



UNL

Universidad
Nacional
de Loja

Universidad Nacional de Loja

Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables

Carrera de Agronomía

**Influencia de la sombra y encalado sobre la productividad del cacao
(*Theobroma cacao* L) clon EETP-800, en la Estación Experimental el
Padmi, Zamora Chinchipe.**

**Trabajo de Integración Curricular
previo a la obtención del Título de
Ingeniero Agrónomo.**

AUTOR:

Klever Patricio Cobos Ruiz

DIRECTOR:

Dr. Santiago Cristóbal Vásquez Matute, PhD.

Loja - Ecuador

2023

Certificación

Loja, 17 de febrero de 2023

Dr. Santiago Cristóbal Vásquez Matute, PhD.

DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

CERTIFICO:

Que he revisado y orientado todo el proceso de la elaboración del Trabajo de Integración Curricular denominado: **Influencia de la sombra y encalado sobre la productividad del cacao (*Theobroma cacao L*) clon EETP-800, en la Estación Experimental El Padmi, Zamora Chinchipe**, de autoría del estudiante **Klever Patricio Cobos Ruiz**, con **cédula de identidad Nro. 1150167110**, previo a la obtención del **Título de Ingeniero Agrónomo**. Una vez que el trabajo cumple con todos los requisitos exigidos por la Universidad Nacional de Loja, apruebo y autorizo su presentación para los trámites de titulación.

Dr. Santiago Cristóbal Vásquez Matute, PhD.

DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Autoría

Yo, **Klever Patricio Cobos Ruiz**, declaro ser autor del presente Trabajo de Integración Curricular y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos, de posibles reclamos y acciones legales por el contenido de este.

Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja la publicación de mi Trabajo de Integración Curricular en el Repositorio Digital Institucional - Biblioteca Virtual.

Firma:



Cédula de identidad: 1150167110

Fecha: Loja, 16 de junio de 2023

Correo electrónico: klever.cobos@unl.edu.ec

Teléfono: 0990472789

Carta de Autorización por parte del autor, para la consulta, reproducción parcial o total y/o publicación electrónica del texto completo, del Trabajo de Integración Curricular.

Yo, **Klever Patricio Cobos Ruiz**, declaro ser autor del Trabajo de Integración Curricular denominado: **Influencia de la sombra y encalado sobre la productividad del cacao (*Theobroma cacao L*) clon EETP-800, en la Estación Experimental El Padmi, Zamora Chinchipe**, como requisito para optar el título de **Ingeniero Agrónomo**, autorizo al sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que, con fines académicos muestre la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido 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 del Trabajo de Integración Curricular que realice un tercero.

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



Firma:

Autor: Klever Patricio Cobos Ruiz

Cédula: 1150167110

Dirección: Av. Pablo Palacio y Jorge Erazo, Barrio Las Pitás, Parroquia Carigán.

Correo electrónico: klever.cobos@unl.edu.ec

Celular: 0990472789

DATOS COMPLEMENTARIOS

Director del Trabajo de Integración Curricular: Dr. Santiago Cristóbal Vásquez Matute PhD.

Dedicatoria

El presente trabajo de investigación está dedicado en primer lugar a Dios por brindarme la oportunidad de la vida, sabiduría, fortaleza y perseverancia para cumplir mis objetivos.

Así mismo, con mucho cariño y respeto a mis padres Klever Cobos y Mónica Ruiz por demostrarme que con perseverancia y sacrificio se forjan los sueños.

A mis queridas hermanas por brindarme su ayuda, comprensión y apoyo moral en los momentos donde mi esperanza parecía desvanecerse.

Finalmente, a mi familia y amigos que de una u otra manera fueron partícipes de manera directa o indirecta en todo este proceso de investigación.

Klever Patricio Cobos Ruiz

Agradecimiento

Primeramente, agradezco a Dios por la sabiduría que me otorga día a día; en segundo lugar, a mi prestigiosa institución la Universidad Nacional de Loja, a toda su planta docente de la Carrera de Ingeniería Agronómica por permitir formarme académicamente y poder lograr mi objetivo.

Agradezco a todo el equipo de investigación del proyecto del cacao, por abrirme las puertas a formar parte del equipo de trabajo e investigación; especialmente a mi director de tesis el Dr. Santiago Cristóbal Vásquez Matute, PhD, agradecerle por su dedicación, dirección, apoyo, acompañamiento e impulso investigativo brindado; de igual forma a mis compañeros tesisistas por su confianza y apoyo incondicional. Este estudio se realizó dentro del Proyecto 11-DI-FARNR-2019 de la Dirección de Investigación, Universidad Nacional de Loja.

A mi institutora de Titulación, PhD. Marina Mazón por las asesorías dedicadas durante toda la fase de redacción de mi Trabajo de Integración Curricular; a mis compañeros de curso quienes fueron partícipes de alegrías, triunfos, tristezas y sobre todo amistad incondicional durante los cinco años de mi formación profesional.

Mi sincero agradecimiento a la Ing. Tania Sarango técnica del laboratorio de Análisis Químico de la Universidad Nacional de Loja, por su gentileza, entrega y predisposición.

A mis padres Klever Cobos y Mónica Ruiz, por el apoyo incondicional brindado durante estos cinco años de mi formación universitaria; a mis hermanas por su constante apoyo y en general a todos los partícipes en el desarrollo de mi trabajo.

Klever Patricio Cobos Ruiz

Índice de Contenidos

Portada	i
Certificación	ii
Autoría	iii
Carta de Autorización	iv
Dedicatoria	v
Agradecimiento	vi
Índice de Contenidos	vii
Índice de Tablas	x
Índice de Figuras	xi
Índice de Anexos.....	xii
1. Título	1
2. Resumen	2
2.1 Abstract	3
3. Introducción	4
3.1 Objetivo General	5
3.2 Objetivos Específicos	5
4. Marco Teórico	6
4.1 Origen del Cacao	6
4.2 Generalidades del Cacao	6
4.3 Taxonomía.....	6
4.4 Morfología.....	7
4.4.1 El Cacao Presenta las Sigüientes Características	7
4.4.1.1 Raíz.....	7
4.4.1.2 Tallo.	7
4.4.1.3 Hojas.....	7
4.4.1.4 Inflorescencia.	7
4.4.1.5 Flor.	7
4.4.1.6 Fruto.	8
4.4.1.7 Semilla.....	8

4.5	Requerimientos Climáticos y Edáficos para el Cultivo del Cacao.....	8
4.6	Factores Climáticos	8
4.6.1	Precipitación.....	8
4.6.2	Temperatura	8
4.6.3	Altitud.....	9
4.6.4	Viento.....	9
4.6.5	Luminosidad y Sombra	9
4.7	<i>Tipos de Sombra</i>	9
4.7.1	Sombrío Temporal.....	9
4.7.2	Sombrío Permanente	10
4.8	Factores Edáficos	10
4.8.1	Propiedades Físicas del Suelo	10
4.8.2	Propiedades Químicas del Suelo	10
4.9	Encalado de los Suelos.....	10
4.9.1	La Importancia de la Fuente para el Encalado	11
4.9.2	La Época de Aplicación de Materiales Encalantes	11
4.10	Cacao Clon EETP-800	11
4.11	Antecedentes de Investigación	11
5.	Metodología	13
5.1	Ubicación	13
5.2	Métodos.....	13
5.3	Tipo y Alcance de Investigación.....	14
5.4	Diseño Experimental.....	14
5.5	Modelo Matemático	15
5.6	Metodología General.....	15
5.6.1	Metodología para el Primer Objetivo.....	16
5.6.2	Metodología para el Segundo Objetivo.....	17

5.7 Análisis Estadístico	18
6. Resultados	19
6.1 Variables Productivas.....	19
6.2 Características del Suelo y Variables Fisiológicas.....	23
7. Discusión	27
8. Conclusiones	30
9. Recomendaciones	31
10. Bibliografía	32
11. Anexos	39

Índice de tablas:

Tabla 1. Taxonomía del cacao.....	14
Tabla 2. Tratamientos empleados en la investigación de cacao clon EETP-800.....	14
Tabla 3. Longitud promedio del fruto de cacao clon EETP-800 en la estación experimental El Padmini para cada tratamiento evaluado. Se muestran los p-valores obtenidos mediante el análisis ANOVA.	20
Tabla 4. Peso promedio del fruto de cacao clon EETP-800 en la estación experimental El Padmini para cada tratamiento evaluado. Se muestran los p-valores obtenidos mediante el análisis ANOVA.	22
Tabla 5. Promedio del índice de área foliar a los 0 y 84 días después de la evaluación del ensayo en todos los tratamientos de cacao clon EETP-800 en la estación experimental El Padmini para cada tratamiento evaluado. Se muestran los p-valores obtenidos mediante el análisis A.....	26

Índice de figuras:

Figura 1. Mapa de ubicación de la Estación Experimental "El Padmi".	13
Figura 2. Diseño experimental del cacao clon EETP -800.	14
Figura 3. Diámetro de copa a los 0 días y 84 días después del tratamiento en el cacao clon EETP-800. Las barras sobre las columnas de los tratamientos representan el error estándar de la media.	19
Figura 4. Longitud del fruto de cacao clon EETP-800 en función de los factores sombra (A) y encalado (B) por separado. Las barras sobre las columnas de los tratamientos representan el error estándar de la media. Letras diferentes sobre las barras significan las diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$).	20
Figura 5. Número de frutos/planta de cacao clon EETP-800 en función de los tratamientos aplicados. Las barras sobre las columnas de los tratamientos representan el error estándar de la media.	21
Figura 6. Peso del fruto en función del factor sombra (A) y el factor encalado (B) de cacao clon EETP-800. Las barras sobre las columnas de los factores tipo de sombra y encalado representan el error estándar de la media. Letras diferentes sobre las barras significan las diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$).	22
Figura 7. Rendimiento estimado de cacao clon EETP-800 en función de los tratamientos aplicados. Las barras sobre las columnas de los tratamientos representan el error estándar de la media.	23
Figura 8. Conductividad del suelo en el cultivo de cacao clon EETP-800 en función de los tratamientos aplicados. Los paréntesis incluyen los tratamientos que no difieren entre ellos; letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$).	24
Figura 9. Dinámica del pH del suelo en el cacao clon EETP-800 en función de los tratamientos aplicados. Los paréntesis incluyen los tratamientos que no difieren entre ellos; letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$).	24
Figura 10. Concentración de clorofila en hojas de cacao clon EETP-800 en función de los tratamientos aplicados. Los paréntesis incluyen los tratamientos que no difieren entre ellos; letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$).	25
Figura 11. Índice de área foliar de cacao clon EETP-800 en función de la presencia o no de sombra. Las barras sobre las columnas de los tratamientos representan el error estándar de la media. Letras diferentes significan las diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$).	26

Índice de anexos:

Anexo 1, figura 1. Control de arvenses.....	39
Anexo 1, figura 2. Coronado a cada planta de cacao	39
Anexo 1, figura 3. Medición de clorofila con el equipo SPAD.....	40
Anexo 1, figura 4. Medición del ancho de la hoja	40
Anexo 1, figura 5. Recolección de muestras de suelo	41
Anexo 1, figura 6. Aplicación de cal	41
Anexo 2, figura 1. Peso de suelo para análisis de pH y CE.....	42
Anexo 2, figura 2. Resultados de CE y pH del suelo.....	42
Anexo 3. Certificación de traducción del resumen.....	43

1. Título

**Influencia de la sombra y encalado sobre la productividad del cacao (*Theobroma cacao*
L) clon EETP-800, en la Estación Experimental el Padmi, Zamora Chinchipe**

2. Resumen

El cultivo de cacao (*Theobroma cacao L*) es muy importante para la economía nacional, siendo la Amazonía ecuatoriana representativa en el cultivo de cacao; sin embargo, los suelos ácidos de esta región limitan la disponibilidad y absorción de nutrientes. Por ello, en el presente trabajo se planteó evaluar el efecto del uso de la sombra y el encalado sobre variables productivas y del suelo. El ensayo se realizó en la Quinta Experimental El Padmi, de la Universidad Nacional de Loja, donde se estableció un diseño completamente al azar con arreglo bifactorial (sombra y encalado), con 4 tratamientos y 4 repeticiones. Se evaluaron diámetro de copa, longitud de fruto, número de frutos/planta, rendimiento estimado, peso del fruto conductividad eléctrica y pH del suelo, índice SPAD e índice de área foliar. El diámetro de copa, número de frutos/planta, rendimiento estimado, conductividad eléctrica, pH, y concentración de clorofila SPAD fueron afectados por interacción entre la sombra y el encalado. Para evaluar el efecto de los tratamientos sobre las variables se evaluó mediante ANOVA y test de (Tukey) ($p < 0,05$). Los resultados muestran que en el diámetro de copa se obtuvieron promedios de 140 cm a los 190 cm en el tratamiento testigo, número de frutos por planta se obtuvo en el testigo y con sombra con cal (promedio de 10 a 14 frutos), el rendimiento estimado (promedios de 0,28 t/ha y 0,25 t/ha) en los tratamientos testigo y sin sombra con cal, la conductividad eléctrica fue mayor a los 84 días (promedios 0,15 a 0,21 m^3/cm) siendo el tratamiento con sombra con cal el más alto, y la concentración de clorofila fue mayor en los primeros días de evaluación (promedios de 52 a 60) en el tratamiento con sombra sin cal. En cambio, en la longitud del fruto, el peso de la mazorca y el índice de área foliar los factores por separado influyeron significativamente ($p < 0,05$), siendo el factor tipo de sombra el que tuvo mejores resultados. Los resultados de este trabajo nos dan a conocer que la sombra no es indispensable en la etapa de producción de cacao, referente al encalado este sí tuvo efectos ya que mejoro al pH del suelo por lo tanto aumento la disponibilidad de nutrientes.

Palabras clave: *Theobroma cacao L*, sombra, encalado, rendimiento.

2.1 Abstract

The cocoa crop (*Theobroma cacao* L) is very important for the national economy, and the Ecuadorian Amazon is representative in the cocoa crop; however, the acid soils of this region limit the availability and absorption of nutrients. Therefore, in the present study, the effect of the use of shade and liming on productive and soil variables was evaluated. The trial was conducted at the El Padmi Experimental Farm of the National University of Loja, where a completely randomized design with a bifactorial arrangement (shade and liming) was established, with 4 treatments and 4 replications. Crown diameter, fruit length, number of fruits/plants, estimated yield, fruit weight, electrical conductivity and soil pH, SPAD index and leaf area index were evaluated. Crown diameter, number of fruits/plants, estimated yield, electrical conductivity, pH, and SPAD chlorophyll concentration were affected by the interaction between shade and liming. The effect of treatments on the variables was evaluated by ANOVA and Tukey's test ($p < 0.05$). The results show that the crown diameter averaged 140 cm to 190 cm in the control treatment, the number of fruits per plant was obtained in the control and with shade with lime (average of 10 to 14 fruits), the estimated yield (averages of 0.28 t/ha and 0.25 t/ha) in the treatments with lime (average of 10 to 14 fruits), and the estimated yield (averages of 0.28 t/ha and 0.25 t/ha) in the treatments with lime, 25 t/ha) in the control and treatments without shade with lime, electrical conductivity was higher at 84 days (averages 0.15 to 0.21 m³/cm) with the treatment with shade with lime being the highest, and chlorophyll concentration was higher in the first days of evaluation (averages 52 to 60) in the treatment with shade without lime. In contrast, fruit length, ear weight and leaf area index were significantly influenced by the separate factors ($p < 0.05$), with the shade type factor having the best results. The results of this work show that shade is not indispensable in the cocoa production stage, but with regard to liming, this did have an effect since it improved the soil pH and therefore increased the availability of nutrients.

Key words: *Theobroma cacao* L, shade, liming, yield.

3. Introducción

Según Zarillo et al. (2018) tradicionalmente se cree que el cacao fue domesticado por primera vez en Mesoamérica. Sin embargo, una investigación genómica en yacimiento arqueológico Santa Ana-La Florida mostró que la mayor diversidad de cacao se encuentra en la región superior del Amazonas donde residieron las culturas Mayo Chinchipe 3500 A.C (época temprana), por lo que se cree que en el cantón Palanda es el punto de origen del cacao fino y de aroma, protagonista en la creación de los chocolates más finos del mundo. El nombre científico del cacao en griego significa “comida de los dioses”, es una de las frutas más demandadas a nivel mundial y se cultiva en regiones cálidas y húmedas en más de 50 países. Este cultivo tiene grandes impactos ya que representa el modo de vida de más de 150 000 agricultores y genera alrededor de 1 500 000 puestos de empleo directos en las tres etapas: producción, procesamiento y comercialización (Anchundia, 2018). Solo en el continente americano, el cacao se cultiva en más de 1 700 000 hectáreas, generando un flujo comercial de exportación de más de USD 900 millones anuales (Arvelo et al., 2017).

El cultivo de cacao en Ecuador es uno de los más importantes para la economía nacional, constituye uno de los productos primarios de exportación, llegando a representar 3,2 % del total de sus exportaciones, siendo uno de los elementos clave para la articulación del país con la economía mundial (Zabala, 2019). Hoy en día nuestro país es un clúster agroindustrial que compete eficientemente, siendo el primero de Latinoamérica y el cuarto productor mundial de cacao fino y de aroma, pasando de producir 100 000 toneladas en el año 2003 a 280 000 toneladas proyectadas a final de este año (MAG, 2022).

A nivel nacional las variedades que se producen son Cacao Nacional o Fino de Aroma y Cacao CCN-51, cultivándose alrededor de 590 579 ha, distribuidas un 80 % en las provincias de Guayas, Los Ríos, Manabí, Esmeraldas, El Oro y Santa Elena, mientras que el resto se distribuye en las provincias de Chimborazo, Bolívar, Cotopaxi, Pichincha, Azuay, Sucumbíos, Orellana, Napo y Zamora Chinchipe (Riofrío, 2020).

Solórzano (2019) plantea que el cacao clon EETP-800 al ser una variedad fina de aroma y de alto rendimiento tiene una gran aceptación de producción bajo sombra, este es el resultado de más de dos décadas de arduo trabajo en investigación y desarrollo de mejoramiento genético, que demuestra que sí es posible incrementar significativamente el nivel de producción por hectárea del cacao tipo Nacional fino y de aroma a niveles iguales o superiores al CCN-51.

De acuerdo con el MAG (2014) la producción de cacao en el Ecuador enfrenta una serie de dificultades por ineficientes procesos de producción, donde los sistemas de producción son básicos, carentes de criterios técnicos para el manejo del cultivo. Así mismo las plantas son

sensibles a la intensidad lumínica, ocasionando defoliación de las ramas por la acción de insectos chupadores, estas se intensifican a consecuencia de la falta de sombra; por lo tanto, es muy importante que el cacao se maneje de acuerdo con el sistema de sombra (Drupal, 2019).

Adicionalmente a los problemas en los sistemas de producción, en la Amazonía ecuatoriana se suma la presencia de suelos ácidos con baja fertilidad, gran contenido de metales pesados y u materia orgánica de baja calidad, lo que influye directamente en la producción y rendimiento del cacao. Por ello es necesario acudir al encalado ya que es la práctica más común y efectiva para corregir la acidez del suelo, al mejorar el ambiente químico en torno del sistema radicular (Espinosa, 2021). Sin embargo, no se conoce qué nivel de producción de cacao se puede incrementar tras realizar la combinación de los tratamientos de sombra y encalado.

Esta investigación se incluye dentro de la línea de investigación de la Universidad Nacional de Loja “Sistemas de producción agropecuaria para la soberanía alimentaria”, así como dentro del plan de estudio de la Carrera de Ingeniería Agronómica en la línea de investigación “Generación y validación de tecnologías apropiadas para la producción de frutales y cultivos”. Por último, esta investigación se encuentra dentro del macro proyecto que se denomina “Comportamiento del cacao (*Theobroma cacao L*), bajo diferentes condiciones de luminosidad en etapa inicial de producción en la región sur del Ecuador”, financiado por la UNL a través de la Dirección de Investigación. Con la finalidad de cumplir el propósito de la presente investigación se plantearon los siguientes objetivos:

3.1 Objetivo General

Evaluar el uso de la sombra y encalado sobre variables productivas y del suelo en el cultivo de cacao clon EETP-800.

3.2 Objetivos Específicos

- Determinar la influencia de la sombra y el encalado sobre las variables productivas del cacao clon EETP-800.
- Identificar el efecto de la sombra y el encalado sobre características del suelo y variables fisiológicas en el cultivo de cacao clon EETP-800.

4. Marco Teórico

4.1 Origen del Cacao

El origen del cacao ha sido motivo de disputas bizantinas entre países que pugnan el honor de ser el primero donde esta semilla se dio en el planeta (Rodríguez, 2018). Sin embargo tradicionalmente se ha perpetuado que el origen de la domesticación del cacao se localizaba en Mesoamérica entre México, Guatemala y Honduras, donde su utilidad está atestiguada alrededor de 2 000 años antes de Cristo.

No obstante, investigaciones recientes señalan que por lo menos una variedad de *Theobroma cacao* L es originario del Alto Amazonía y que se ha utilizada en la región por más de 5 000 años.

Nuestro país tiene una larga historia del cultivo de cacao, se sabe que, cuando llegaron los españoles en la costa del Pacífico, ya se visualizaban grandes árboles de cacao de esta especie (Sicouret, 2018).

4.2 Generalidades del Cacao

El cacao tiene las características de ser un cultivo tropical llegando a desarrollarse en latitudes comprendidas entre los 10° N y 10° S del ecuador. El cultivo se encuentra ampliamente distribuido en África, Asia, Oceanía y América cuyas plantaciones se encuentran predestinadas a producir esencialmente sus almendras para la producción de chocolates y grasas por industrias alimentarias o cosmetológicas (IICA, 2016).

El cacao ha tenido un papel importante en la economía y la historia nacional; junto con el banano y el petróleo, forman la tríada más importante de exportaciones primarias que articulan a Ecuador con la economía mundial (Abad et al., 2020).

4.3 Taxonomía

La clasificación taxonómica que se recoge en la Tabla 1 está detallada por Mosquera (2016).

Tabla 1. Taxonomía del Cacao

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliópsida
Orden	Malvales
Familia	Malvaceae
Género	<i>Theobroma</i>

4.4 Morfología

Bajo condiciones de cultivo, el cacao es un árbol bastante pequeño de unos 3-10 m, aunque en condiciones naturales de sombra intensa, puede tener una altura de hasta 20 m. Los árboles crecen rápidamente durante los primeros 3-4 años, después de los cuales el crecimiento se ralentiza.

4.4.1 El Cacao Presenta las Sigüientes Características

4.4.1.1 Raíz.

Presenta características pivotantes, posee una raíz principal que se desarrolla verticalmente; requiriendo suelos profundos y con buen drenaje para su buen desarrollo (Gonzalez, 2022).

4.4.1.2 Tallo.

El tallo crece verticalmente y después de alcanzar de 1 a 1,50 metros de altura, detiene el crecimiento apical y emite 3 a 5 ramas laterales (plagio trópicas), formando lo que se llama una "horqueta" o "molinillo". A su vez las ramas laterales se ramifican abundantemente. Debajo de la primera horqueta se desarrolla un chupón, que crece para formar un nuevo "piso" y así sucesivamente continúa el crecimiento vertical de la planta (Gonzalez, 2022).

4.4.1.3 Hojas.

Las hojas son perennes, miden 20 cm. Las hojas están colocadas en dos filas una en cada lado de la rama las cuales están alternadas, la forma es grande, simple, elíptica u ovalada, punta larga, ligeramente gruesas, orilla lisa, color verde oscuro en el haz y más pálido en el envés, cuelgan de un peciolo (Mosquera, 2016).

4.4.1.4 Inflorescencia.

Son dicasiales el pedúnculo primario es muy corto, robusto y lignificado. El pedúnculo de la flor es de 1 a 4 cm de largo con 5 sépalos triangulares de color blanco o rojo. Se disponen en racimos a lo largo del tronco y de las ramas (Gonzalez, 2022).

4.4.1.5 Flor.

Son pequeñas y se producen 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. El cáliz es de color rosa con segmentos puntiagudos; la corola es de color blancuzco, amarillo o rosa. Los pétalos son largos. La polinización es entomófila destacando una mosquita del género *Forcipomya* (CATIE, 2021).

4.4.1.6 Fruto.

En esta descripción es apropiado indicar que hay frutos que nunca maduran por falta de semillas y abortan; son llamados frutos paternocarpicos. Dentro de su clasificación Botánica el fruto de cacao es una drupa, normalmente conocido como mazorca tanto el tamaño como la forma de los frutos varían ampliamente dependiendo de sus características genéticas (Zambrano, 2013). Los jóvenes frutos son víctimas de un verdadero sacrificio: 20 a 90 % de los frutos tiernos mueren, sin embargo, la naturaleza ha atribuido al cacao una floración continua durante todo el año (Mosquera, 2016).

4.4.1.7 Semilla.

Son de forma ovalada y varían mucho en tamaño, siendo algunas redondeadas en la parte más larga como es el caso del cacao tipo Criollo y del Nacional de Ecuador, otros son bastante aplanados como los Forasteros. El color de las semillas también es muy variable, desde blanco ceniciento, blanco puro hasta morado oscuro y varios tonos, también se pueden distinguir algunos genotipos (Mosquera, 2016).

4.5 Requerimientos Climáticos y Edáficos para el Cultivo del Cacao

Las condiciones donde se desarrolla el cultivo están estrechamente relacionadas a las condiciones medioambientales, las cuales influyen de manera directa en la producción; por lo tanto, las condiciones térmicas y de humedad deben ser las apropiadas para el cultivo por ser una planta perenne cuyo periodo vegetativo comprende: la época de la floración, brotación y cosecha, las cuales están reguladas por el clima, relacionando el transcurso climático y el periodo vegetativo podemos establecer los calendarios agroclimáticos.

4.6 Factores Climáticos

4.6.1 Precipitación

El cultivo de cacao se desarrolla en zonas donde las precipitaciones fluctúan por encima de los 1 200 mm, llegando en ciertos casos hasta los 4 000 mm; es sumamente importante mantener la humedad del suelo porque el cacao es sensible a la falta de agua por lo que se sugiere que existía una buena distribución de agua durante el año (Mosquera, 2016).

4.6.2 Temperatura

Las temperaturas medias mensuales que se consideran óptimas se encuentran entre 23 a 24 °C. No es conveniente que se produzcan temperaturas medias diarias inferiores a 15 °C en el lugar donde se cultiva cacao. Se considera que la temperatura del día restada del de la noche no debe ser inferior a 9 °C (Mosquera, 2016).

4.6.3 Altitud

Se cultiva cacao desde los 0 y 1,200 msnm, siendo las zonas óptimas de 300 a 400 msnm y de 600 a 800 msnm (INIAP, 2014).

4.6.4 Viento

Es el factor primordial que determina la velocidad de evapotranspiración del agua tanto en la superficie del suelo como de la planta. Los efectos como la defoliación y/o caída prematura de hojas son producidas por plantaciones expuestas consecutivamente a vientos fuertes (Mosquera, 2016).

4.6.5 Luminosidad y Sombra

La intensidad de la luz puede variar según el ciclo de producción en el que se encuentre, del 40 % al 50 % para un cultivo en crecimiento y del 60 % al 75 % para una plantación adulta (Mosquera, 2016).

El cacao es un cultivo típicamente umbrófilo. El propósito de la sombra al comienzo de la siembra es reducir la cantidad de radiación que llega al cultivo, reducir la actividad de la planta y proteger el cultivo del viento que pueda afectarlo. La sombra se puede reducir al 25 % o 30 % después de que se establezcan los cultivos. En los primeros 4 años de vida de las plantas, la intensidad lumínica debe mantenerse más o menos al 50 % para que alcancen un buen desarrollo y limiten el crecimiento de malas hierbas.

Por estas razones, los cultivos de cacao en todo el mundo generalmente se establecen como sistemas agro forestales (SAF) (Guamán, 2022) donde se emplean especies para sombra, que generalmente son Otros árboles frutales se encuentran dispersos entre los cultivos con marcos de plantación regulares. Las especies de árboles más utilizadas son musáceas (plátano, banano) para sombra temporal e Inga para sombra permanente. Actualmente, las nuevas plantaciones de cacao utilizan diferentes especies de árboles de sombra que brindan mayores beneficios económicos, tales como especies arbóreas (cedro, palo blanco) y/o frutales (cítricos, aguacate, zapote) (ANACAFE, 2004).

4.7 Tipos de Sombra

4.7.1 Sombrío Temporal

Es ampliamente utilizada para proporcionar al cacao sombra durante los primeros años, es recomendable utilizar especies con un rápido crecimiento con buena protección o cubierta de doce. Entre las especies utilizadas están el plátano o banano, papaya, matarratón, rastrojo, etc. Como referencia, si se van a utilizar plátanos, se deben plantar al menos a la misma distancia que el cacao (Valenzuela et al., 2016).

4.7.2 Sombrío Permanente

Se pueden utilizar especies maderables con valor comercial (cedro, nogal cafetero, abarco etc.), palmas (chontaduro, cocotero) y frutales en asocio (Valenzuela et al., 2016).

El uso de sombra para el cacao debe tener un manejo adecuado y equilibrado (tipo de especie, densidades y arreglos de plantación) cuyo porcentaje a manejar está en relación con la fertilidad del suelo, con el fin de reducir la competencia por el agua y nutrientes (Guamán, 2022).

4.8 Factores Edáficos

4.8.1 Propiedades Físicas del Suelo

Profundidad: de 0,80 – 1,50 metros. Tolera condiciones hasta de 60 cm. Requiere de texturas mediana (serie de los francos, franco, franco-arcilloso, franco-arenoso 30-40 % arcilla, 50 % arena y 10-20 % limo). Tiene alto requerimiento de estructuras con una porosidad del 66 % y nunca menos de 10 % así como buena retención de humedad. Demanda de un buen drenaje por la baja tolerancia a los suelos arcillosos (Procopio, 2018).

4.8.2 Propiedades Químicas del Suelo

Las propiedades químicas para el buen desarrollo de este cultivo son: un pH de 6,0 a 7,0 % que se considera óptimo para el cacao, un contenido de materia orgánica > de 3 % y una relación carbono/nitrógeno(C/N) mínimo de 9.

En cuanto a la capacidad de intercambio catiónico el cultivo requiere más de 12 mili equivalentes por 100 g de suelo en la superficie y más de cinco en el subsuelo, referente a los minerales se requiere una fertilidad de media a alta, requiriéndose contenidos de calcio mayor a 8 meq por 100 g de suelo, magnesios mayores a 2, potasio mayor a 0,24 y más de 0,2 ppm de boro y una saturación de bases > del 35 % (Mosquera, 2016).

4.9 Encalado de los Suelos

El objetivo de las prácticas de encalado es reducir la acidez del suelo y aumentar la disponibilidad de nutrientes, especialmente calcio y magnesio. Los beneficios de realizar un buen encalado son los siguientes:

- Aumento del pH del suelo.
- Reactiva la actividad microbiana del suelo.
- Se mejora la estructura del suelo.
- Se incrementa la capacidad de intercambio catiónico (CIC).
- Se aumentan los rendimientos y la calidad de cosechas.
- Se mejora la efectividad de algunos agroquímicos.

4.9.1 La Importancia de la Fuente para el Encalado

Para que un programa de encalado tenga éxito es necesario seleccionar un buen material de encalado apropiado a las características químicas del suelo. Aunque existe una gran diversidad de materiales encalantes de origen orgánico e inorgánico; durante la selección del material debe considerarse la eficiencia del material en la que están implicados factores como el valor neutralizante, índice de fineza, pureza y costo.

4.9.2 La Época de Aplicación de Materiales Encalantes

La velocidad de reacción dependerá de las propiedades físicas y químicas del suelo, pero especialmente de la humedad del suelo. Por lo tanto, se debe realizar un análisis de suelo que nos permita conocer el grado de acidez del suelo para seleccionar el material y la dosificación de cal a aplicar etc., también nos facilita información como el tiempo y el método de aplicación del material encalante para lograr adecuadamente los objetivos planteados (INTAGRI, 2021).

4.10 Cacao Clon EETP-800

Una de las principales limitantes para la producción de cacao es su bajo rendimiento. Según Arvelo et al. (2016) el promedio de producción mundial es de 0,5 t ha⁻¹ atribuyéndose principalmente a la falta de materiales genéticos productivos; sin embargo, existen excepciones como el clon ecuatoriano CCN-51, cuya productividad se encuentra entre 1 y 2 t ha⁻¹, dependiendo del nivel de tecnificación.

Entre 1997 y 1999, en la Estación Experimental Tropical Pichilingue (EETP) del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) del Ecuador tras una investigación se logró nuevas estrategias de mejoramiento genético, obteniéndose numerosas plantas híbridas segregantes de cacao, que se establecieron en experimentos de campo donde se evaluó cada individuo durante seis años (Solórzano, 2019).

Los nuevos clones INIAP-EETP-800 e INIAP-EETP-801 obtenidos tras casi dos décadas de investigación disponen de un perfil sensorial que los ubica dentro de los llamados cacaos finos y de aroma.

La precocidad y el alto rendimiento de los clones, aportarán al crecimiento de la productividad por hectárea y a la oferta exportable de cacaos finos, contribuyendo a la valorización de la cadena productiva y aumentando las divisas que ingresan al país (INIAP, 2014).

4.11 Antecedentes de Investigación

El cacao es una especie umbrófila que permite su cultivo en asociación con otras especies que son utilizadas como sombra para conformar el sistema agroforestal. Así también, es preciso

mencionar que la capacidad fotosintética del cacao puede reducirse por el exceso de sombra o por el mal manejo, tener menos aprovechamiento de la fertilidad natural del suelo y de los fertilizantes aplicados, crear un microclima muy húmedo lo cual favorece la incidencia de plagas y enfermedades, y disminuir la producción. Por el contrario, si tenemos una plantación con poca sombra se puede presentar un estrés fisiológico en la planta, agotamiento prematuro del cacao, crecimiento de malezas y la proliferación de plagas (INFOCACAO , 2016).

La evidencia experimental ha demostrado que la sombra no es indispensable para el cultivo de cacao. En Pichilingue, en un experimento con parcelas pequeñas se encontró que las plantas creciendo a plena exposición fueron sensiblemente más pequeñas, pero comenzaron a florecer y fructificar mucho antes que aquellas que crecieron bajo tres tipos diferentes de sombra: una intensa sombra, aún con una fertilidad muy alta no incrementa mucho la producción. En cambio, un cultivo sombreado el incremento de la fertilidad aumenta considerablemente los rendimientos. Es por lo tanto necesario encontrar, en cada lugar, el punto crítico de estos dos factores (Enríquez, 2006).

Así también los rendimientos unitarios que no sobrepasan los 800 kg ha⁻¹ son los promedios nacional y regional, cuya causa es debida a diversos factores, entre los que se encuentra la fuerte acidez asociada a un alto porcentaje de saturación de Al, lo cual deviene en un bajo porcentaje de saturación de bases intercambiables (Rosas, 2021). El cacao se desarrolla eficientemente cuando el pH se encuentra en el rango de 6,0 a 6,5, permitiendo obtener buenos rendimientos, también se adapta a rangos extremos desde un pH 4,5 (Fernández, 2020). Sin embargo, Llactas (2016) sostiene que, el aumento de la acidez está influenciada por las altas concentraciones de Al y provoca que la raíz de la planta se atrofie y se desarrolle pobremente, quedando las cosechas limitadas en productividad y rendimiento (Rosas, 2021).

Es de importancia mencionar que aún falta investigar sobre la interacción de la sombra y encalado sobre el efecto de las variables fisiológicas y productivas del cacao para poder tener intervalos de rendimiento que determinen cuál es la producción de este tipo de cultivo.

5. Metodología

5.1 Ubicación

El presente proyecto se realizó en la Estación Experimental El Padmi, perteneciente a la Universidad Nacional de Loja, la misma que está ubicada en la parroquia Los Encuentros, del cantón Yantzaza, provincia de Zamora Chinchipe (Figura 1). La ubicación geográfica corresponde a $3^{\circ}51'S$ y $78^{\circ}45'O$, con una altitud de 820 msnm. Este clima es considerado Af (ecuatorial, cálido y lluvioso todo el año, sin estaciones) según la clasificación climática de Köppen- Geiger. La temperatura media anual en Yantzaza se encuentra a $22,7^{\circ}C$, con precipitaciones en promedio de 1 959 mm anuales, siendo agosto el mes más seco con 132 mm, y el mes más húmedo abril, promediando 212 mm (Climate'data.org, 2019).

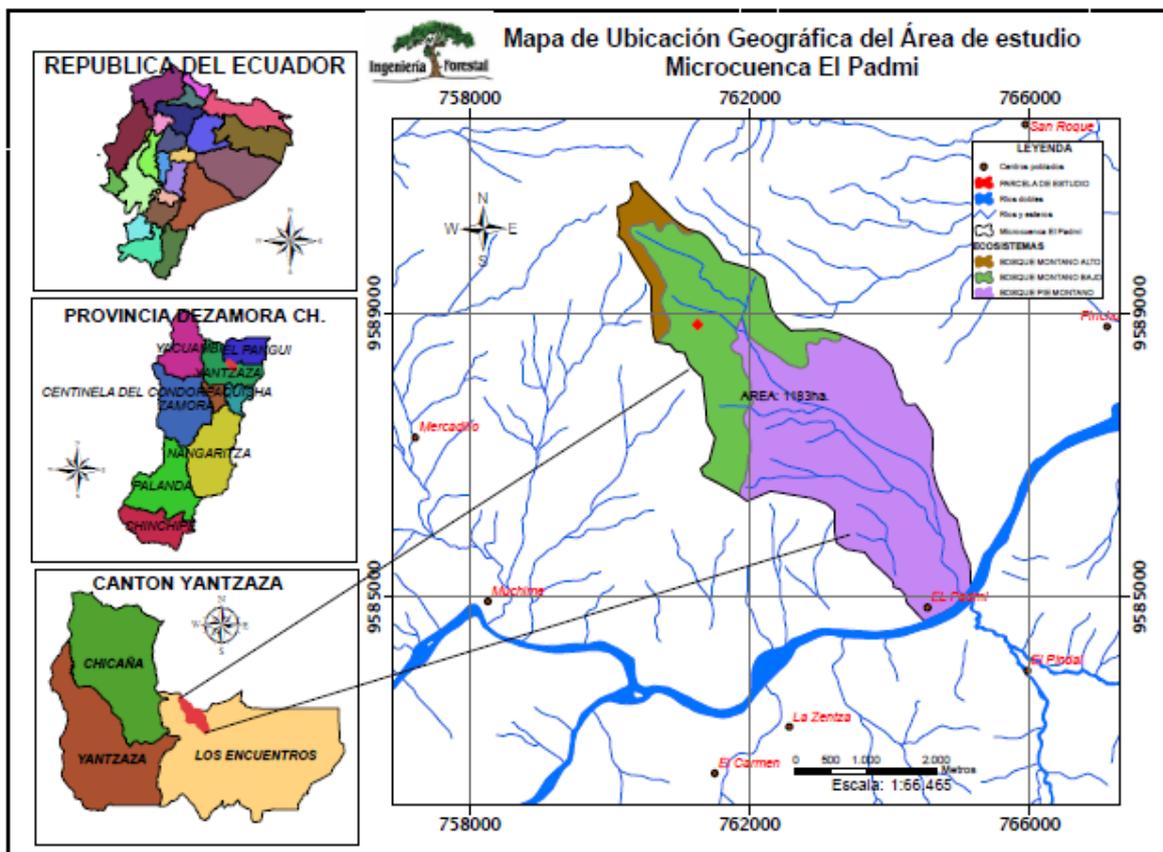


Figura 1. Mapa de ubicación de la Estación Experimental "El Padmi".
Fuente. Obtenido de Espinosa (2021).

5.2 Métodos

En el proyecto de investigación se emplearon los métodos inductivo y deductivo, ya que se partió de la observación y medición de variables de campo del cacao clon EETP-800 bajo tratamientos de sombra y encalado, pudiendo obtener conclusiones de manera general acerca de la influencia de los tratamientos en las variables productivas del cacao.

5.3 Tipo y Alcance de Investigación

La investigación fue experimental, ya que se tuvo como finalidad controlar, manipular y observar las características y variables de la población, y cuantitativa, dado que se recopiló información cuantificable para ser utilizada en los análisis de la muestra de la población y así probar e interpretar la hipótesis. Así también, la investigación tiene alcance descriptivo explicativo ya que se implementaron tratamientos en el campo donde se evaluó la influencia de la sombra y encalado sobre los parámetros de rendimiento del cacao Clon EETP-800.

5.4 Diseño Experimental

El proyecto de investigación fue una continuación de un cultivo ya establecido que inició el 17 de octubre del 2019, hasta la presente fecha, consta de un marco de plantación comercial (3,50 m x 4 m) por recomendación hecha por el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). El experimento constó de dos etapas: aplicación de tratamientos y registro de variables productivas. Se utilizó un diseño completamente al azar (DCA) con arreglo bifactorial (figura 2), donde los tratamientos son 4 como se indica en la tabla 2. Cada tratamiento consta de 4 repeticiones, dando como resultado 16 unidades experimentales, siendo 1 árbol de cacao cada UE.

Tabla 2. Tratamientos empleados en la investigación de cacao clon EETP-800.

Número de tratamiento	Tratamiento
T1	Testigo
T2	Sin sombra y con encalado
T3	Con sombra y sin encalado
T4	Con sombra y con encalado

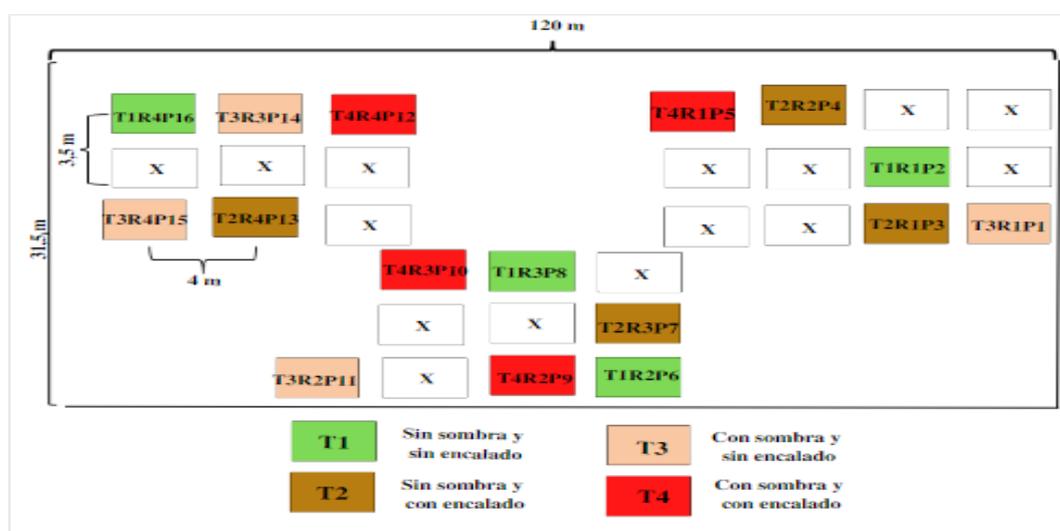


Figura 2. Diseño experimental del cacao clon EETP -800.

5.5 Modelo Matemático

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

Donde:

Y_{ij} : Variable de respuesta

μ : Media poblacional

α : Efecto de la sombra (A)

β : Efecto del encalado (B)

$[(\alpha\beta)]_{ij}$: Efectos producidos por la interacción entre el factor A y el factor B

ε_{ij} : Error experimental

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

5.6 Metodología General

Esta investigación abarcó el periodo comprendido de octubre 2022 a febrero 2023 y se desarrolló en dos fases: la primera se desarrolló en campo y la segunda en el laboratorio. La investigación se realizó en una plantación de cacao clon EETP-800, estas plantas se encuentran a luz directa y con sombra artificial (80 %) con la ayuda de un sarán o poli sombra instalada a una altura de 2-3 m desde el suelo, cabe recalcar que el uso de la sombra se la ha utilizado desde el inicio de la plantación del cacaotal. A la vez se usó un encalado con una dosis de ½ kg por planta en dos aplicaciones siendo la primera al inicio y la otra a la mitad del Trabajo de Integración Curricular con el fin de disminuir la acidez del suelo.

Con el propósito de reducir las posibles fuentes de variación se ejecutó el mismo manejo agrotécnico a cada una de las unidades experimentales; en agosto se realizó el control de malezas con motoguadaña y poda; para el mes de septiembre se hizo el control de malezas con el herbicida glifosato con una dosis de 150 ml en una bomba de 20 l; posteriormente cada 21 días se realizó un manejo con el uso de herramientas tradicionales dejando coronas de 1,50 m alrededor de la cada planta.

Para el control de plagas como el grillo se utilizó el producto BANZAI cuyo principio activo es Thiamethoxam + Lambda-cyhalothrin con una dosificación de 40 ml en una bomba de 20 l, para el caso de la enfermedad de la monilia se realizaron controles culturales eliminando los frutos contaminados y desechándolos cultivo con el propósito de controlar y disminuir posibles fuentes de variación.

Una vez identificado el sitio de trabajo se procedió a la recolección de datos con una periodicidad de 21 días.

La segunda fase se realizó en el laboratorio de Análisis Químico de la Universidad Nacional de Loja, donde se obtuvo los resultados del pH y conductividad eléctrica del suelo.

5.6.1 Metodología para el Primer Objetivo

- Determinar la influencia de la sombra y el encalado sobre las variables productivas del cacao clon EETP-800.

Para el cumplimiento del primer objetivo se evaluaron las siguientes variables: el diámetro de copa se midió al inicio y al final del ensayo, la longitud del fruto y el número de frutos/planta se midieron con una periodicidad de 21 días mientras que el rendimiento estimado y; el peso de la mazorca se midió al finalizar el ensayo.

2.1.1.1. Diámetro de Copa. Se midió en centímetros la copa de los árboles en cruz, Dc1 y Dc2 luego se promediaron los valores tomando la copa del árbol como un círculo y se reemplazó en la siguiente fórmula propuesta por (Barrena et al., 2008).

$$Dc = \frac{Dc1 + Dc2}{2}$$

Donde:

Dc= Diámetro de copa

Dc1= Longitud norte-sur

Dc2= Longitud este-oeste

2.1.1.2. Longitud del Fruto. Se marcaron 2 frutos por UE y se midió con una cinta métrica la longitud desde el pedúnculo floral a la punta curvada de la mazorca. Se tomaron los datos cuando el fruto se encontraba en el estadio 72 (20 % del tamaño final del fruto) de la escala BBCH modificada en cada fruto seleccionado.

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

2.1.1.4. Peso del Fruto. Se determinó a partir de la longitud de la mazorca, mediante la ecuación propuesta por Capa et al., (2022).

$$\text{Peso de la mazorca} = 0,0998 * (\text{Longitud de la mazorca})^{2,6806}$$

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

5.6.2 Metodología para el Segundo Objetivo

- Identificar el efecto de la sombra y el encalado sobre características del suelo y variables fisiológicas en el cultivo de cacao clon EETP-800.

Para el cumplimiento del segundo objetivo se evaluaron las siguientes variables: conductividad eléctrica y pH e índice SPAD se midieron con una periodicidad de 21 días, el índice de área foliar se midió al inicio y al final del ensayo.

2.1.1.6. Conductividad Eléctrica y pH del Suelo. Se realizaron determinaciones de pH y CE del suelo, para lo cual se tomaron muestras de aproximadamente 20 g de suelo a 15 cm de profundidad, las cuales fueron llevadas al laboratorio análisis químico de la Universidad Nacional de Loja y se emplearon los equipos de EC/TDS Testers para conductividad eléctrica y el pH-metro JENWAY para el pH.

2.1.1.7. Índice de Clorofila SPAD. El índice SPAD (Soil Plant Analysis Development) obtenido por el clorofilómetro portátil SPAD-502 es proporcional a la cantidad de clorofila presente en la hoja (Ribeiro et al., 2015). Para la presente investigación se tomaron 3 medidas en diferentes partes de la hoja, las cuales fueron promediadas por el instrumento de medida, en 4 hojas de cada unidad experimental.

2.1.1.8. Índice de Área Foliar. Para el índice de área foliar fue necesario tomar el área foliar donde se tomaron en cuenta las ecuaciones ajustadas del área foliar tanto de largo como ancho de las hojas del cacao clon EETP-800, en estudios de interacción sombra/encalado, del mismo macroproyecto de la Universidad Nacional de Loja. Con base en ello, se consideró el ancho de 10 hojas de al menos dos repeticiones de cada tratamiento. Se empleó la siguiente ecuación:

$$AF=2,5115X^{1,9225}$$

Fuente: Herrera et al., (2022).

Para determinar el IAF se sumó el AF de todas las hojas de la planta y se la dividió para la superficie del suelo ocupada por la planta, en este caso es de 14 m² (3,5 m*4 m).

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

5.7 Análisis Estadístico

Para esta investigación los datos registrados fueron organizados en la base de datos de Microsoft Excel, en lo que corresponde al análisis estadístico se manejó el Software InfoStat versión 2020, se realizó Análisis de Varianza (ANOVA) previa comprobación de los supuestos mediante análisis de Shapiro Wills para determinar si existieron o no diferencias significativas entre cada uno de los tratamientos, cuando hubo diferencias se realizó la prueba de TUKEY con un porcentaje del 95 % y una confiabilidad del 0,05, esto se ejecutó con el objetivo de saber cuál es el mejor tratamiento en el cacao clon EETP-800.

6. Resultados

6.1 Variables Productivas

Diámetro de Copa

Con respecto a esta variable los cuatro tratamientos a los 0 y 84 días no presentaron ninguna diferencia significativa para los factores sombra ($p = 0,69$) y encalado ($p = 0,23$), ni para la interacción sombra*encalado ($p = 0,06$), donde el diámetro del cacao EETP-800 se encuentra entre los 140 cm y los 190 cm (Figura 3).

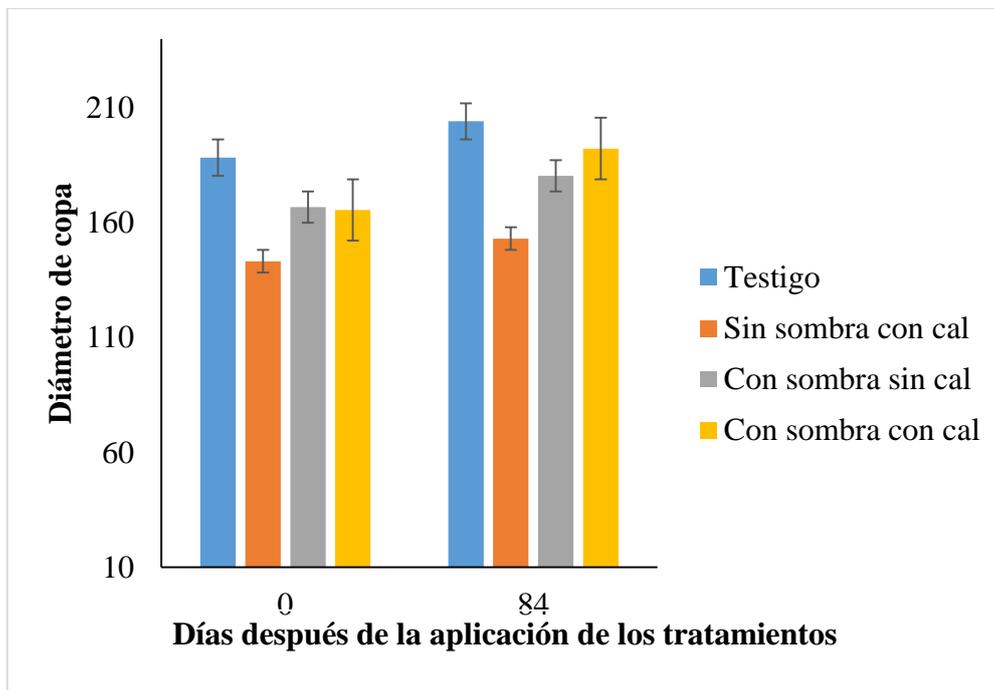


Figura 3. Diámetro de copa a los 0 días y 84 días después del tratamiento en el cacao clon EETP-800. Las barras sobre las columnas de los tratamientos representan el error estándar de la media.

Longitud del Fruto

Los resultados de la longitud del fruto muestran que no hay diferencias estadísticamente significativas respecto a la interacción sombra*encalado (Tabla 3), sin embargo, existen diferencias significativas por cada uno de los factores por separado (Figura 4); en el factor sombra el tratamiento sin sombra obtuvo la mayor longitud de 20,50 cm mientras que el tratamiento con cal presentó la mayor longitud de 21 cm.

Tabla 3. Longitud promedio del fruto de cacao clon EETP-800 en la estación experimental El Padmi para cada tratamiento evaluado. Se muestran los p-valores obtenidos mediante el análisis ANOVA.

Tratamiento		Longitud del fruto (cm)
Testigo		19,75
Sin sombra con cal		21,25
Con sombra sin cal		17,5
Con sombra con cal		20,75
Error estándar medio		10,23
p-valor	Encalado	0,0009
	Sombra	0,0263
	Sombra*encalado	0,1331

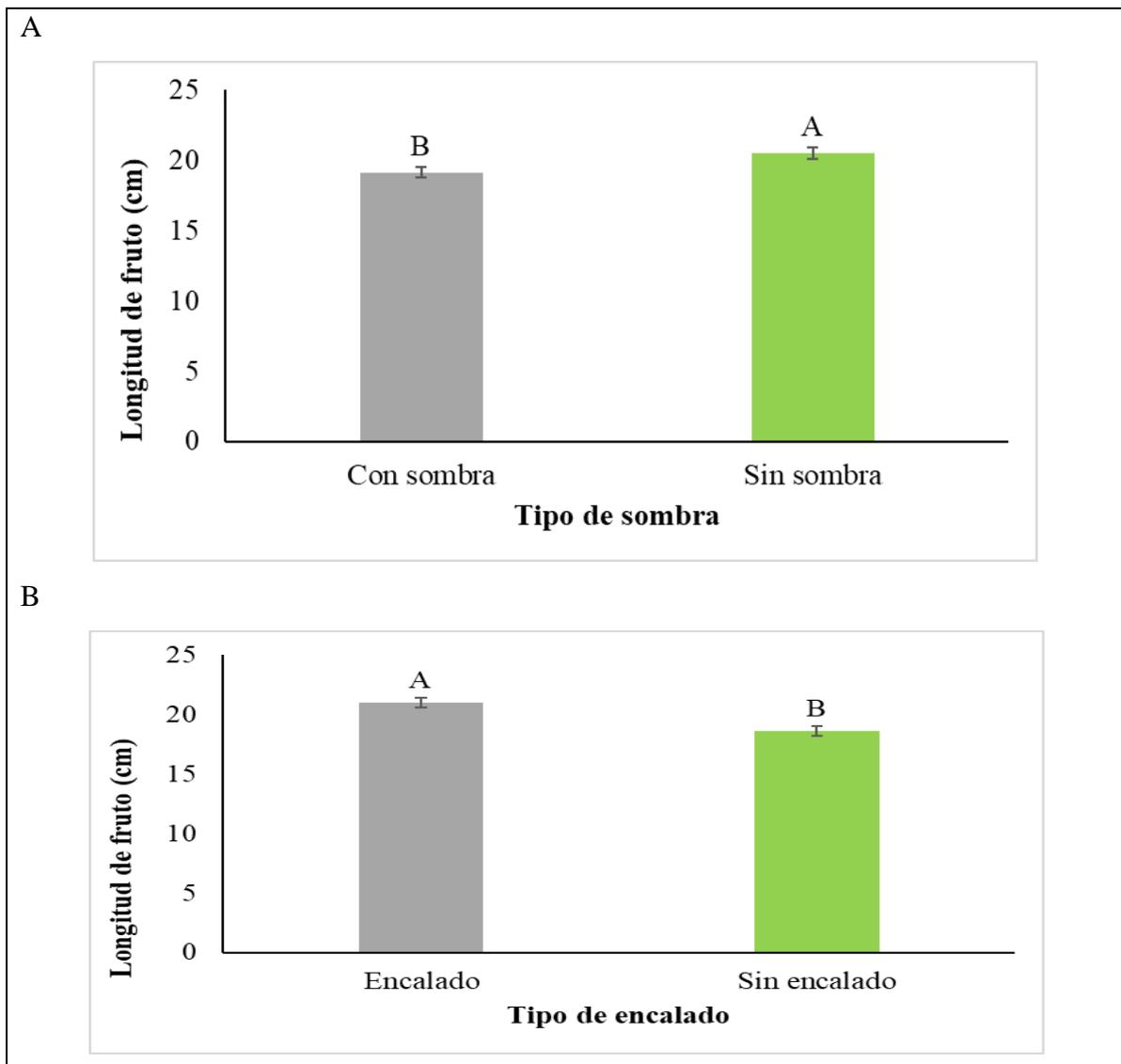


Figura 4. Longitud del fruto de cacao clon EETP-800 en función de los factores sombra (A) y encalado (B) por separado. Las barras sobre las columnas de los tratamientos representan el

error estándar de la media. Letras diferentes sobre las barras significan las diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$).

Número de Frutos por Planta Estimada

Los resultados demuestran que no existen diferencias estadísticamente significativas para el factor sombra ($p = 0,1951$), ni para el factor encalado ($p = 0,7676$), ni para la interacción sombra*encalado ($p = 0,6341$), como se muestra en la Figura 5, siendo el tratamiento testigo el que presentó mayor número de frutos por planta con una media de 12,50 frutos/planta.

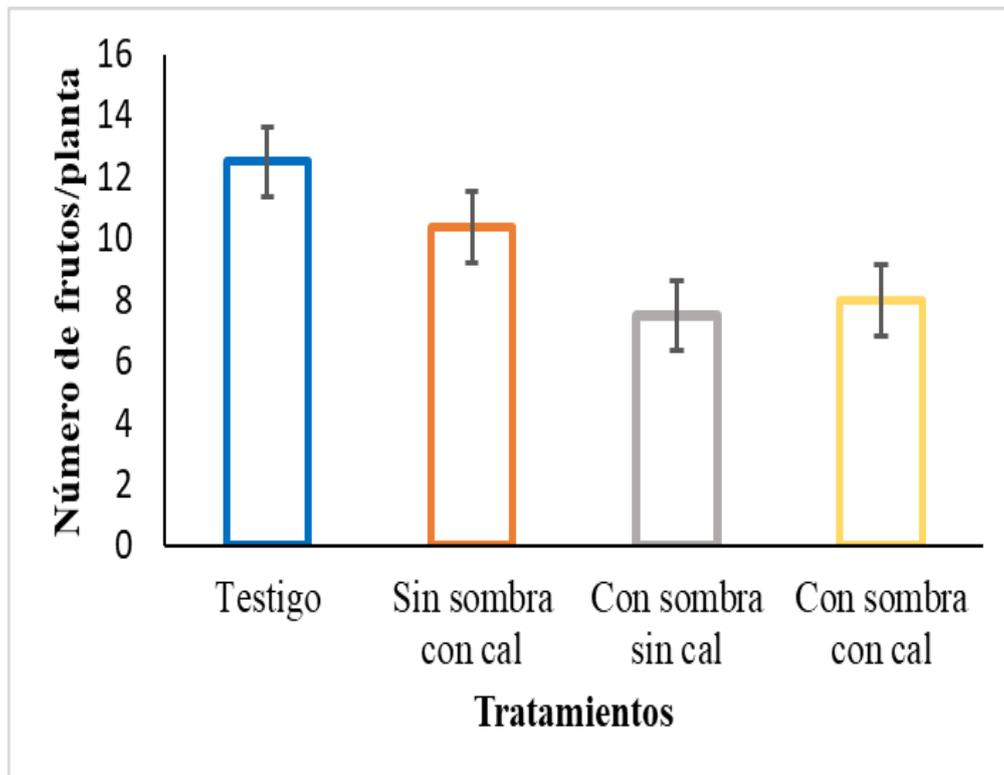


Figura 5. Número de frutos/planta de cacao clon EETP-800 en función de los tratamientos aplicados. Las barras sobre las columnas de los tratamientos representan el error estándar de la media.

Peso del Fruto

En el peso de la mazorca no existieron diferencias significativas entre los tratamientos (Tabla 4), sin embargo, sí existen diferencias por factores (Figura 6) siendo los factores sin sombra y con cal los que obtuvieron los mayores valores de peso de mazorca a diferencia del factor sombra y sin cal.

Tabla 4. Peso promedio del fruto de cacao clon EETP-800 en la estación experimental El Padmi para cada tratamiento evaluado. Se muestran los p-valores obtenidos mediante el análisis ANOVA.

Tratamiento		Peso del fruto (g)
Testigo		296,50
Sin sombra con cal		332,19
Con sombra sin cal		214,60
Con sombra con cal		338,66
Error estándar medio		13,97
p-valor	Encalado	0,0070
	Sombra	0,0001
	Sombra*encalado	0,09121

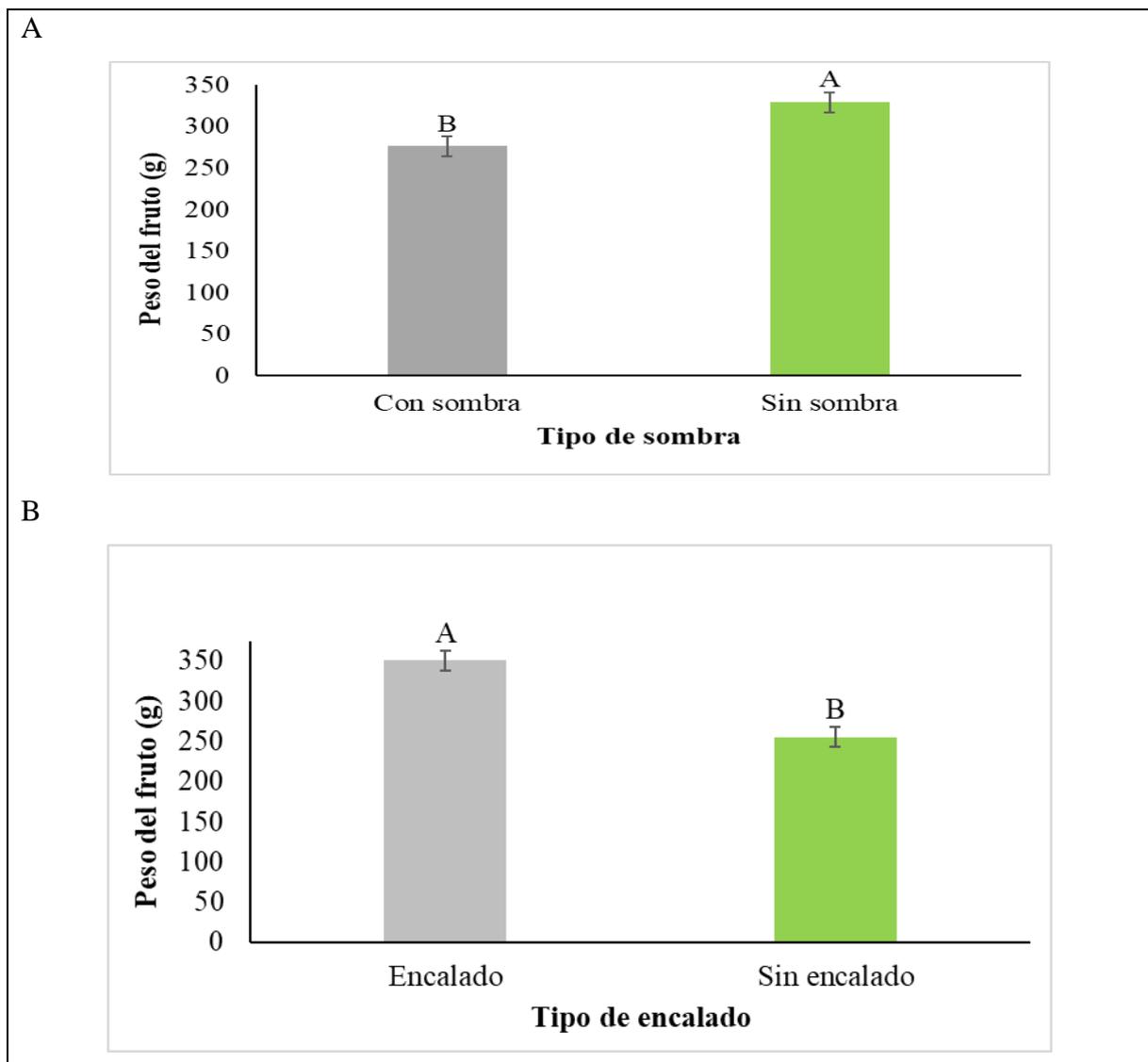


Figura 6. Peso del fruto en función del factor sombra (A) y el factor encalado (B) de cacao clon EETP-800. Las barras sobre las columnas de los factores tipo de sombra y encalado representan el error estándar de la media. Letras diferentes sobre las barras significan las diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$).

Rendimiento Estimado

Los resultados demuestran que no existen diferencias estadísticamente significativas para el factor sombra ($p = 0,1273$), ni para el factor encalado ($p = 0,8048$), ni para la interacción sombra*encalado ($p = 0,8048$), como se muestra en la Figura 7 donde los tratamientos testigo y sin sombra con cal obtuvieron los mayores rendimientos con medias de 0,28 t/ha y 0,25 t/ha.

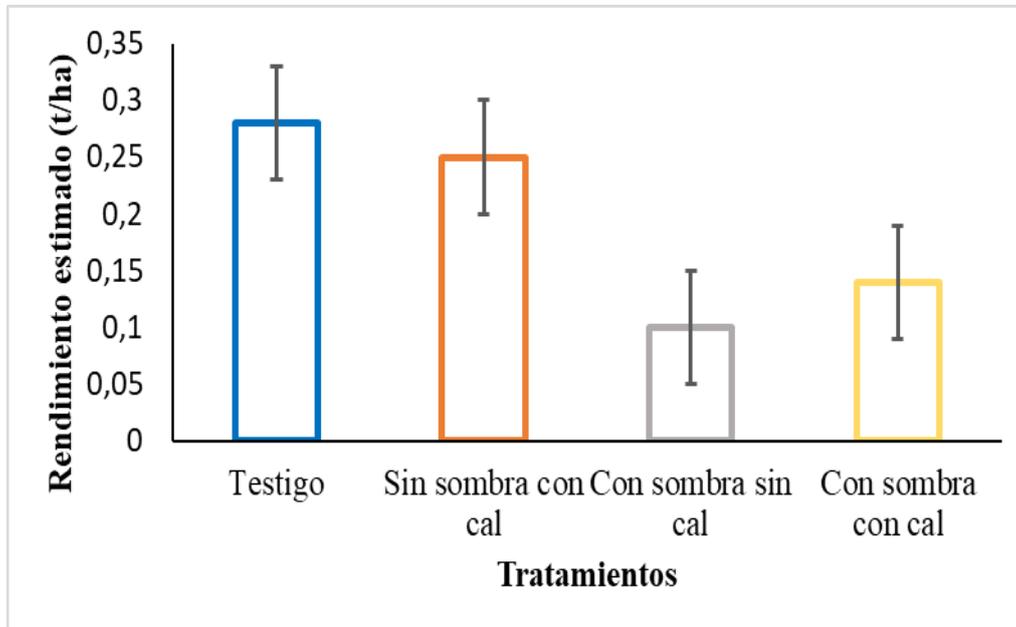


Figura 7. Rendimiento estimado de cacao clon EETP-800 en función de los tratamientos aplicados. Las barras sobre las columnas de los tratamientos representan el error estándar de la media.

6.2 Características del Suelo y Variables Fisiológicas

Conductividad Eléctrica y pH del Suelo

Referente a la conductividad eléctrica sí se encontraron diferencias estadísticamente significativas a los 84 días después de la evaluación del ensayo con un $p = 0,0052$, los tratamientos testigo, con sombra sin cal y sin sombra con cal presentaron una media de 0,10 mS/m mientras que el tratamiento con sombra con cal obtuvo la media más alta con 0,21 mS/m (Figura 8).

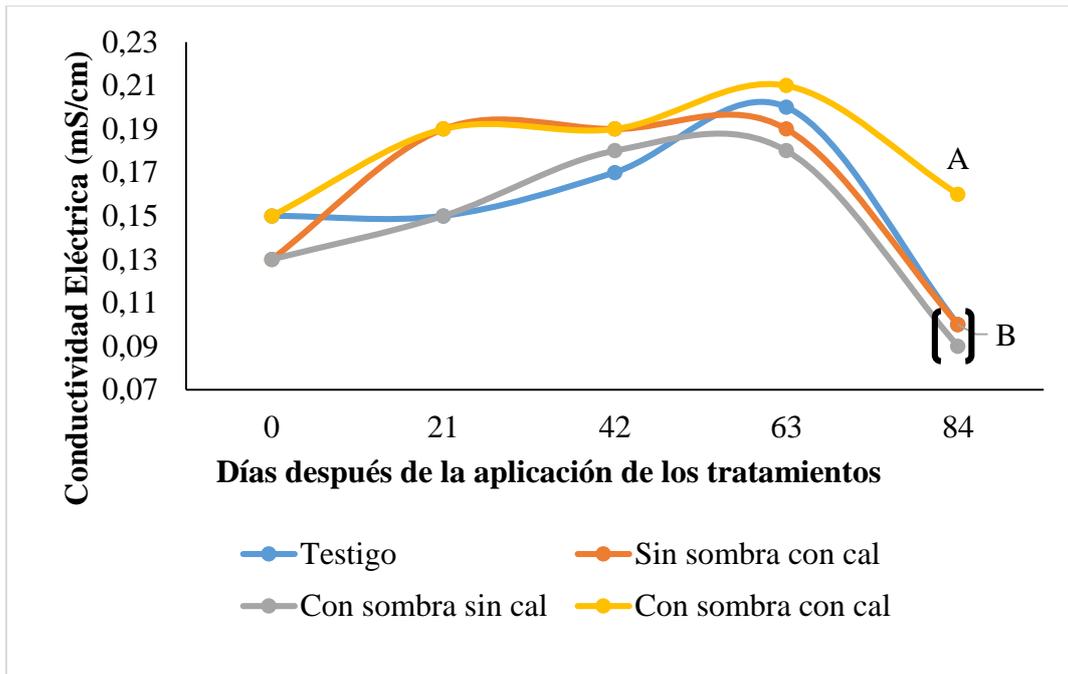


Figura 8. Conductividad del suelo en el cultivo de cacao clon EETP-800 en función de los tratamientos aplicados. Los paréntesis incluyen los tratamientos que no difieren entre ellos; letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$).

Podemos decir que la dinámica del pH del suelo no presentó diferencias estadísticamente significativas entre los cuatro tratamientos en los 0 y 21 días de evaluación, sin embargo, para los días 42, 63 y 84 sí existieron diferencias entre los cuatro tratamientos siendo el con sombra con cal el que presentó la media más alta con 6,08 respecto de los otros tratamientos (Figura 9).

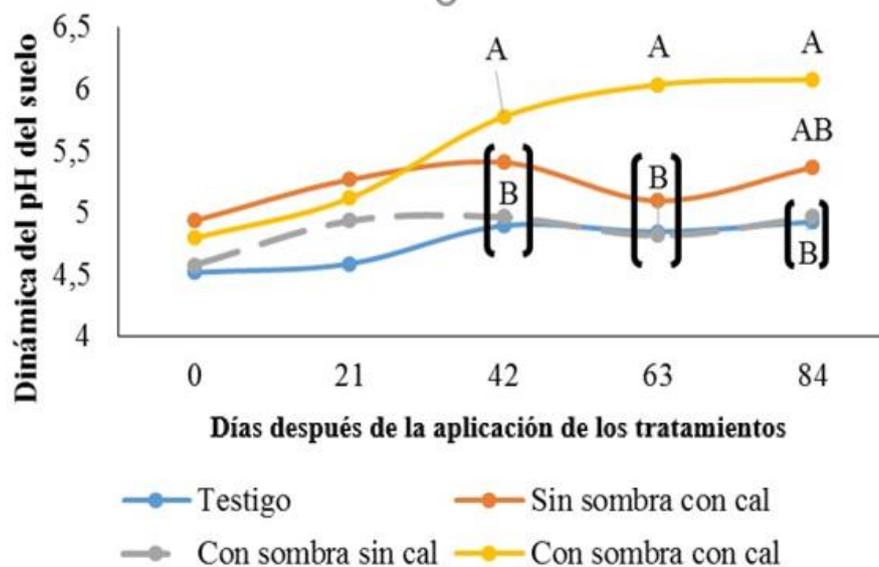


Figura 9. Dinámica del pH del suelo en el cacao clon EETP-800 en función de los tratamientos aplicados. Los paréntesis incluyen los tratamientos que no difieren entre ellos; letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$).

Concentración de Clorofila SPAD

En el análisis de la concentración de clorofila medido con el equipo SPAD en el cacao clon EETP-800 (Figura 10) no se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$) a los 0, 21 y 63 días después del tratamiento, sin embargo, a los 42 y 84 días se presentaron diferencias estadísticamente significativas con un $p < 0,05$, donde el tratamiento testigo presentó una media de 48,60, el tratamiento con sombra sin cal 49,17 y el tratamiento con sombra con cal una media de 45,15. Para los 84 días los cuatro tratamientos presentaron diferencias significativas siendo para el testigo la media de 50,70 significativamente mayor al tratamiento de sin sombra con cal con 45,68.

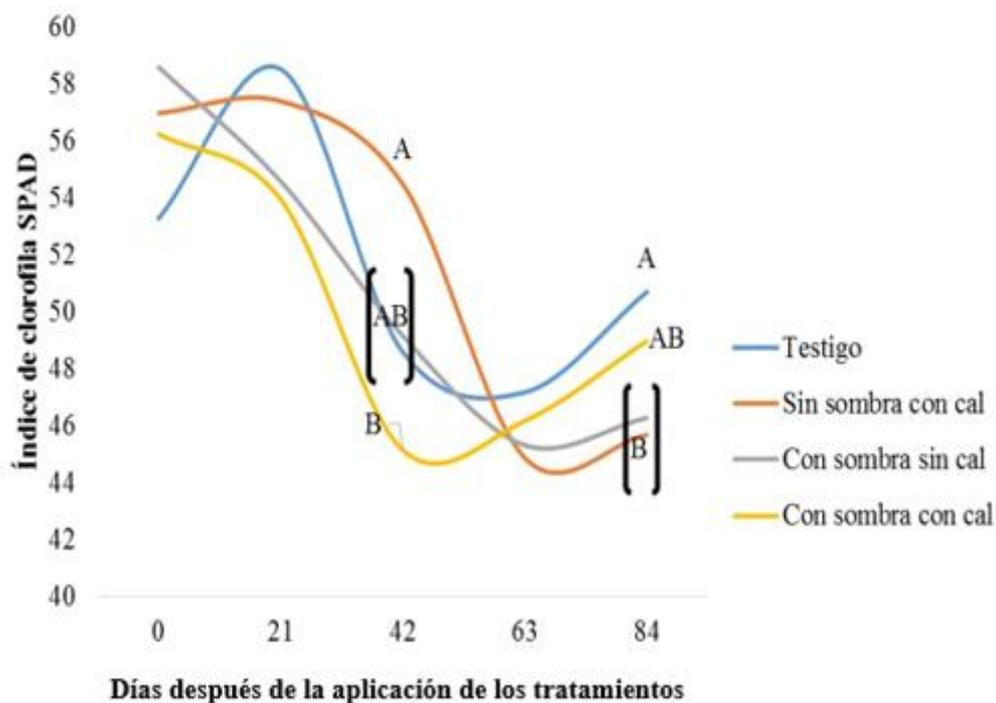


Figura 10. Concentración de clorofila en hojas de cacao clon EETP-800 en función de los tratamientos aplicados. Los paréntesis incluyen los tratamientos que no difieren entre ellos; letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$).

Índice de área foliar (IAF)

En el índice de área foliar se muestra que no hay diferencias estadísticamente significativas respecto a la interacción sombra*encalado (Tabla 5), sin embargo, existen diferencias significativas por el factor tipo de sombra (Figura 11), donde el tratamiento sin sombra obtuvo el mayor índice de área foliar con una media de 2,95.

Tabla 5. Promedio del índice de área foliar a los 0 y 84 días después de la evaluación del ensayo en todos los tratamientos de cacao clon EETP-800 en la estación experimental El Padmi para cada tratamiento evaluado. Se muestran los p-valores obtenidos mediante el análisis A.

Tratamiento	Índice De Área Foliar		
	Días Después de la Aplicación de los Tratamientos		
	0	84	
Testigo	3,03	3,90	
Sin sombra con cal	2,88	3,60	
Con sombra sin cal	1,56	3,25	
Con sombra con cal	1,93	2,68	
Error estándar medio	0,88	1,19	
p-valor	Encalado	0,8961	0,1746
	Sombra	0,0289	0,4384
	Sombra*encalado	0,6582	0,8054

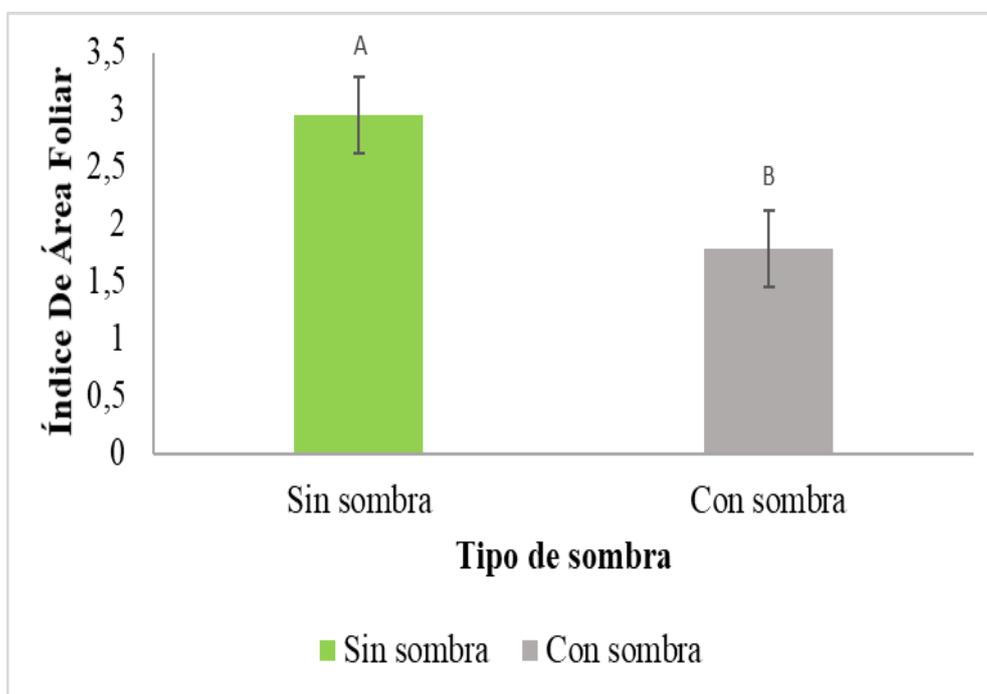


Figura 11. Índice de área foliar de cacao clon EETP-800 en función de la presencia o no de sombra. Las barras sobre las columnas de los tratamientos representan el error estándar de la media. Letras diferentes significan las diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$).

7. Discusión

Ecuador es un país donde el cultivo de cacao es uno de los principales productos agrícolas de exportación, ante ello surge la necesidad de generar variedades que sean de alto rendimiento y buena calidad. El INIAP tras dos décadas de investigación desarrolló el clon EETP-800 que es un cacao nacional fino de aroma y de alto rendimiento con el que se obtuvieron buenos datos de productividad (INIAP, 2014). Sin embargo, este clon no había sido evaluado bajo las condiciones de la Amazonía sur, y en particular en distintas condiciones de sombra y encalado, es por ello que los hallazgos de esta investigación contribuyen al conocimiento de la respuesta de este genotipo en la Amazonía ecuatoriana.

Referente a la variable de diámetro de copa en los cuatro tratamientos a los 0 y 84 días evaluados, estos no presentaron ninguna diferencia estadísticamente significativa, con valores desde los 140 cm a los 190 cm teniendo los valores más altos el tratamiento con sombra y encalado y el testigo. En este sentido Rojas (2022) obtuvo un diámetro de copa de cacao clon EETP-800 con 0 % y 80 % de sombra entre 100 cm a 180 cm de sombra dependiendo de la edad y el manejo agronómico que se le dé al cultivo, por lo que nuestros resultados están dentro de los rangos; esto se debe a que el cacao es una especie que se desarrolla bien tanto a plena luz como en la sombra (Zambrano, 2023).

En cuanto a la longitud del fruto no se encontraron diferencias estadísticamente significativas para la interacción sombra*encalado, sin embargo, existieron en los dos factores por separado con medias que están entre 17,5 cm y 21,25 cm de longitud del fruto. Según Calva & Ramirez (2016) el fruto de cacao puede alcanzar una longitud de 15 cm a 30 cm. En otro estudio realizado por Fariñas et al., (2002) señalan que el cacao nacional puede presentar un largo de 16,15 cm hasta 18,21cm y esto está influenciado por las condiciones climáticas y de manejo técnico del cultivo, estos valores son similares a los encontrados en el presente estudio.

Concerniente al número de frutos por planta estas deben producir aproximadamente por cosecha alrededor de 15 a 25 mazorcas, es decir por año entre 30 y 50 mazorcas. Existen árboles que pueden dar en una cosecha más de 50 mazorcas, pero no es lo común (Elías, 2018). Durante el desarrollo de nuestra investigación el tratamiento con mayor número de frutos/planta fue el testigo y el sin sombra con cal con unas medias de 8 y 12 frutos/planta lo cual es inferior a lo mencionado por Elías (2018).

Referente a la variable peso del fruto Bojacá (2017) encontró que el peso promedio de los frutos de cacao es de 272,6 g, obteniendo un peso máximo de 383,3 g y el más bajo de 227 g. En cambio, Fariñas et al. (2002) mencionan que el cacao tipo criollo puede tener un peso de mazorca de 483,08 g el cual es superior a nuestros resultados ya que en nuestra investigación

se logró obtener 338,66 g como media más alta, la cual se dio en el tratamiento sin sombra y cal.

El rendimiento de una plantación de cacao está en dependencia de la calidad del sitio (suelo, clima y biología local), germoplasma y manejo (Orozco, 2015). En nuestros resultados los mayores rendimientos se obtuvieron en el testigo y en el tratamiento sin sombra con cal con medias de 2,80 kg/planta y 2,50 kg/planta respectivamente lo cual demuestra que el uso de la sombra no favorece el rendimiento del cacao, al menos bajo las condiciones de este experimento. Estos resultados están acordes con los obtenidos por Solórzano (2019) donde menciona que obtuvo un rendimiento promedio de cacao clon EETP-800 de 2,73 kg/planta sin el uso de sombra por lo que decimos que la sombra no es indispensable para el cultivo de cacao en la etapa de producción. Por otra parte, Copa y Fuentes (2019) afirman que el número de mazorcas presentes no es un buen indicador del rendimiento, debido a que muchos frutos de algunos árboles producen más semilla de cacao que otras.

Cabe señalar que en las variables productivas se pudo obtener un número de frutos relativamente bajo por el ataque de plagas y enfermedades como grillos, ardillas y moniliasis por lo tanto fue necesario realizar estimaciones mediante fórmulas que nos permitan obtener valores de las variables para ser discutidas.

En cuanto a las características del suelo como la conductividad eléctrica y el pH se vieron afectadas por la interacción sombra*encalado, mientras que las variables fisiológicas como el contenido de clorofila SPAD también estuvo afectado por la interacción sombra*encalado y el índice de área foliar solo estuvo afectada por el factor sombra.

La conductividad eléctrica según Nicolás (2017) mide la capacidad del suelo para conducir corriente eléctrica; por lo tanto, la CE mide la concentración de sales solubles presentes en la solución del suelo. Su valor es más alto cuanto más fácil se mueva dicha corriente a través del suelo por una concentración más elevada de sales. Bárbaro et al. (2022) mencionan que la conductividad eléctrica baja facilita el manejo de la fertilización y se evitan problemas por fitotoxicidad en los cultivos. En nuestros resultados se encontró que a los 42 días después de la evaluación del ensayo se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la CE entre los tratamientos testigo, con sombra sin cal y con sombra sin cal respecto del tratamiento sin sombra con cal. Barrezueta (2019) menciona en su investigación que en el cultivo de cacao sembrado sobre un suelo ácido la conductividad eléctrica siempre va a presentar valores bajos los mismos que se encuentran entre rangos de 0,13 mS/cm a 0,21 mS/cm; esto se relaciona con los resultados de nuestra investigación puesto que durante toda la evaluación el valor más alto fue de 0,21 mS/cm. Además Maher (2021) menciona que la CE está directamente relacionada

con la concentración de sales disueltas e influye en gran medida en el esfuerzo que realiza la planta a través de la raíz para absorber los nutrientes del suelo repercutiendo en la cantidad de rendimiento del cultivo, por lo tanto podríamos inferir que la CE influyó en los bajos resultados del rendimiento de nuestra investigación.

La Amazonía ecuatoriana tiene una gran diversidad de suelos explicada por la combinación de materiales parentales y el clima, en la zona de estudio es característico encontrar suelos del orden de los inceptisoles limitando la disponibilidad y absorción de nutrientes cuya consecuencia es la de obtener bajos rendimientos del cultivo de cacao (Toledo, 2016). El crecimiento y la productividad del cacao se incrementan cuando se disminuye la concentración de Al^{3+} , se aumenta el pH de 4,0 a 5,3 y se fertiliza el suelo, aunque la eficacia del uso de la cal está sujeta a otras variables, tales como las características pedogenéticas del suelo y las condiciones climáticas de la zona (Colina, 2022).

En nuestra investigación se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos, notándose que, el tratamiento sombreado+encalado incrementó el pH y lo estabilizó tempranamente en comparación con los demás tratamientos, posiblemente la sombra pudo favorecer la actividad de la cal sobre el pH, ya que en el tratamiento encalado +sin sombra, la magnitud del incremento fue menor.

No existieron diferencias estadísticas significativas en la concentración de clorofila en los 0, 21 y 63 días después de la aplicación de los tratamientos, pero sí a los 42 y 84 días, obteniéndose niveles de contenido de clorofila entre 45-58, similares a los obtenidos por Rojas (2022). Esta limitada relación de la sombra y el contenido de clorofila pudo ser el resultado de la medición de diferentes hojas durante el ensayo, puesto que se ha observado que la edad de las hojas es clave en dicho contenido, donde estas van perdiendo coloración con la edad y por lo tanto la concentración de la clorofila disminuye (Acheampong et al., 2015).

Referente al índice de área foliar no se encontraron diferencias estadísticamente significativas, sin embargo, el testigo obtuvo la media más alta con 3,03, estos resultados se encuentran bajos comparados con la literatura donde se indica que el IAF óptimo para el cultivo de cacao debe estar alrededor de los 4,5 (Sáenz y Cabezas 2003), con un rango entre 1,37 y 5,6 dependiendo del genotipo y manejo del cultivo (Leiva-Rojas et al., 2019). Los valores bajos obtenidos en el presente estudio se deben posiblemente a que las plantas tuvieron daños en las hojas por efecto de plagas como el grillo.

8. Conclusiones

- La longitud del fruto fue afectada significativamente por el sombreo, que provocó una disminución de 17,6 %, mientras que el encalado favoreció la longitud del fruto en 1,02 %, por otro lado, el rendimiento estimado fue influenciado directamente por la interacción de sombra*encalado registrando los mayores valores con los tratamientos testigo y sin sombra con cal con promedios de 0,28 t/ha y 0,25 t/ha. La sombra no influye en el rendimiento de cacao puesto que en nuestra investigación los mayores valores de rendimiento fueron del testigo y del tratamiento sin sombra con cal.
- La aplicación de cal en la etapa productiva del cacao provocó un aumento en el pH del suelo en promedios de 5,04 y 6,08 de los tratamientos sin sombra con cal y con sombra y cal respectivamente.
- Por otro lado, la interacción de la sombra*encalado fue significativa en el diámetro de copa y concentración de clorofila mientras que para el índice de área foliar alcanzó el mayor valor la sombra de manera independiente.

9. Recomendaciones

- Es recomendable que se mantenga la investigación para que se pueda evaluar si el clon EETP-800 puede alcanzar o incrementar los promedios de producción del cacao CCN 51.
- Realizar un manejo integrado de plagas y enfermedades que permita obtener datos verdaderos sin ruido acerca de las variables que se establezcan dentro de la investigación.
- Ampliar el tiempo de evaluación del efecto del encalado puesto que al ser un método lento requiere de un mayor tiempo de evaluación para poder tener certeza de su influencia sobre el pH del suelo.

10. Bibliografía

- Abad, A., Acuña, C., & Naranjo, E. (2020). El cacao en la Costa ecuatoriana: estudio de su dimensión cultural y económica. *Revista Internacional de Administración*, 61.
- Acheampong, K., Hadley, P., Daymond, A., & Adu-Yeboah, P. (2015). The Influence of Shade and Organic Fertilizer Treatments on the Physiology and Establishment of Theobroma cacao Clones. *American Journal of Experimental Agriculture*. 6(6), 347-360.
- ANACAFE. (2004). *Cultivo de Cacao*. Obtenido de Asociación Nacional del Café : <http://infocafes.com/portal/wp-content/uploads/2016/05/Cultivo-de-Cacao.pdf>
- Anchundia, D. M. (2018). Proceso de comercialización del cacao fino de Aroma en la provincia Los Ríos, Ecuador. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias*, 20(4), 385-400. Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/6378/637869147003/html/#:~:text=El%20cacao%20es%20un%20%C3%A1rbol,%20ABcomida%20de%20los%20dioses%20BB>.
- Arvelo, M., González, D., Delgado, T., Maroto, S., & Montoya, P. (2017). *Estado Actual sobre la Producción, el Comercio y Cultivo del Cacao en América*. San José: INCA. Obtenido de <https://repositorio.iica.int/bitstream/11324/6422/1/BVE18019631e.pdf>
- Bárbaro, L., Karlanian, M., & Mata, D. (2022). Importancia del pH y la conductividad eléctrica en los sustratos para plantas. *INTA*, 7-11. Recuperado el 06 de febrero de 2023, de https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_-_importancia_del_ph_y_la_conductividad_elctrica.pdf
- Barrena, V., Garnica, C., Ocaña, J., & Alvarado, J. (2008). *Proyecto UNALM-ITTO PD 251/03 Rev. 3(F)*. Obtenido de Evaluación de las existencias comerciales y estrategia para el manejo sostenible de la Caoba: https://www.itto.int/files/itto_project_db_input/2525/Technical/Brigadas%20de%20forma%20y%20volumen.pdf
- Barrezueta, S. (2019). Propiedades de algunos suelos cultivados con cacao en la provincia El Oro, Ecuador. *CienciaUAT*, 14(1), 6-9. doi: 10.29059/cienciauat.v14i1.1210
- Bojacá, A. F. (2017). *ESTUDIO DE LOS CAMBIOS FÍSICOS Y QUÍMICOS DURANTE LA MADURACIÓN DEL CACAO*. Obtenido de UNIVERSIDAD JORGE TADEO LOZANO: <https://expeditiorepositorio.utadeo.edu.co/bitstream/handle/20.500.12010/2847/andres%20felipe%20bojaca%20tesis.pdf?sequence=10&isAllowed=y#:~:text=En%20un%20estudio%20reportado%20por,las%20variedades%20analizadas%20en%20el>

- Bridgemohan, P., Mohamed, M., Mohamed, M., Singh, K., & Bridgemohan, R. (2016). The Application of BBCH Scale for Codification and Illustrations of the Floral Stages of Caribbean Fine Cacao *Theobroma cacao* L. *Journal of Agricultural Science and Technology A*, 6(1), 1-10. doi:doi: 10.17265/2161-6256/2016.01.001
- Calva, A., & Ramirez, P. (agosto de 2016). *GUÍA TÉCNICA PARA EL ESTABLECIMIENTO Y MANEJO DEL CACAO SÚPER ÁRBOL*. Obtenido de Bivica: https://www.bivica.org/files/6054_Cacao_Guia_tecnica_final_18_10_16.pdf
- Capa, M., Romero, A., Romero, M., Molina, M., Vásquez, S., & Granja, J. (05 de abril de 2022). EFECTOS DE LAS FUENTES DE NITRÓGENO EN LA MORFOFISIOLOGÍA, PRODUCCIÓN Y CALIDAD DEL CACAO (*Theobroma cacao* L.) CCN-51 EN LA AMAZONÍA SUR ECUATORIANA. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 25(33). doi:http://dx.doi.org/10.56369/tsaes.4316
- Cardona, B., & Gutiérrez, M. (2007). Un acercamiento a la. *Agrosavia*, 6(6). Recuperado el 5 de febrero de 2023, de https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/772/110831_55420.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Castillo, R., & Jaramillo, A. (1997). Interceptación de la radiación fotosintéticamente activa y su relación con el área foliar . *Cenicafe*, 48(3), 182-194. Recuperado el 11 de febrero de 2023, de https://www.cenicafe.org/es/index.php/nuestras_publicaciones/revista_cenicafe/revista_cenicafe_arc048_03_182-194
- CATIE . (2021). *La flor del cacao*. Obtenido de CATIE : <https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/10835/A4949e.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Climate'data.org. (2019). *Condiciones climáticas de la quinta experimental el Padmi de la UNL*. Obtenido de Clima Yanzatza: <https://es.climate-data.org/america-del-sur/ecuador/provincia-de-zamora-chinchipe/yanzaza-25493/>
- Colina. (04 de abril de 2022). *Encalado para corrección de pH* . Obtenido de Cultivo De Cacao: Uso De Enmiendas Orgánicas Y Su Relación Entre El PH Y La Disponibilidad De Nutrientes: <https://lacolina.com.ec/cultivo-de-cacao-uso-de-enmiendas-organicas-y-su-relacion-entre-el-ph-y-la-disponibilidad-de-nutrientes/#:~:text=El%20encalado%20es%20una%20pr%C3%A1ctica,neutraliza%20e%20incrementa%20el%20pH.>

- Copa, M., & Fuentes, C. (2019). Criterios de selección para cacao nacional Boliviano (*Theobroma cacao* L.), en Alto Beni-Bolivia. *SciELO*, 6(2). Recuperado el 09 de febrero de 2023, de http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2409-16182019000200005&lang=es
- Drupal. (2019). *SISTEMAS AGROFORESTALES*. Obtenido de DRUPAL: <http://cadenacacaoca.info/estudios-cacao/buenas-practicas/sombra>
- Elías, L. (2018). *Deshojando el cacaotero: aspectos y curiosidades del árbol de cacao*. Obtenido de El alianza con Fundacacao: <https://vivaelcacao.com/deshojando-el-cacaotero-aspectos-y-curiosidades-del-arbol-de-cacao/#:~:text=Una%20planta%20debe%20producir%20aproximadamente,pero%20no%20es%20lo%20com%3%BAAn>.
- Enríquez, G. (noviembre de 2006). *Fenología y fisiología del cultivo de cacao*. Obtenido de Universidad Técnica Estatal de Quevedo-Facultad de Ciencias Agrarias-Escuela de Ingeniería Agronómica : <https://aprenderly.com/doc/3207554/fenolog%3%ADa-y-fisiolog%3%ADa-del-cultivo-del-cacao-gustavo-a.-e>
- Espinosa, J. (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 Universidad Nacional de Loja: <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/23934/1/Jorge%20Geovanny%20Espinosa%20Masa.pdf>
- Fariñas, L., Bertorelli, L., Angulo, J., & Pablo, P. (septiembre de 2002). Características físicas del fruto de cacaos tipos criollo, forastero y trinitario de la localidad de cumboto, venezuela. *Agronomía Tropical*, 52(3). Recuperado el 09 de febrero de 2023, de [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0002-192X2002000300006#:~:text=El%20fruto%20del%20cacao%2C%20Theobroma,azucarado%20\(Braudeau%2C%201970\)](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0002-192X2002000300006#:~:text=El%20fruto%20del%20cacao%2C%20Theobroma,azucarado%20(Braudeau%2C%201970))
- Fernández. (2020). Impactos ambientales de la producción de café, y el aprovechamiento sustentable de los residuos generados. *Revista Producción*, 15(1), 9-16. Obtenido de Progreso Caribe: <http://www.scielo.org.co/pdf/pml/v15n1/1909-0455-pml-15-01-93.pdf>
- Gonzalez, J. (2022). *Producción y procesamiento del amargo precursor del chocolate*. Obtenido de Agrotendencia: <https://agrotendencia.tv/agropedia/cultivos/frutales/el-cultivo-de-cacao/>

- Guamán, A. O. (2022). *INFLUENCIA DE DISTINTOS NIVELES DE SOMBRA EN LAS CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS Y FISIOLÓGICAS EN EL CRECIMIENTO TEMPRANO DEL CACAO (Theobroma cacao L) CLON EETP-800 EN LA PROVINCIA DE ZAMORA CHINCHIPE*. Obtenido de Universidad Nacional de Loja : https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/24564/1/AlexOswaldo_%20GuamanGuaman.pdf
- Herrera, R., Vásquez, S., Granja, F., Molina, M., Capa, M., & Guamán, A. (2022). Interacción de n, p y k sobre características del suelo, crecimiento y calidad de fruto de cacao en la amazonía ecuatoriana. *Dialnet*, 34(3), 277-288. Recuperado el 01 de marzo de 2023, de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8554071>
- IICA. (2016). *Estado actual sobre la producción y el comercio del Cacao en América*. Obtenido de Repositorio: <https://repositorio.iica.int/handle/11324/21191>
- IICA. (2023). TALLER REGIONAL ANDINO DE APLICACIÓN TECNOLÓGICA EN EL CULTIVO DE CACAO. 28. Obtenido de http://repiica.iica.int/docs/B0255e/B0255e_29.html
- INFOCACAO . (2016). *Establecimiento de la sombra para plantaciones nuevas de cacao*. Obtenido de Infocacao: Ciencia y tecnología al servicio del sector cacaotero: http://www.fhia.org.hn/descargas/proyecto_procacao/infocacao/InfoCacao_No7_Mar_2016.pdf
- INIAP. (2014). *Cacao*. Obtenido de Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias : <http://tecnologia.iniap.gob.ec/index.php/explore-2/mcafec/rcacao#:~:text=Altitud%3A%2015%20a%20800%20msnm>
- INTAGRI . (2021). *Los Materiales para el Encalado de Suelos Ácidos*. Obtenido de INTAGRI: <https://www.intagri.com/articulos/suelos/los-materiales-para-el-encalado-de-suelos-acidos>
- Leiva-Rojas, Gutiérrez-Brito, Pardo-Macea, & Ramírez-Pisco. (16 de agosto de 2019). COMPORTAMIENTO VEGETATIVO Y REPRODUCTIVO DEL CACAO (Theobroma cacao L.) POR EFECTO DE LA PODA. *Revista fitotecnia mexicana*, 42(2). Obtenido de https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-73802019000200137
- Maher. (2021). *Conductividad eléctrica del suelo y su influencia en el rendimiento de los cultivos*. Obtenido de Smart Agrocontrollers: <https://www.maherelectronica.com/conductividad-electrica->

- <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/25046/1/Manuel%20Anthony%20Cordero%20Rojas.pdf>
- Rosas, J. (2021). *EFEECTO DE LA APLICACIÓN DE DOLOMITA Y MAGNOCAL EN LA DINÁMICA DEL SUELO Y CRECIMIENTO VEGETATIVO DEL CULTIVO DE CACAO (Theobroma cacao L.) EN NESHUYA - PADRE ABAD*. Obtenido de Universidad Nacional de Ucayali: http://www.repositorio.unu.edu.pe/bitstream/handle/UNU/5232/B03_2022_UNU_AGRONOMIA_2021_T_JAVIER-ROSAS.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Sáenz, B., & Cabezas, M. (2003). *Un acercamiento a la ecofisiología del cacao*. Recuperado el 04 de febrero de 2020, de Innovación y cambio tecnológico: https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/772/110831_55420.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Sicouret, H. (2018). Cultura de cacao en el territorio ecuatoriano. *AneCacao*. Obtenido de <http://www.anecacao.com/es/quienes-somos/historia-del-cacao.html>
- Solórzano, e. a. (2019). INIAP-EETP-800 'AROMA PICHILINGUE', A NEW HIGH-YIELDING ECUADORIAN VARIETY OF FINE COCOA. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 42(2), 3. Obtenido de https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-73802019000200187%20https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/5240/1/INIAPBEETPP436.pdf
- Sterco. (1753). *Descripción de theobroma cacao*. Mexico. Recuperado el 12 de febrero de 2023, de http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info_especies/arboles/doctos/68-sterc03m.pdf
- Toledo, M. (2016). *Suelos ácidos de la Amazonía ecuatoriana*. (Villeda, Editor) Obtenido de IICA: <https://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/3108/BVE17069071e.pdf?sequence=1>
- Valenzuela, J., Fernández, J., & Restrepo, A. (2016). *El Cultivo del Cacao*. Obtenido de PAQUETE TECNOLÓGICO COMPAÑÍA NACIONAL DE CHOCOLATES S.A.S: http://infocafes.com/portal/wp-content/uploads/2016/12/paquete_tecnologico_cacao_cnch_enero_2012.pdf
- Zabala, V. (2019). *Ecuador es el cuarto productor mundial de cacao y el número 1 en Latinoamérica*. Obtenido de EKOS: <https://www.ekosnegocios.com/articulo/ecuador-es-el-cuarto-productor-mundial-de-cacao-y-el-numero-1-en-latinoamerica>

Zambrano, M. A. (27 de marzo de 2023). Photosynthetic light response curves: elucidating the photosynthetic capacity of cacao plants (*Theobroma cacao* L.) to full sun light in Cundinamarca, Colombia. *SciELO Analytics*, 101(2). doi:<https://doi.org/10.17129/botsci.3118>

Zarillo, S., & Gaikwad & Valdez, F. (octubre de 29 de 2018). The use and domestication of theobroma cacao during the mid-holocene in the upper amazon. *Nature ecology & evolution*, 2(12), 1879–1888. doi:<https://doi.org/10.1038/s41559-018-0697-x>

11. Anexos

Anexo 1. Evidencias del Trabajo de Campo



Anexo 1, figura 1. Control de arvenses



Anexo 1, figura 2. Coronado a cada planta de cacao



Anexo 1, figura 3. Medición de clorofila con el equipo SPAD



Anexo 1, figura 4. Medición del ancho de la hoja

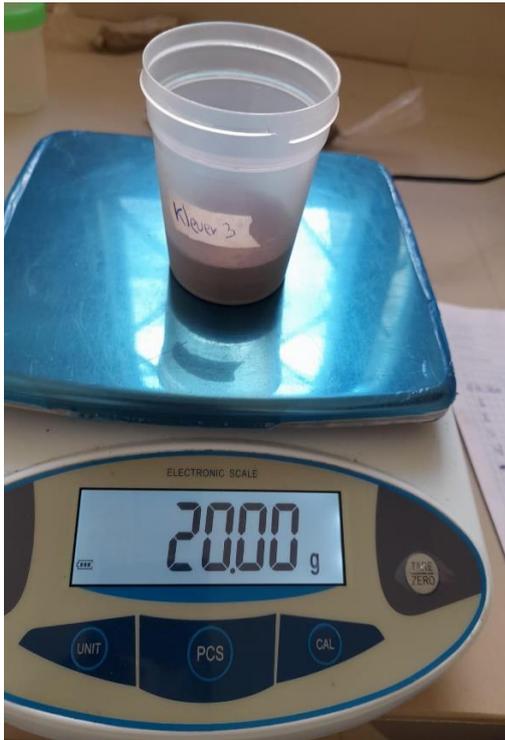


Anexo 1, figura 5. Recolección de muestras de suelo

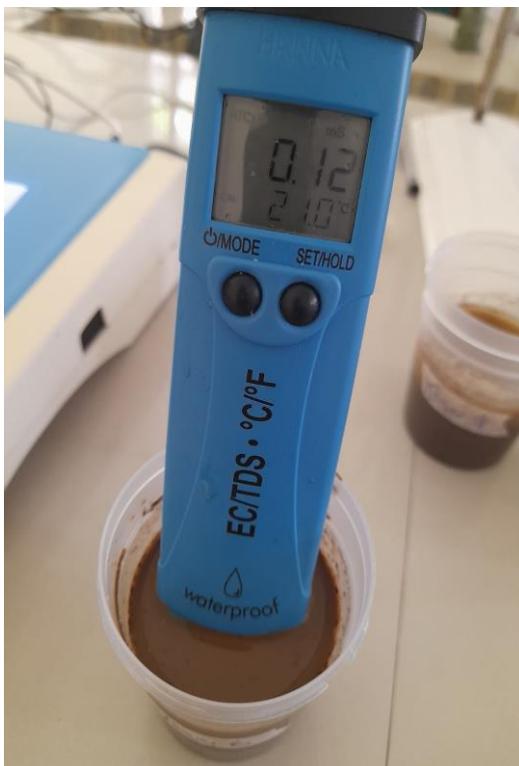


Anexo 1, figura 6. Aplicación de cal

Anexo 2. Trabajo de Laboratorio



Anexo 2, figura 1. Peso de suelo para análisis de pH y CE



Anexo 2, figura 2. Resultados de CE y pH del suelo

Anexo 3. Certificación de traducción del resumen

Lic. Andrea Sthefanía Carrión Mgs

0984079037

andrea.s.carrion@unl.edu.ec

Loja-Ecuador

Loja, 8 de junio del 2023

La suscrita, Andrea Sthefanía Carrión Fernández, Mgs, **DOCENTE EDUCACIÓN SUPERIOR, ÁREA DE INGLÉS-UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA**, a petición de la parte interesada y en forma legal.

CERTIFICA:

Que la traducción del resumen del documento adjunto solicitado por el señor: **Klever Patricio Cobos Ruiz** con cédula de ciudadanía **No. 1150167110**, cuyo tema de investigación se titula: **Influencia de la sombra y enalado sobre la productividad del cacao (*Theobroma cacao L*) clon EETP-800, en la Estación Experimental el Padmi, Zamora Chinchipe** ha sido realizado y aprobado por mi persona, Andrea Sthefanía Carrión Fernández, Mgs. Docente de Educación Superior en la enseñanza del inglés como lengua extranjera.

El apartado del Abstract es una traducción textual del Resumen aprobado en español.

Particular que comunico en honor a la verdad para los fines académicos pertinentes, facultando al portador del presente documento, hacer el uso legal pertinente.

**ANDREA STHEFANIA
CARRION
FERNANDEZ**

Firmado digitalmente por ANDREA
STHEFANIA CARRION FERNANDEZ
Nombre de reconocimiento (DN): cn=ANDREA
STHEFANIA CARRION FERNANDEZ,
serialNumber=170622180622, ou=ENTIDAD
DE CERTIFICACION DE INFORMACION,
o=SECURITY DATA S.A., c=EC
Fecha: 2023.06.08 17:36:17 -06'00'

Andrea Sthefanía Carrión Fernández. Mgs.

English Professor