinchipe, Ecuador. *CEDAMAZ*.
- Alarcón, J., Arevalo, E., Díaz, A., Galindo, J., & Rosero, A. (2012). *Manejo fitosanitario del cultivo de cacao (Theobroma cacao L). Medidas para la temporada invernal*. Instituto Colombiano Agropecuario (ICA).
- Almeida, A., & Valle, R. (2007). Ecophysiology of the cacao tree. *Brazilian Journal of 19 Plant Physiology*, 19(4), 426-448.
- Alvarado, A. H. (2017). Estudio económico de la producción de cacao y las principales enfermedades de la variedad ccn-51 en el cantón La Troncal, Guayas, Ecuador. *Dialnet*, 10(30).
- Álvarez, B. I. (2015). Efecto del Pectimorfo en el índice estomático de plantas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). https://jabega.uma.es/discovery/fulldisplay/cdi_gale_infotracademiconefile_A441489989/34CUBA_UMA:VU1.
- Anacafé. (2004). *CULTIVO DE CACAO: Programa de Diversificación de Ingresos a la Empresa Cafetalera*.
- Anecacao. (2019). *SECTOR EXPORTADOR DE CACAO*.
- ANECACO. (2017). *ANECACAO: 30 años dejando en alto el nombre del CACAO ECUATORIANO*. VIVE EDITORES.

- Arvelo, M., González, D., Delgado, T., Maroto, S., & Montoya, P. (2017). ESTADO ACTUAL SOBRE LA PRODUCCIÓN, EL COMERCIO Y CULTIVO DEL CACAO EN AMÉRICA. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, Fundación Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas. – San José, C.R. : IICA.
- Arvelo, M., León, D., Maroto, S., Delgado, T., & Montoya, P. (2017). *Manual Técnico del Cultivo de Cacao Prácticas Latinoamericanas*. IICA.
- Báes, N. (2008). *MANEJO DE LA ARQUITECTURA AEREA DEL ARBOL DE CACAO “PODA DE CONO NATURAL”*.
- Batista, L. (2009). *Guía Técnica: El Cultivo de Cacao*. CEDAF.
- Bloodnick, E. (24 de septiembre de 2021). *La función del sodio y del cloruro en el cultivo de plantas*. Obtenido de <https://www.pthorticulture.com/es/centro-de-formacion/la-funcion-del-sodio-y-del-cloruro-en-el-cultivo-de-plantas/>
- Caldari, P. (2007). *Manejo de la luz en invernaderos, los beneficios de luz de calidad en el cultivo de hortalizas. I simposio internacional de invernaderos, CIBA, México. I simposio internacional de invernaderos, CIBA, México*. Obtenido de <https://es.slideshare.net/andres333/manejo-de-laluzeninvernaderos>
- Cuenca, E., Puentes, Y., & Menjivar, J. (2019). Uso eficiente de nutrientes en cacao fino de aroma en la provincia de Los Ríos-Ecuador. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín* 72(3).
- Cueva, A. (2013). *SOMBREAMIENTO - AGROFORESTERIA - NUTRICIÓN - FERTILIZACION Y FISIOLOGIA EN CACAO*. Universidad Nacional de San Martín, Tarapoto, PERÚ.
- Dostert, N., Roque, J., Cano, A., La Torre, M., & Weigend, M. (2011). *Hoja botánica: Cacao (Theobroma cacao L.)*. Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Duarte, D., Gutiérrez, E., Báez, N., Almeida, G., Pereira, M., G, B., & Belmonte, H. (2019). *Poda y manejo de luz en el cultivo de cacao*. Colombia: FEDECACAO.
- Enríquez, G. (2010). *Cacao Orgánico: Guía para productores ecuatorianos*. INIAP.

- Enríquez, G. A. (2006). Fenología y fisiología del cultivo del cacao. <https://aprenderly.com/doc/3207554/fenolog%C3%ADa-y-fisiolog%C3%ADa-del-cultivo-del-cacao-gustavo-a.-e>.
- ESPAC. (2019). Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua.
- Espinoza, L. S. (2006). Como Interpretar los Resultados de los Análisis de Suelos. *University of Arkansas System: Division of agricultura. Agricultura y Recursos Naturales*, 4.
- Figueroa, O., & Cavero, J. (2011). *GUÍA TÉCNICA CURSO-TALLER FERTILIZACIÓN Y POST COSECHA DE CACO*. Universidad Nacional Agraria la Molina, Tarapoto, PERÚ.
- Furcal, P. (2017). Extracción de nutrientes por los frutos de cacao en dos localidades en Costa Rica. *Agron. Mesoam.* 28 (1), 113-129.
- Furcal, P. (2018). *Fertilización del cultivo de cacao (Theobroma cacao L) en un cantón de la Región Huetar Norte de Costa Rica*. Costa Rica.
- G., E. (1985). Curso sobre el cultivo del cacao. CATIE. Turrialba. Turrialba CR. : CATIE.
- García, J. (2014). Caracterización de las respuestas fisiológicas y bioquímicas en tres clones de cacao (*Theobroma cacao L.*) sometidos a diferentes niveles de déficit hídrico.
- García, J. (2014). Caracterización de las respuestas fisiológicas y bioquímicas en tres clones de cacao (*Theobroma cacao L.*) sometidos a diferentes niveles de L.) sometidos a diferentes niveles de déficit hídrico. Bogotá, Colombia.
- Guerrero, J. (2012). GUÁ TÉCNICA "ANÁLISIS DE SUELOS Y FERTILIZACIÓN DE CACAO". Perú.
- Huamaní-Yupanqui, H. H.-R.-M.-R.-T. (2012). Presencia de metales pesados en cultivo de cacao (*Theobroma cacao L.*) orgánico. *Acta Agronomica*, 61(4), 339–344.
- Jaimez, R., Tezara, W., Coronel, I., & Urich, R. (2008). Ecofisiología del cacao (*Theobroma cacao*): su manejo en el sistema agroforestal. Sugerencias para su mejoramiento en Venezuela. *Revista Forestal Venezolana*.
- James, S. A. (2000). Influence of light availability on leaf structure and growth of two *Eucalyptus globulus* ssp. *globulus* provenances. *Tree physiology*, 20(15), 1007- 1018. doi:10.1093/treephys/20.15.1007.

- John, A., Arevalo, E., Díaz, A., Galindo, J., & Rosero, A. (2012). *Manejo fitosanitario del cultivo del cacao (Theobroma cacao L.): Medidas para la temporada invernal*. Bogotá Colombia: Instituto colombiano agropecuario ICA.
- Johnson, J. M. (2008). *MANUAL DE MANEJO Y PRODUCCIÓN DEL CACAOTERO*.
- Khazada, A., Ansari, M., Chang, B., & Rajput, A. (2016). Evaluating Right Timing and Splitting Nitrogen Application Rates for Enhanced Growth and Yield of Sunflower. *EUROPEAN ACADEMIC RESEARCH*.
- Khoshgoftar, A. S. (2004). *Salinity and Zinc Application Effects on PH y to availability of Cadmium and Zinc*. Soil Science Society of America Journal, 68(6), 1885. doi:10.2136/sssaj2004.1885.
- Leiva, E. G. (2019). COMPORTAMIENTO VEGETATIVO Y REPRODUCTIVO DEL CACAO (*Theobroma cacao L.*) POR EFECTO DE LA PODA. *Revista fitotecnia mexicana*, DOI:10.35196/rfm.2019.2.137-146.
- Leiva, E., & Ramírez, R. (2017). ACUMULACIÓN Y EXTRACCIÓN DE NUTRIENTES EN EL CULTIVO DEL CACAO (*Theobroma cacao L.*). *International Symposium on Cocoa Research (ISCR)*, noviembre.
- Loayza, F. (2018). Análisis de la cadena productiva del cacao ecuatoriano para el diseño de una política pública que fomente la productividad y la eficiencia de la producción cacaotera período 2007-2016.
- Loor, R., Sotomayor, I., Jiménez, J., Tarqui, O., Rodríguez, G., a Casanova, T., & Quijano, G. (2018). *INIAP-EETP-800 e INIAP-EETP-801 NUEVOS CLONES DE CACAO FINO Y DE AROMA CON ALTO RENDIMIENTO*.
- Loor-Solórzano, R. A.-P.-M.-V.-M.-C.-C.-B.-F.-Z. (2019). INIAP-EETP-800 'AROMA PICHILINGUE', NUEVA VARIEDAD ECUATORIANA DE CACAO FINO DE ALTO RENDIMIENTO. *Revista fitotecnia mexicana*, Vol.42, n.2 , pp.187-189.
- López-Hernández, J. L.-H.-A.-M.-Z.-M.-L.-V. (2018). BIOLOGÍA FLORAL DE CACAO (*Theobroma cacao L.*); CRIOLLO, TRINITARIO Y FORASTERO EN MÉXICO. *Agroproductividad: Vol. 11, Núm. 9*, 129-135.
- Maddonni, A., Vilariño, P., & García, S. (2004). *Dinámica de los nutrientes en el sistema suelo-planta*.

- Meter, A. A. (2019). *Cadmio en el cacao de América Latina y el Caribe – Análisis de la investigación y soluciones potenciales para la mitigación*. Bioersity International, Roma, octubre 2019.
- Miguel, W., Romero, X., & Moreno, J. (2011). “*Guía técnica del cultivo de cacao manejado con técnicas agroecológicas*”.
- Mixquititla, G., & Villegas, Ó. (2016). Importancia de los fosfatos y fosfitos en la nutrición de cultivos. *ACTA AGRÍCOLA Y PECUARIA*.
- Morales, E., Rubí, M., López, J., Martínez, Á., & Morales, J. (2021). Urea (NBPT) una alternativa en la fertilización nitrogenada de cultivos anuales. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*.
- Moreno, R. (1965). *ALGUNOS ASPECTOS DE LA FERTILIZACIÓN EN CACAO (Theobroma cacao L.) CON OBSERVACIONES PRELIMINARES SOBRE SU RESPUESTA A LA APLICACIÓN DE TRES ELEMENTOS MAYORES AL SUELO*.
- Murillo, S., Ponce, F., & Huamán, M. (2020). Características fisicoquímicas, compuestos bioactivos y contenido de minerales en la harina de cáscara del fruto de cacao (*Theobroma cacao L.*). *Manglar*.
- Palacios, B., Aguirre, Z., & Lozano, D. (2015). Experiencias de enriquecimiento forestal en bosque secundario en la microcuenca “El Padmi”, Zamora Chinchipe Ecuador. *CEDAMAZ*, Vol. 5, No. 1, pp 05 – 11.
- Perdomo, C., Barbazán, M., & Durán, J. (1994). *ÁREA DE SUELOS Y AGUAS CÁTEDRA DE FERTILIDAD NITRÓGENO*. Montevideo Uruguay.
- Puentes, Y., Menjivar, J., & Aranzazu, F. (2016). *CONCENTRACIÓN DE NUTRIENTES EN HOJAS, UNA HERRAMIENTA PARA EL DIAGNÓSTICO NUTRICIONAL EN CACAO*. *Agron. Mesoam*.
- Quiroz, J. (2009). *La PRODUCCIÓN del cacao*. PROGRAMA DE CAPACITACIÓN A FACILITADORES Y AGRICULTORES EN LA CADENA DE CACAO INIAP- Estación Experimental Central Amazónica.
- Ricaño, J., Ramos, J., Cocolletzi, E., & Hipólito, E. (2018). *EL ESTUDIO GENÓMICO DEL CACAO (Theobroma cacao L.); BREVE RECOPIACIÓN DE SUS BASES CONCEPTUALES*. Agroproductividad:.

- Romero, J., Capa, M. (2022). Aplicación de tres niveles de fertilización y su influencia en las condiciones químicas del suelo y en el crecimiento vegetativo de cacao (*Theobroma cacao* L.) CLON CCN-51 en el Padmi, Zamora Chinchipe. <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/24711/1/Jhuliana%20Elizabeth%20Romero%20Ure%c3%b1a.pdf>.
- Romero, L. P., Jacobo, J., Ojeda, D., Guerreo, V., Ávila, G., & Ruiz, T. (2017). Respuesta de portainjertos de manzano a vigor, eficiencia de producción y concentraciones foliar y en fruto de NPK. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* , 849-861.
- Rosas-Patiño, G., Puentes, Y., & Menjivar, J. (2017). Relación entre el pH y la disponibilidad de nutrientes para cacao en un entisol de la Amazonia colombiana. *Ciencia & Tecnología Agropecuaria*, Ciencia & Tecnolvol. 18, n.º 3, agosto de 2017, pp. 529-41, doi:10.21930/rcta.vol18_num3_art:742.
- Ruales, J., Orjuela, H., & Ballesteros, W. (2011). EFECTO DE LA FERTILIZACIÓN CON DIVERSAS FUENTES SOBRE EL RENDIMIENTO DE CACAO (*Theobroma cacao* L.). *REVISTA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS* , Pags. 81 - 94.
- Sánchez, R. P. (2003). Efectos de los rastrojos sobre las propiedades físicas y químicas de un suelo vertisol y rendimientos de caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) en Tabasco, México. *Interciencia* 28 (7): 404-407.
- Sánchez, V., Zambrano, J., & Iglesias, C. (2019). La cadena de valor del cacao en América Latina y el Caribe. Quito, EC: INIAP, Estación Experimental Santa Catalina.
- Somarriva, E. (2004). Como evaluar y mejorar el dosel de sombra en cacaotales. *Agroforestería en las Américas* 41-42.
- Tian, M. Y. (2016). Leaf morphological and anatomical traits from tropical to temperate coniferous forests: Mechanisms and influencing factors. *Scientific Reports*. <https://doi.org/10.1038/srep19703>.
- VITRA. (2020). La gran importancia del nitrógeno en las plantas. *Vitra Al Servicio de la Agricultura*.

10. ANEXOS

Anexo 1. Evidencias fotográficas



Figura 12. Aplicación de sombra con malla sarán al 80 %.



Figura 13. Aplicación de la fertilización.



Figura 14. Toma de muestras para el análisis de suelo y CE

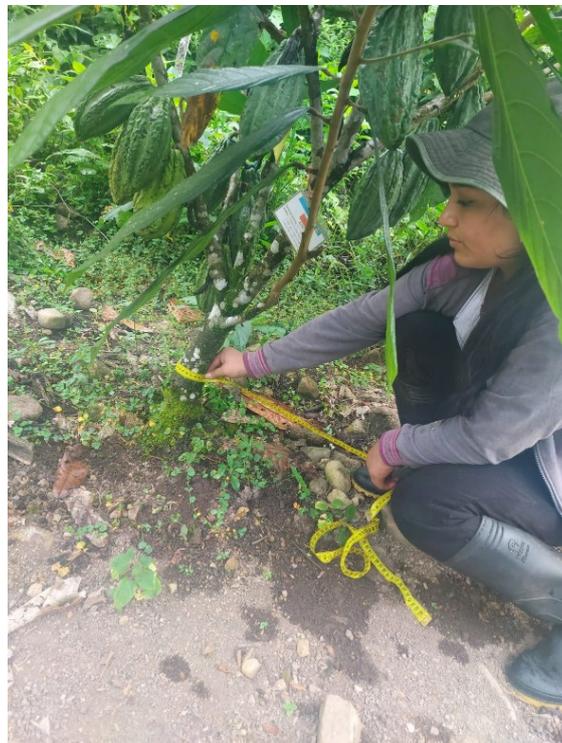


Figura 15. Medición del Área de la sección transversal del tronco (ASTT)



Figura 16. Medición de diámetro de copa



Figura 17. Medición de la longitud del fruto

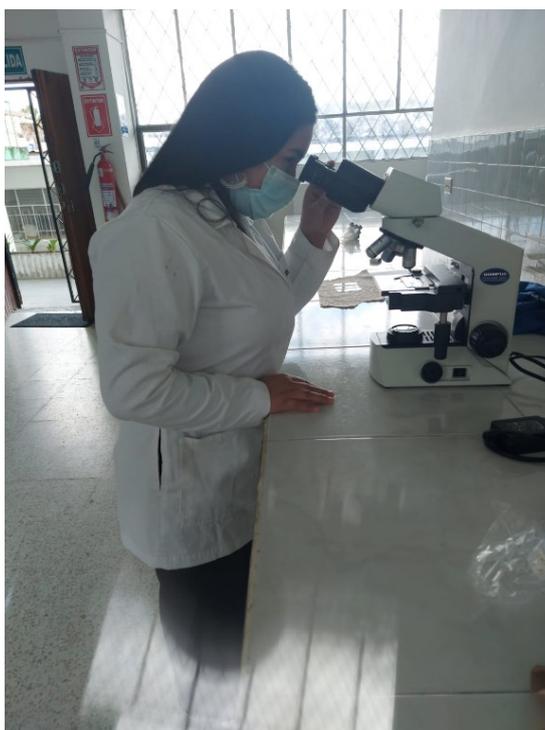


Figura 18. Observación de estomas en el microscopio

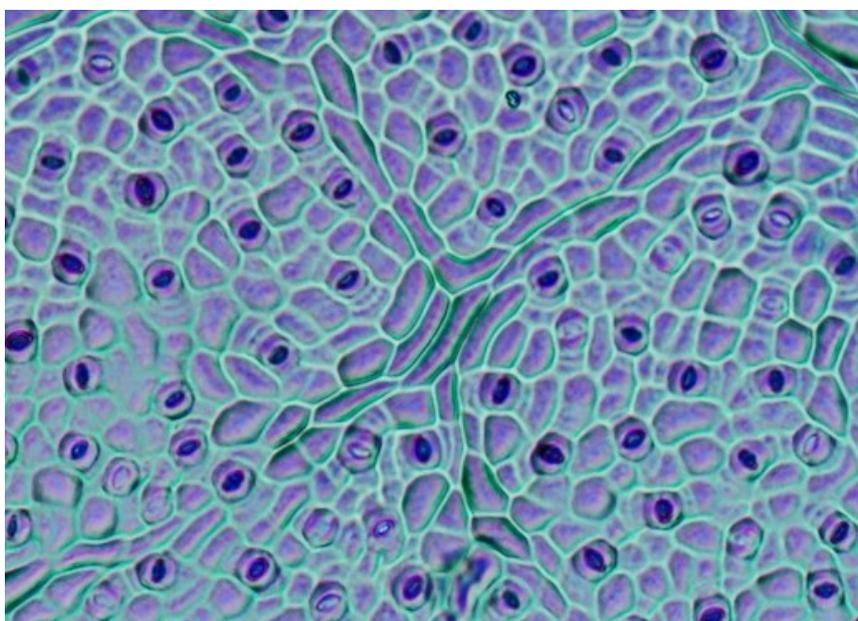


Figura 19. Estomas en hojas de caco clon EETP-801 observadas a 10X.

Anexo 2. Análisis de suelo

MC-LASPA-2201-01

	INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS ESTACION EXPERIMENTAL SANTA CATALINA LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS PLANTAS Y AGUAS Panamericana Sur Km. 1. S/N Cutuglagua. Tifs. (02) 3007284 / (02)2504240	
---	--	---

INFORME DE ENSAYO No: 21-0806

NOMBRE DEL CLIENTE:	Campoverde Cordova Rosa Carolina	FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA:	04/11/2021
PETICIONARIO:	Campoverde Cordova Rosa Carolina	HORA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA:	11:37
EMPRESA/INSTITUCIÓN:	Campoverde Cordova Rosa Carolina	FECHA DE ANÁLISIS:	04/11/2021
DIRECCIÓN:	PADMI, Yanzatza, Zamora Chinchipe	FECHA DE EMISIÓN:	10/11/2021
		ANÁLISIS SOLICITADO:	CIC

Nº muestra	K	Ca	Mg	Na	Suma de bases	Saturación de bases	CIC	Identificación de la muestra
	meq/100 g suelo	(%)	meq/100 g suelo					
21-31246	1,03	9,39	4,50	0,84	15,8	SATURADO	13,2	Muestra 1

RESPONSABLES DEL INFORME



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

LABORATORISTA



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

RESPONSABLE DEL LABORATORIO

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

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

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

 <p>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. Tlfs. (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	Unidad	pH	N		P		S		B		K		Ca		Mg		Zn		Cu		Fe		Mn		Ca/Mg		Mg/K		Ca+Mg/K		Σ Bases*		MO		CO.*		Textura (%)				IDENTIFICACIÓN		
			ppm	A	ppm	A	ppm	A	ppm	A	meq/100g	A	meq/100g	A	meq/100g	A	ppm	A	ppm	A	ppm	A	ppm	A	ppm	A	ppm	A	ppm	A	meq/100g	A	%	A	%	A	Arena	Limo	Arcilla	Clase Textural			
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 = Olen Modificado
S,B = Fosfato de Calcio	Cu Fe Mn Zn = Olen Modificado
B =	Curcumina

*** Ensayos no solicitados por el cliente**

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

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

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

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


 Firmado «electrónicamente» por:
JOSE ALONSO LUCERO MALATAY
 LABORATORISTA


 Firmado «electrónicamente» por:
IVAN RODRIGO SAMANIEGO MAIGUA
 RESPONSABLE DE LABORATORIO

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

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

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

Anexo 3. Certificado de traducción del Abstract

CERTIFICACIÓN

Loja, (22) de septiembre de 2022

Licenciada

Yulisa Liset Manzanares Ordóñez

Docente del Ministerio de Educación

En mi calidad de Licenciada en Pedagogía de Idioma Inglés con capacidades que pueden ser probadas a través de la certificación de conocimiento del Inglés, nivel B2, he realizado la traducción del resumen del trabajo de tesis denominado: **“Respuesta de dos niveles de sombra y fertilización sobre el crecimiento y desarrollo del cacao (*Theobroma cacao* L.) clon EETP-801 en la parroquia Los Encuentros, cantón Yantzaza”** perteneciente a la estudiante **Rosa Alexandra Jiménez Jiménez** con C.I. **1105984817**.

Es en cuento puedo certificar en honor a la verdad, facultando a la interesada, estudiante: **Rosa Alexandra Jiménez Jiménez**, hacer uso legal del presente según estime conveniente.

Atentamente,



Yulisa Manzanares Ordóñez

Docente del Ministerio de Educación

Nro registro Senecyt 1031-2022-2421776