



Universidad
Nacional
de Loja

Universidad Nacional de Loja

Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables

Carrera de Agronomía

Influencia de sombra, sobre el rendimiento productivo en cacao (*Theobroma cacao* L.) clon EETP 801, Estación Experimental el Padmi, provincia de Zamora Chinchipe

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

AUTOR:

John Lenin Sánchez Rojas

DIRECTOR:

Ing. Jhonny Fernando Granja Travez Mg. Sc.

Loja-Ecuador

2022



Loja, 26 de Octubre del 2022

Ing. Johnny Fernando Granja Trávez Mg. Sc.

DIRECTOR DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Certifico:

Que he revisado y orientado todo el proceso de la elaboración del Trabajo de Integración Curricular denominado: **Influencia de sombra, sobre el rendimiento productivo en cacao (*Theobroma cacao* L.) clon EETP 801, Estación Experimental el Padmi, provincia de Zamora Chinchipe**, de autoría del estudiante **John Lenin Sanchez Rojas**, con la **cédula de identidad Nro. 1104961303** previa a la obtención del título de **Ingeniero Agrónomo**. Una vez que los trabajo cumplen con todos los requisitos estipulados por la Universidad Nacional de Loja, apruebo y autorizo su presentación para los trámites de titulación.

Mg. Sc. Johnny Fernando Granja Trávez.,

DIRECTOR DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Autoría

Yo, **John Lenin Sánchez Rojas**, declaro ser el 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 del mismo. Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja la publicación de mi Trabajo de Integración Curricular, en el Repositorio Digital Institucional – Biblioteca Virtual.



Firma:

Cédula: 1104961303

Fecha: 06/12/2022

Correo electrónico: john.sanchez@unl.edu.ec

Teléfono: 0958839773

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

Yo, **John Lenin Sanchez Rojas**, declaro ser autor del Trabajo de Integración Curricular denominado: **Influencia de sombra, sobre el rendimiento productivo en cacao (*Theobroma cacao* L.) clon EETP 801, Estación Experimental El Padmi, provincia de Zamora Chinchipe**, como requisito para optar por el título de **Ingeniero Agrónomo**, autorizo al sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que, con fines académicos, muestre la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido en el Repositorio Institucional.

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

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

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

Firma:



Autor: John Lenin Sánchez Rojas

Cédula: 1104961303

Dirección: Av. El Tambo, Barrio Ceibopamba , Parroquia Malacatos

Correo electrónico: john.sanchez@unl.edu.ec

Teléfono: 0958839773

DATOS COMPLEMENTARIOS:

Director del Trabajo de Integración Curricular: Ing. Jhonny Fernando Granja Travez Mg. Sc.

Dedicatoria

A Dios y Virgen de Guadalupe por brindarme la fuerza, amor y perseverancia de alcanzar el objetivo de ser un profesional, para el bien y servicio de los demás.

A mis padres Rodrigo y Rosa, por la guía en el camino del bien, valores, virtudes que fueron inculcados desde pequeño.

A mi esposa Valeria por su apoyo incondicional en el transcurso de mi carrera hasta verme realizado como profesional; asimismo a mi hermano y hermanas quienes día a día fueron partícipes de mis alegrías, triunfos y tristezas.

John Lenin Sánchez Rojas

Agradecimiento

A Dios y a la Virgen de Guadalupe, por brindarme la fuerza, amor, perseverancia y sabiduría necesaria para culminar con éxito y satisfacción esta etapa de mi vida universitaria para el bien y servicio de los demás.

A mis padres Santos Rodrigo Sánchez Gómez y Rosa Elena Rojas Torres por brindarme su tiempo, apoyo y guiarme en el camino de bien con valores y virtudes.

A mi amada esposa Valeria Ochoa, por ser apoyo incondicional y superar a mi lado toda adversidad de la vida; asimismo a mi hermano Jefferson y hermanas Estefani y Thalía quienes día a día fueron participes de mis alegrías, triunfos y tristezas.

A mi director del Trabajo de Integración Curricular Johnny Granja por ardua tarea de guiar mis estudios finales y llevarlos a cumplir de manera responsable, en las fechas propuestas desde un inicio, asimismo a todos los que conforman el macro proyecto denominado “Comportamiento del cacao (*Theobroma cacao* L.), bajo diferentes condiciones de luminosidad en etapa inicial de producción en la Región sur del Ecuador” de la UNL”, donde fui bien recibido sirviéndome de mucho para afianzar conocimientos adquiridos durante tiempo de mi carrera universitaria.

A la Patria Ecuatoriana y al sistema educativo, de financiarme mis estudios académicos y permitirme ser un Profesional, para el servicio del agro.

John Lenin Sánchez Rojas

Índice de contenidos

Portada	i
Autoría	iii
Carta de autorización	iv
Dedicatoria	v
Agradecimiento	vi
Índice de contenidos	vii
Índice de Tablas	x
Índice de Figuras.....	x
Índice de Anexos	x
1. Título	1
2. Resumen	2
2.1 Abstract.....	3
3. Introducción	4
4. Marco teórico	6
4.1 Generalidades del Cacao (<i>Theobroma cacao</i> L.)	6
4.1.1 Taxonomía.....	6
4.2 Morfología y fisiología del cacao	6
4.2.1 Árbol.....	6
4.2.2 Tallo	7
4.2.3 Hojas.....	7
4.2.4 Inflorescencias.....	7
4.2.5 Fruto	7
4.2.6 Semillas	8
4.2.7 Raíz.....	8
4.3 Grupos Genéticos.	8
4.3.1 Criollo.....	8
4.3.2 Forastero.....	8
4.3.3 Trinitario.....	8
4.4 Cacao nacional de Ecuador	9
4.4 Clones	9
4.4.1 Clon INIAP EETP-801.....	9
4.5 Condiciones Edafoclimáticas óptimas para el cacao	9
4.5.1 Altitud.....	9
4.5.2 Temperatura	10

4.5.3 Suelo.....	10
4.5.4 Precipitación.....	10
4.5.5 Humedad relativa.....	10
4.5.6 Luminosidad.....	10
4.6 Sombra en Cacao	11
4.6.1 Sombra temporal	12
4.6.2 Sombra permanente.....	13
4.7.1 Antecedentes	15
5. Metodología.....	16
5.1 Ubicación del área de estudio	16
5.2 Metodología general	16
5.3 Diseño experimental	18
5.5 Metodología para los Objetivos	19
5.5.1 Metodología para el primer objetivo:.....	19
5.5.1.1 Aplicación de tratamientos.....	19
5.5.1.2 Área de sección transversal del tronco ASTT.....	19
5.5.1.2 Diámetro de copa	19
5.5.1.3 Longitud del fruto.....	19
5.5.1.4 Densidad estomática.....	19
5.5.1.5 Índice de área foliar (IAF).....	20
5.5.1.6 Concentración de clorofila	20
5.5.2 Metodología para el segundo objetivo:.....	20
5.5.2.1 Número de semillas por fruto.....	20
5.5.2.2 Producción.....	20
5.5.2.3 Rendimiento	20
5.5.4. Análisis bromatológicos	21
5.5.4.1 Humedad	21
5.5.4.2 Ceniza.....	21
5.5.4.3 Grasa.....	22
5.5.4.4 Proteína.....	23
5.5.4.5 Acidez.....	23
5.5.4.6 Grados °Brix.....	24
5.5.5 Análisis Estadísticos.....	24
6. Resultados	25
6.1 Variables Vegetativas	25

6.1.1 Área de sección transversal del tronco ASTT.....	25
6.1.2 Diámetro de copa	25
6.1.3 Densidad estomática.....	26
6.1.4 Índice de área foliar (IAF).....	26
6.1.5 Concentración de clorofila	27
6.1.6 Longitud del fruto.....	27
6.2 Variables productivas.....	28
6.2.1 Producción.....	28
6.2.2 Rendimiento	28
6.2.3 Número de semillas por fruto.....	29
6.3 Análisis bromatológicos.....	29
6.3.1 Análisis de la humedad de la almendra del cacao Clon ETTP 801.....	29
6.3.2 Análisis de la ceniza de la almendra del cacao Clon ETTP 801	30
6.3.3 Análisis del porcentaje de grasa de la almendra en cacao clon ETTP 801	30
6.3.4 Análisis de la proteína de la almendra del cacao Clon ETTP 801	30
6.3.5 Análisis de la acidez del mucilago del cacao Clon ETTP 801	31
6.3.6 Análisis brix del mucilago del cacao Clon ETTP 801	32
6.4 Análisis de Correlación de Pearson.....	32
7. Discusión	34
8. Conclusiones	40
9. Recomendaciones	41
10 Bibliografía	42
11 Anexos	48

Índice de tablas:

Tabla 1. Distancias utilizadas para los árboles de sombra temporal en cacao.	13
Tabla 2. Distancias utilizadas para los árboles de sombra permanente en cacao.	14
Tabla 3. Análisis de suelos del área de estudio Estación Experimental Santa Catalina	17
Tabla 4. Área de la sección transversal del tronco (ASTT) de cacao clon EETP 801	25
Tabla 5. Concentración de clorofila en hojas de cacao Clon EETP 801	27
Tabla 6. Numero de Semillas estimado por tratamiento en cacao clon EETP – 801 ..	29
Tabla 8. Porcentaje de grasa por tratamiento en cacao clon EETP – 801	30
Tabla 9. Correlaciones de Pearson entre variables vegetativas y rendimiento.....	32

Índice de figuras:

Figura 1. Sombra y Fertilidad en relación con la productividad.....	15
Figura 2. Localización del área de estudio (Estación Experimental El Padmi - UNL)..	16
Figura 3. Modelo del diseño en campo.....	18
Figura 4. Diámetro de copa a los 0 días y a los 111 días después del tratamiento.....	25
Figura 6. Densidad estomática mm ² bajo tres niveles de sombra T1.....	26
Figura 7. Índice de área foliar bajo tres niveles de sombra.....	27
Figura 5. Curva de crecimiento de la longitud del fruto del clon EETP – 80.....	27
Figura 8. Estimación de la Producción en cacao clon EETP – 801.....	28
Figura 9. Estimación del Rendimiento en cacao clon EETP – 801.....	28
Figura 10. Análisis de la humedad de la almendra del cacao clon EETP - 801	29
Figura 11. Análisis de la ceniza de la almendra del cacao clon EETP - 801	30
Figura 12. Análisis de la proteína de la almendra del cacao clon EETP - 801	31
Figura 13. Análisis de la Acidez de la almendra del cacao clon EETP - 801	31
Figura 14. Grados Brix en cada tratamiento del Cacao clon EETP-801	32

Índice de anexos:

Anexo 1, figura 1. Ajuste de Malla Sarán	48
Anexo 1, figura 2. Medición de tallo del cacao y longitud del fruto.....	48
Anexo 1, figura 3. Estomas en la hoja de cacao clon EETP 801 del T3 80%	49
Anexo 1, figura 4. Control de plagas del Cacao Clon EETP 801	49
Anexo 1, figura 5. Cosecha del Cacao Clon EETP 801	49
Anexo 1, figura 6. Peso de Mazorca, numero de Semillas del Caco Clon EETP 801 ..	50

Anexo 1, figura 7. Almendra y mucilago cálculo de Brix del Caco Clon ETTP 801 ..	50
Anexo 1, figura 8. Preparación de Almendras para análisis Bromatológicos	51
Anexo 1, figura 9. Peso de muestras de almendras para análisis Bromatológicos.....	51
Anexo 1, figura 1. Estufa para secar las semillas de cacao.	52
Anexo 2, tabla 1. Resultados del ANOVA de la variable número de Semillas	53
Anexo 2, tabla 2. Resultados del ANOVA de la ASTT a los 0 días y 111 días.....	53
Anexo 2, tabla 3. Resultados del ANOVA de la variable Longitud del fruto.....	54
Anexo 2, tabla 4. Resultados del ANOVA de la variable densidad estomática.	56
Anexo 2, tabla 5. Resultados del ANOVA de la variable IAF de la hoja de Cacao.	56
Anexo 2, tabla 6. Resultados del ANOVA de la variable Producción Kg/planta.	57
Anexo 2, tabla 7. Resultados del ANOVA de la variable Rendimiento Kg/ha.....	57
Anexo 2, Tabla 8. Resultados del ANOVA de la variable Clorofila	58
Anexo 2, Tabla 9. Resultados del ANOVA de la variable humedad	58
Anexo 2, Tabla 11. Resultados del ANOVA de la variable grasa	59
Anexo 2, Tabla 12. Resultados del ANOVA de la variable proteína.....	60
Anexo 2, Tabla 13. Resultados del ANOVA de la variable °brix.....	60
Anexo 2, Tabla 14. Resultados del ANOVA de la variable acidez.....	60
Anexo 3, figura 1. Análisis de suelo en la Estación Experimental Santa Catalina	61
Anexo 4. Certificación de traducción del resumen	63

1. Título

Influencia de sombra, sobre el rendimiento productivo en cacao (*Theobroma cacao* L.) clon EETP 801, Estación Experimental el Padmi, provincia de Zamora Chinchipe.

2. Resumen

Ecuador tiene uno de los mejores climas amazónicos donde se originó y se sigue produciendo el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L), siendo 20 % del área total plantada cultivada bajo sombra y un 80 % sin sombra la cual es la primordial forma de cultivar en diferentes sistemas agroforestales SAF, esto más el incremento paulatino de la demanda en los últimos años, se registran bajos rendimientos productivos debido al poco conocimiento de agricultores y estudios realizados sobre influencia de la sombra. Es por ello que en este estudio se evaluó el efecto de sombra sobre el rendimiento del cacao (*Theobroma cacao* L.) clon EETP 801, en la estación experimental El Padmi, provincia de Zamora Chinchipe, donde se estableció un diseño completamente al azar (DCA), con 3 tratamientos correspondiente a los tres niveles de sombra T1:0%, T2:35%, T3: 80% con 6 repeticiones cada una, la unidad experimental estuvo constituida por un árbol dando un total de 18 unidades experimentales. Las variables vegetativas y de rendimiento fueron; diámetro de copa, área de la sección transversal del tronco (ASTT), densidad estomática, índice de área foliar (IAF), clorofila, longitud del tallo, numero de semillas por fruto, producción, rendimiento, humedad, ceniza, grasa y proteína. El efecto de los tratamientos sobre las variables dependientes se evaluó mediante ANOVA y test de medias (Tukey) ($p > 0,05$) donde se diferenció la densidad estomática T3 80 % con diferencias significativas con un número de estomas 873 estomas por mm^2 superior a los demás tratamientos T1 y T2, con el resto de variables estudiadas no se encontraron diferencias significativas, evidenciando la adaptación las condiciones climáticas del Padmi de la provincia de Zamora Chinchipe. Finalmente, se realizó pruebas de correlación (Índice de Correlación de Pearson 95%) las cuales se consideraron: el diámetro de copa con densidad estomática donde se encontró una correlación de Pearson positiva 0.69 con diferencia significativa 0.041, rendimiento con Proteína donde encontramos correlación de Pearson 0.76 con diferencia significativa 0.029 y diámetro de copa con humedad donde se encontramos correlación de Pearson negativa -0.84 con diferencias altamente significativas 0.0093 donde el aumento de humedad llega ser la variable climatológica condicionante en el crecimiento y rendimiento con la posible presencia de hongos del género *Phytophthora* en el cultivo de cacao Clon EETP 801.

Palabras clave: *Theobroma cacao* L, niveles de sombra, producción, rendimiento

2.1 Abstract

The Amazonian climate in Ecuador is one of the best for cultivating cocoa (*Theobroma cacao L.*), with 20% of the total plant area under shade and 80% without shade, which is the primary form of cultivation in various agroforestry systems SAF, plus the gradual increase in demand in recent years. Due to poor farmer knowledge and studies on the impact of shade, low yields have been recorded in recent years. This study evaluated the effect of shade on the yield of cocoa (*Theobroma cacao L.*) clone EETP 801, in the experimental station El Padmi, province of Zamora Chinchipe, where a completely randomized design (CRD) was established, with 3 treatments corresponding to the three levels of shade T1: 0%, T2: 35%, T3: 80% with 6 replications each, the experimental unit consisted of a tree giving an overall of 18 experimental units. Among the vegetative and yield variables were: crown diameter, trunk cross-sectional area (ASTT), stomatal density, leaf area index (LAI), chlorophyll, stem length, number of seeds per fruit, production, yield, moisture, ash, fat and protein. The effect of the treatments on the dependent variables was evaluated by ANOVA and Tukey test of means ($p > 0.05$) where the stomatal density T3 80% showed significant differences with a number of stomata 873 stomata per mm² higher than the other treatments T1 and T2, with the rest of the variables studied no significant differences were found, showing the adaptation to the climatic conditions in Padmi in Zamora Chinchipe. Lastly, correlation tests (Pearson Correlation Index 95%) were performed which considered: crown diameter with stomatal density where a positive Pearson correlation 0.69 with significant difference 0.041, yield with protein where it was found a Pearson correlation 0.76 with significant difference 0.029 and crown diameter with humidity where a negative Pearson correlation was found -0.84 with highly significant differences 0.0093. 029 and cup diameter with humidity where it was found a negative Pearson correlation -0.84 with highly significant differences 0.0093 where the increase in humidity becomes the conditioning climatological variable in growth and yield with the possible presence of fungi of the genus *Phytophthora* in the cocoa crop Clone EETP 801.

Key words: *Theobroma cacao L.*, shade levels, production, yield.

3. Introducción

El cacao (*Theobroma cacao* L) es un cultivo perenne de importancia a nivel productivo en los países latinoamericanos y de gran valor económico, social, ambiental y sobre todo cultural en sus zonas de producción. En los países del continente Americano contribuyen con el 16,7 % de la producción mundial sembrada, siendo el segundo por debajo del continente Africano, que es el responsable del 73 % de la producción y del 64 % de la superficie sembrada de cacao (Sánchez *et al.*, 2017). En Ecuador el cultivo del cacao ocupa el sexto lugar con una participación del 3,68 % de exportaciones, con una área sembrada de 590 579 hectáreas, con una producción total de 327 millones Tm (Abad, 2021). Ecuador en el año 2019 pudo colocarse en el primer puesto en exportaciones en América y ocupando el cuarto puesto a nivel mundial, lo que significa un aumento en la producción de 27 % en los últimos 15 años. En el periodo 2018 el cacao fino en grano representa el 86 % del total de estas exportaciones lo que significó ingresos de 710 millones de dólares; para el período enero – mayo 2020, se ha exportado un total de 114.899 Tm de producto, incluyendo cacao procesado y en polvo. Según datos del año 2016 la producción se concentró en la región costa, constituyendo el 79,68 % de la superficie plantada (ha) y el 79,13 % de la producción. Las provincias de la costa que aportaron en el año 2016 a la producción nacional de cacao fino de aroma, fueron en el orden: Guayas, Los Ríos, Manabí, Esmeraldas y El Oro (Sánchez *et al.*, 2017). La provincia de Zamora Chinchipe tiene una superficie cultivada 848.8 ha, se divide en tres sistemas de siembra: el 62,42% sembrado bajo un sistema de asociación con plátano, el 21,42% en forma de monocultivos y el 16,32% se establece bajo sistemas agroforestales principalmente guabos, porotillos y laurel (Peña, 2020).

La media del rendimiento en América Latina y el Caribe (ALC) está en 0,39 toneladas por hectárea y el mundial está en 0,44. Cabe señalar, que este índice no es uniforme en todos los países de ALC, ya que Bolivia, Perú, Honduras, Granada y Haití reportaron rendimientos superiores a la media mundial; mientras que Colombia y Venezuela mostraron rendimientos superiores a la media de ALC. Finalmente, Brasil, Ecuador, México y República Dominicana reportan promedios por debajo de la media de ALC (Peña, 2020) . Ante esta problemática y ante la gran demanda del cacao ecuatoriano se generó tras dos décadas de investigación el clon INIAP EETP 801, un cacao fino de aroma con alta precocidad. Este clon expresa un alto grado de adaptación en la parte media y alta de la cuenca del río Babahoyo, noroccidente de Pichincha y norte de Guayas,

hasta una altura máxima de 600 msnm, zonas donde el potencial genético de los mencionados clones expresa su mejor comportamiento comercial (Loor *et al.*, 2018). El clon INIAP EETP 801, resultado de más de dos décadas de arduo trabajo en mejoramiento genético, que muestra la posibilidad de incrementar significativamente la producción por hectárea a niveles iguales o superiores del buen y aromático cacao Nacional fino clon INIAP EETP CCN51 (Loor *et al.*, 2018).

Por otro lado el cacao es una especie sensible a la intensidad lumínica y por sus características genéticas requiere de ciertos niveles de sombra, ya que puede provocar defoliación de las puntas de las ramas, y aumentar la acción de insectos chupadores que intensifican su actividad debido a un inadecuado sombreado, especialmente el exceso de sombra puede causar la presencia de hongos del género *Phytophthora* (Paredes, 2009).

En la región amazónica de Ecuador, el cacao se cultiva en las provincias de Napo, Pastaza, Morona Santiago y Zamora Chinchipe. En la provincia de Zamora Chinchipe se siembra cacao en los valles del corredor fluvial del río Zamora – Nangaritza, que es una microrregión con gran potencial para la producción de este cultivo, la cual se caracteriza por tener un clima húmedo con precipitaciones que van desde los 2 000 hasta más de 3 000 mm por año, con temperaturas que fluctúan entre 20,8° y 22°C y un rango altitudinal entre 850 a 1000 msnm, óptimos para la producción (Ramírez, 2019). El propósito de este estudio es generar información sobre el efecto de la sombra en la producción de cacao del Clon EETP 801 y brindar información y conocimiento confiable para uso agrícola con el objetivo de incrementar la productividad de este cultivo. Consigo traerá múltiples beneficios sociales y económicos para los agricultores del país y en especial para agricultores de la provincia de Zamora Chinchipe.

Objetivo General

Evaluar el efecto de sombra sobre variables vegetativas y rendimiento del cacao (*Theobroma cacao* L.) clon EETP 801, en la estación experimental El Padmi, provincia de Zamora Chinchipe.

Objetivos específicos

- Analizar la influencia de sombra sobre variables vegetativas en cacao (*Theobroma cacao* L.) clon EETP 801, bajo las características de suelo y medioambientales de la provincia de Zamora Chinchipe.

- Determinar el rendimiento de tres distintos niveles de sombra 0%, 35% 80 %, sobre el cacao (*Theobroma cacao* L.) clon EETP 801, de la provincia de Zamora Chinchipe.

4. Marco teórico

4.1 Generalidades del Cacao (*Theobroma cacao* L.)

Los principales productores son África del Oeste, América Central, Sudamérica y Asia, siendo también los mayores exportadores, con excepción de Brasil y Malasia cuyo consumo interno absorbe la mayor parte de su producción. Actualmente, la producción mundial de cacao es de 5 596 397 t con un rendimiento promedio de 457,4 kg/ha, siendo África el principal productor (FAO, 2019).

Existen estudios donde manifiestan que el origen tiene lugar en los trópicos húmedos de América del Sur, en la zona alta amazónica del Ecuador, demostrado por los hallazgos de restos arqueológicos en Santa Ana-La Florida (SALF) en el sureste de Ecuador, así misma domesticación a nivel de producción del cacao se encuentra en Mesoamérica entre México, Guatemala y Honduras, donde su uso está atestiguado alrededor de dos siglos antes de Cristo. Igualmente estudios recientes demuestran que por lo menos una variedad de *Theobroma cacao* tiene su punto de origen en la Alta Amazonía y que ha sido utilizada en la región por más de 5000 años (Alcívar, 2015).

4.1.1 Taxonomía

Según Soria (2016), el cacao pertenece a la siguiente clasificación ;

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliópsida

Orden: Malvales

Familia: Malvaceae

Género: *Theobroma*

Especie: *Theobroma cacao* L.

4.2 Morfología y fisiología del cacao

4.2.1 Árbol

Es un árbol mediano, aunque puede alcanzar los 20 m de altura o más, cuando crece bajo sombra intensa. Tiene un tronco principal recto, que alcanza 0,8 a 1,2 m de

longitud, donde crece el primero monillo. La altura es un factor genético muy estable, y se hereda con un par de genes aditivos; en cultivo, se mantiene normalmente entre 4 y 8 metros de altura (Enríquez, 2010).

4.2.2 Tallo

El tallo es glabro o parcialmente pubescente en ejes jóvenes. La corteza es oscura, gris-café (Dostert *et al.*, 2011).

4.2.3 Hojas

Son simples, enteras y pigmentadas variando mucho la pigmentación, de color verde hasta rojo. El peciolo normalmente es largo de 7 cm a 9 cm y el tamaño de la hoja varía mucho con respecto a la radiación que es expuesta: entre un exceso de radiación la hoja es más pequeña (Enríquez, 2010).

4.2.4 Inflorescencias

Se localizan en la base de las hojas alrededor de la cicatriz y de la yema axilar que deja una hoja al madurar y caer. El pedúnculo tiene una longitud de 1 a 3 centímetros. El cáliz es gamosépalo, con sépalos verdosos de tonos blancos o rosa claro de 5 a 8 milímetros de largo y 1,5 a 2 mm de ancho. La corola es dialipétala, con pétalos de color amarillento, glabros, con la parte inferior redondeada, de una longitud de seis a nueve milímetros de largo. Los estambres son 10 y lineares; cinco estambres fértiles se alternan con cinco estaminodios; todos los estambres están fusionados en la base formando un tubo; los estambres fértiles son de 2,5 a 3 mm de largo y están dispuestos frente a los pétalos; los estaminodios son violeta y de 6,5 a 7,5 mm de largo. El ovario es de dos a tres milímetros de largo, anguloso – ovado, ligeramente pentagonal y pentámero (Enríquez, 2010).

4.2.5 Fruto

El fruto es una baya grande, denominada por muchos “mazorca”, polimorfa, esférica a fusiforme, con 5 a 10 surcos longitudinales; de color púrpura o amarillento en su madurez, glabra, de 10 hasta 35 cm de largo y con un diámetro aproximado de siete centímetros, con un peso que varía de 200 a 1000 g. El endocarpio es de cuatro a ocho milímetros de grosor, duro y carnosos, y leñoso en estado seco (Dostert *et al.*, 2011).

4.2.6 Semillas

Las semillas son de color café – rojizas, ovadas, ligeramente comprimidas, de 20 a 50 mm de largo, de 12 a 16 mm de ancho y 7 a 12 mm de grosor (Dostert *et al.*, 2011).

4.2.7 Raíz

La raíz es pivotante es decir que penetra hacia abajo, crece de 120 cm a 150 cm. Un poco por debajo del cuello de la raíz, nacen raíces secundarias, y el mayor volumen (entre 85 % y 90 %) se encuentra en los primeros 25 cm de profundidad del suelo alrededor del árbol, aproximadamente en la superficie de su propia sombra (Enríquez, 2010).

4.3 Grupos Genéticos.

En forma general se conoce que el cacao se divide genéticamente en tres grandes grupos: Criollos, Forasteros y una mezcla entre los dos denominados híbridos Trinitarios (Enríquez, 2010).

4.3.1 Criollo

Este cacao Criollo comprende árboles delgados, con frutos de cubierta delgada y escultrada. En estado inmaduro, la cáscara es de color rojo o verde, tornándose amarilla y anaranjado rojizo en la madurez. Las almendras son gruesas casi redondas, con cotiledones ligeramente pigmentados. Este tipo de cacao requiere de dos a tres días para completar su fermentación, es muy aromático, y comercialmente se enmarca dentro de los llamados cacaos finos (Enríquez, 2010).

4.3.2 Forastero

Es un complejo bastante grande, que aún no se encuentra bien definido y clasificado. Se incluyen todos los llamados cacaos corrientes de Brasil y los cultivados en el oeste africano, los cuales son originarios de la cuenca superior del Amazonas. Las flores de los cacaos Forasteros presentan estaminodios de color violeta y las mazorcas están dotadas de surco y rugosidad notable, aunque en otros casos son lisas y con extremos redondeados (Enríquez, 2010).

4.3.3 Trinitario

Este grupo es genéticamente muy heterogéneo y, morfológicamente, muy polimorfo, no siendo posible delimitarlo a través de características comunes. Pertenece

botánicamente a un complejo constituido por poblaciones híbridas entre los grupos criollos y forasteros, existiendo diferentes niveles de cruzamiento, lo que indica el grado de calidad. De este material, se han seleccionado la mayoría de las variedades de cacao que se explotan en el mundo (Enríquez, 2010).

4.4 Cacao nacional de Ecuador

Presenta características semejantes al tipo forastero, sin embargo, existen pocas plantaciones puras, predominando plantaciones producto del cruzamiento natural con materiales introducidos de Venezuela y Trinidad, denominadas complejo Cacao Nacional Trinitario. Las mazorcas son amelonadas, con estrangulaciones en la base y en el ápice de la misma, con surcos y lomos poco profundos. La semilla presenta colores desde violeta pálido a lila, aunque en algunas ocasiones son blancas (Paredes, 2009).

4.4 Clones

Según Paredes, (2009), los clones son variedades producidas por el hombre, que suelen identificarse con letras y números provenientes de su investigación, algunos de los más significativos son: Clon CCN-51, Clon INIAP EETP-800 y Clon INIAP EETP-801.

4.4.1 Clon INIAP EETP-801

Denominado también “Fino Pichilingue”, es un cacao fino y de aroma, con producción igual o superior al clon CCN-51, con mayor precocidad. Las zonas recomendadas para la producción de este clon son la parte media y alta de la cuenca del río Babahoyo, noroccidente de Pichincha y norte de Guayas. El fruto es de forma oblonga, con valores promedios de largo y ancho de mazorca de 21,8 cm y 10,1 cm, respectivamente. La fruta es de color amarillo, con semillas con valores promedios de 2,68 cm y 1,26 cm, de largo y ancho, respectivamente. Al ser tolerante a enfermedades como escoba de bruja, moniliasis y mal de machete, y al presentar un hábito de crecimiento de copa semi – erecta, presenta un promedio de 18 mazorcas por árbol, dando como resultado un rendimiento de 2 000 kg/ha por año (Peña, 2020).

4.5 Condiciones Edafoclimáticas óptimas para el cacao

4.5.1 Altitud

El nivel adecuado para el cultivo se encuentra entre los 0 y 750 msnm, sin embargo, en las zonas tradicionales de producción en la Amazonía, se cultiva en un rango de 150 a 800 msnm (Paredes, 2009).

4.5.2 Temperatura

La temperatura óptima de desarrollo del cacao se encuentra alrededor de 23 °C, siendo los límites 26 y 21 °C; cuando son menores a 21 °C casi no hay floración, sin embargo, el cultivo puede crecer en temperatura no menores a 15 °C, pero en estas condiciones, su desarrollo es nulo (Enríquez, 2010). Por otro lado, las temperaturas en las que el cultivo se desarrolla en la Amazonía varían de 23 a 26 °C (Paredes, 2009).

4.5.3 Suelo

El cacao requiere suelos ricos, profundos, francos arcillosos, con buen drenaje y topografía regular. Al tener raíces secundarias superficiales (a 25 cm del cuello de la planta), se requiere una capa orgánica en el suelo estable (Horizonte Ao), por ello es que el suelo debe presentar hojarasca y materia orgánica todo el tiempo. El pH óptimo oscila entre 6,0 y 6,5, aunque tolera rangos de 4,5 hasta 8,5, donde la producción es decadente (Enríquez, 2010).

4.5.4 Precipitación

La cantidad de lluvia anual que satisface las necesidades del cultivo oscila entre 1 500 mm y 2 500 mm anuales en las zonas bajas cálidas, y de 1 200 mm a 1 500 mm anuales en las zonas más frescas o valles altos (Enriquez, 2010); No obstante las precipitaciones en la Amazonía se encuentran en un rango de 2 500 a 3 500 mm anuales, pero al presentar suelos drenados, se vuelven rangos satisfactorios para el cultivo (Paredes, 2009).

4.5.5 Humedad relativa.

El cacao necesita una humedad relativa de aproximadamente el 80 %. La apertura de la estoma en las hojas de cacao está relacionada con la humedad relativa del aire (HR): las 8 estomas se mantienen más abiertos a una humedad más alta que una humedad más baja. Sin embargo, probablemente debido a una alta transpiración cuticular, el cierre del estoma no siempre controla de manera eficiente la pérdida de agua (García *et al.*, 2015)

4.5.6 Luminosidad

El cacao cuando es joven requiere de una sombra relativamente densa que permita el paso del 30 a 50 % de la luminosidad total recibida en el sitio. Este aspecto ejerce un efecto regulador en la temperatura del suelo que si se eleva por encima de 38 °C deprime la actividad microbiana, actuando en contra de la absorción de los pelos radicales y

acelerando la pérdida de humedad. Ha medida que crece la planta, es recomendable reducir progresivamente la sombra para permitir el paso del 70 % de la luminosidad, o más, si se trata de plantaciones sembradas con alta densidad (Enríquez, 2010).

4.6 Sombra en Cacao

La acción directa de la luz o luminosidad es primordial para activar la fotosíntesis, proceso mediante el cual la planta a través de las hojas elabora sus compuestos nutricionales en presencia de luz solar, agua y nutrientes que toma del suelo. En una plantación sin sombra, la fotosíntesis es mucho más intensa que en una con sombra (Enríquez, 2010).

El cacao es una especie típica de penumbra o especie umbrófila (amiga de la sombra). Sin embargo, para obtener los máximos rendimientos por unidad de área, se requiere de una sombra equilibrada cuyo porcentaje a manejar está en relación con la fertilidad del suelo (Dostert *et al.*, 2011).

La evidencia experimental indica que cuando el cacao se siembra en suelos con buena fertilidad, requiere menos sombra para su crecimiento y producción. Por el contrario, en suelos con baja fertilidad, el cacao requiere más sombra. En ambos casos, la disponibilidad de agua para el cultivo es fundamental. En un suelo de fertilidad pobre o marginal, con períodos de sequía prolongada, el exceso de luz puede afectar el rendimiento en forma negativa, debido a que la planta es exigida a través del proceso fotosintético a elaborar más alimentos, sin disponer de las condiciones para ello (nutrientes y humedad); además, se provoca el estrés en la planta por causa de la deshidratación y la acción quemante del sol sobre las hojas, por causa de las altas temperaturas que caracterizan los períodos de verano en el trópico (Detlefsen, 2015)

Para la determinación del nivel óptimo de sombra se establece una escala de calificación de cuatro niveles: a) sin sombra, b) poca sombra, c) sombra media y d) mucha sombra, que resulta de ayuda al momento de definir el tipo de sombra que se debe establecer en función de las condiciones y características de las plantas de cacao (edad, espaciamiento, manejo de podas, fenología) y de las condiciones del sitio (pendiente, exposición, latitud, fertilidad del suelo) (Sánchez, 2017).

La sombra cumple muchas funciones en el ambiente, a más de proteger a la planta de cacao: protege al suelo en periodos prolongados de sequía, ayuda a defender al suelo de procesos dañinos de la erosión al detener las gotas de lluvia de un impacto directo al suelo, y de los procesos de lixiviación, contribuye directamente a incrementar la materia

orgánica en la superficie del suelo y por lo tanto al reciclamiento de los nutrientes, previene la pérdida directa del agua del suelo por medio de la protección a los rayos directos del sol, perseverando en forma más eficiente la vida biológica del suelo, como microorganismos, insectos, etc (Sánchez, 2017).

En Brasil la experiencia indicó que raleando parcialmente la sombra en unas 150 000 ha, reduciendo el número de árboles por hectárea de 80 a 25 o de 100 a 25 e incrementando el abonamiento mineral y otros cuidados culturales, hubo un aumento significativo de la producción, aunque fue necesario incrementar paulatinamente todos los tratamientos de fertilización y combate de plagas con altos costos.

La interacción de la luz con fertilidad es importante ya que, bajo una sombra intensa, una fertilización alta no aumenta mucho la producción; en cambio, con un sombreado ligero, el aumento de la fertilización incrementa considerablemente los rendimientos. Por lo tanto, en cada lugar se hace necesario encontrar la relación óptima de estos factores, considerando siempre el factor agua como importantes y la preservación del ambiente.

Los efectos y beneficios de la sombra al iniciar la plantación consisten principalmente en reducir la exposición a la luz solar y al movimiento del aire que puede perjudicar a las plantas de cacao. El cacao requiere de una sombra adecuada para evitar daños y lograr un buen desarrollo inicial, la sombra puede ser de tipo temporal durante los primeros años de la plantación temporal o permanente (Detlefsen, 2015).

4.6.1 Sombra temporal

Brindar sombra temporal a las plantas de cacao jóvenes les ayuda a obtener un crecimiento más rápido, contribuye a reducir la evapotranspiración y genera cobertura ante la radiación solar directa. Las especies de sombra temporal se deben plantar con anticipación dependiendo del tipo de especie que se emplee, esto puede ser de entre 1 mes a 6 meses antes del trasplante de las plántulas. Estos cultivos solo se quedan en la parcela hasta que el cacao desarrolle totalmente su follaje, en algunos países la duración de la sombra puede variar entre 2 y 5 años (Tabla 1) (Sánchez, 2017).

Las plantas empleadas como sombra temporal deben tener las siguientes características

- Ser precoz, rústica y de rápido crecimiento.
- Tener porte erecto y presentar resistencia al viento.

- Poseer buena copa para disminuir la acción de los rayos solares.
- Tener buena aptitud como mejorador de suelo.
- No ser huésped de plagas del cacao.
- El sistema radicular debe ser poco desarrollado, para evitar competencia.
- En lo posible debe tener valor comercial (Sánchez, 2017).

Tabla 1. Distancias utilizadas para los árboles de sombra temporal en cacao.

<u>Distancia entre plantas de sombra temporal al cuadro</u>	<u>País</u>	<u>Distancia entre plantas de sombra temporal tresbolillo</u>
4x4 - 3x3	Brasil, Costa Rica, Colombia, México, República Dominicana y Perú	4 x 4 x 4 – 3 x 3 x 3
3.5 x 3.5	Brasil, Colombia, Nicaragua, México	3.5 x 3.5 x 3.5

Fuente: Obtenido de (J. Sánchez & Arvelo, 2017).

4.6.2 Sombra permanente

Este tipo de sombra debe sustituir a la sombra temporal cuando el cultivo de cacao se haya desarrollado lo suficiente. La sombra permanente regula la temperatura, humedad y luz dentro del cacaotal, además se deben seleccionar árboles que no alojen plagas ni enfermedades que puedan afectar al cacao. Los árboles de sombra mejoran de forma permanente las propiedades del suelo incrementando la materia orgánica y facilitando el drenaje, así mismo el diseño experimental posee una pequeña variación con respecto al país (Tabla 2) (Sánchez, 2017).

Se recomienda que en cultivos empleados como sombra permanente se tengan las siguientes características.

- Tener una copa que permita el ingreso de los rayos solares.
- Tener un sistema radicular profundo, no competitivo con el cacao por agua y nutrientes.
- Ser de rápido crecimiento, durable y de buena capacidad de regeneración.

- Tener tolerancia a la acción de los vientos.
- No debe ser hospedero de plagas que causan daño al cacao (Sánchez, 2017).

Tabla 2. Distancias utilizadas para los árboles de sombra permanente en cacao.

<u>Distancia entre árboles de sombra</u> (metros)	<u>País</u>
9 x 9 – 12 x 12 – 15 x 15 – 21 x 21	Belice
15 x 15	Brasil
15 x 15 – 20 x 20 – 25 x 25	Colombia
6 x 6 – 9 x 9 – 12 x 15 – 15 x 15	Costa Rica
12 x 18	Cuba
25 x 25	Ecuador
8 x 8 – 12 x 12 – 20 x 20 – 28 x 28	México
7 x 7 – 7 x 10.5 – 14 x 14	Nicaragua
8 x 8 – 9 x 9 – 12 x 12 – 18 x 18 – 21 x 21 – 24 x 24	Perú
12 x 12 – 24 x 24	República Dominicana

Fuente: Obtenido de (Sánchez *et al.*, 2017).

Consecuencias del exceso de sombra en el cacaotal:

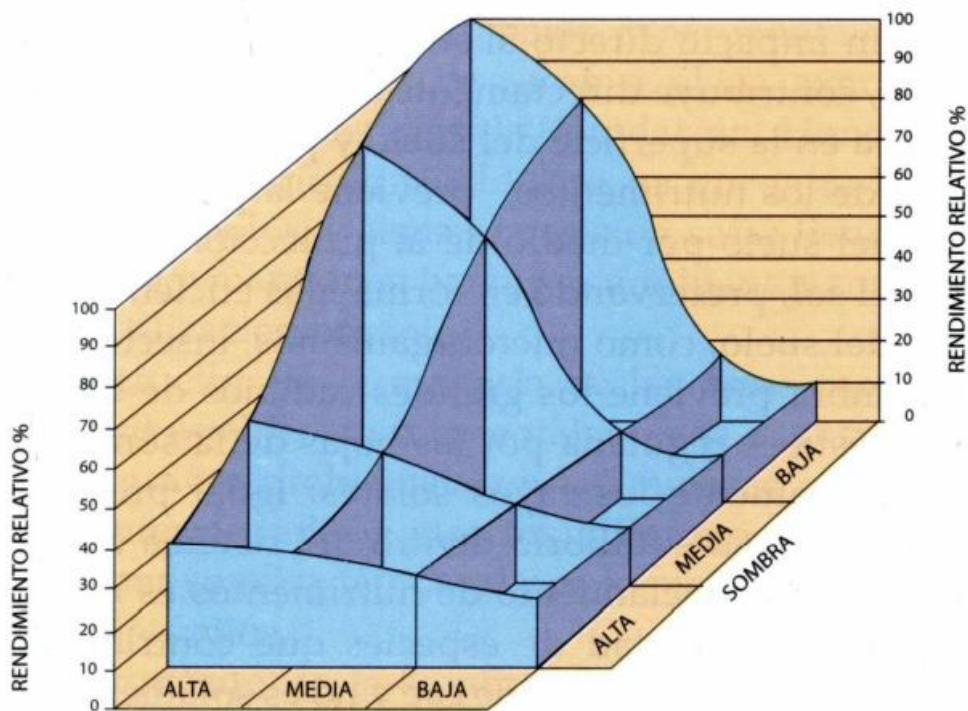
- Reducción de la floración y la fructificación.
- Reducción de la polinización.
- Incremento en el índice de enfermedades.

Consecuencias del déficit de sombra al cacao:

- Descompensación del árbol de cacao.
- Incremento de las plagas.
- Aumento de las malas hierbas.

4.7.1 Antecedentes

Para obtener los máximos rendimientos por unidad de área, se requiere de una sombra equilibrada cuyo porcentaje a manejar está en relación con la fertilidad del suelo (Figura 1).



Fuente: Obtenido de (Enríquez, 2010).

Figura 1. Sombra y Fertilidad en relación con la productividad

En Ghana (África) la evidencia experimental demuestra que los árboles de cacao a plena luz solar, después de algunos años de buena producción, comienza a disminuir su rendimiento y que los de reproducción vegetativa pierden más rápidamente la producción. En otros varios países también se ha podido observar que la eliminación completa de la sombra, en cacaotales de alguna edad, da por resultado un rápido incremento del rendimiento. Sin embargo, la plantación pronto se deteriorará por muerte regresiva (pérdida de hojas y muerte de ramas), enfermedades, ataques de insectos y finalmente por los árboles. Es necesario mantener un número de árboles permanentes de

sombra capaces de producir un 25 % a un 30 % de sombreado, según los factores ambientales (Enríquez, 2010).

5. Metodología

5.1 Ubicación del área de estudio

El proyecto de investigación se desarrolló en la Estación Experimental “El Padmi” de la Universidad Nacional de Loja, en la provincia de Zamora Chinchipe, cantón Yantzaza, parroquia Los Encuentros, barrio “El Padmi”, a 123 km de la ciudad de Loja (Figura 2). La Quinta tiene una extensión de 103.5 ha, entre una altitud de 775 a 1150 (m.s.n.m) y se encuentra ubicada en las coordenadas 3°51'S y 78°O (Armijos *et al*, 2019). El cantón Yantzaza cuenta con un clima cálido húmedo con una temperatura media anual de 19,3 °C, una precipitación anual de 1 856 mm, siendo el mes más seco agosto y el más húmedo abril, con promedios mensuales de 132 mm y 212 mm respectivamente (Climate-Data.org, 2022). La humedad relativa es >84%, con una nubosidad promedio del 87 % del tiempo (NASA, 2022).

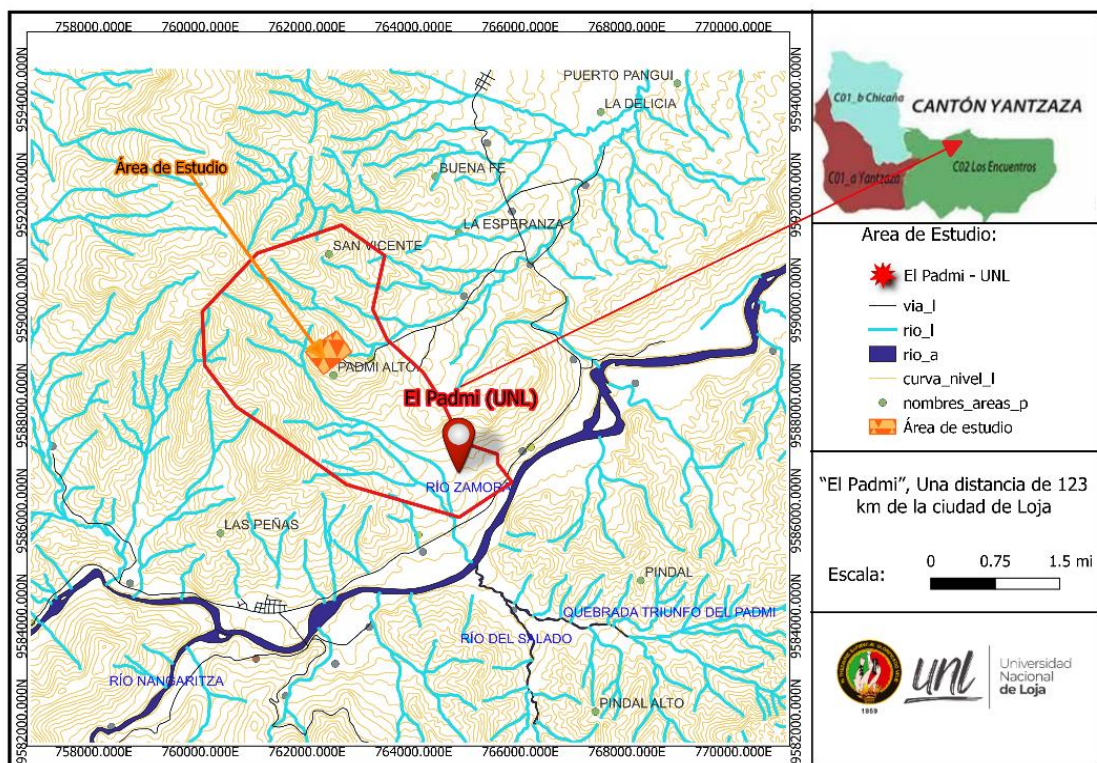


Figura 2. Localización del área de estudio (Estación Experimental El Padmi - UNL)

5.2 Metodología general

La investigación se realizó en dos fases: la primera se desarrolló en el campo y la segunda en el laboratorio. La fase primera de campo se basó en el reconocimiento del

cultivo en la zona ya establecida para seguidamente tomar datos, diámetro de copa, diámetro del tallo, largo y ancho de fruto en función de la aplicación de sombra al 0, 35 y 80 %, además de labores culturales como el control de la sombra, control de plagas y control de malezas en las plantas del cacao EETP 801; la fase de campo se llevó a cabo desde el 25 de febrero del 2022 hasta 15 de Julio del 2022 con un total de 180 horas. Todas las plantas establecidas tenían 2 años 5 meses de edad, su densidad de siembra fue de 4 m entre surco y 3.5 m entre plantas con una densidad de 714 plantas/ha, las cuales recibieron el mismo manejo agronómico con el fin de controlar posibles variaciones en los resultados finales.

Para ello, se realizó un análisis de suelo por parte del grupo de investigadores del macroproyecto, y los resultados obtenidos (Tabla 3) serán utilizados para realizar correcciones de suelo antes de la implementación de los tratamientos. El elemento deficiente es el Boro (B), y para su corrección se utilizó el fertilizante: Ácido Bórico, se aplicó lo recomendado por el fertilizante, 5 cucharadita (25g) de ácido bórico y en bomba de 20 litros.

Tabla 3. Análisis de suelos del área de estudio Estación Experimental Santa Catalina

<u>Nutrientes</u>	<u>Valor</u>	<u>Unidad</u>
N	155	ppm
P	31	ppm
S	15	ppm
K	0.48	meq/100g
Ca	15.85	meq/100g
Mg	2.17	meq/100g
Zn	6.1	ppm
Cu	5.8	ppm
Fe	297	ppm
Mn	1,3	ppm

B	0.90	ppm
---	------	-----

La segunda fase se realizó en el Laboratorio de Suelos y Bromatología de la Universidad Nacional de Loja, se obtuvieron datos de las almendras; humedad, ceniza, grasa y proteína, datos del mucilago; °Brix y acidez.

5.3 Diseño experimental

El diseño experimental que se aplicó es un diseño completamente al azar (DCA), con 3 tratamientos correspondiente a los tres niveles de sombra T1:0%, T2:35%, T3: 80% (Figura 3).

5.3.1 Modelo matemático para el DCA

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

y_{ij} : Variable respuesta

μ : Media general

α_i : Efecto del factor sombra

ε_{ij} : Error experimental

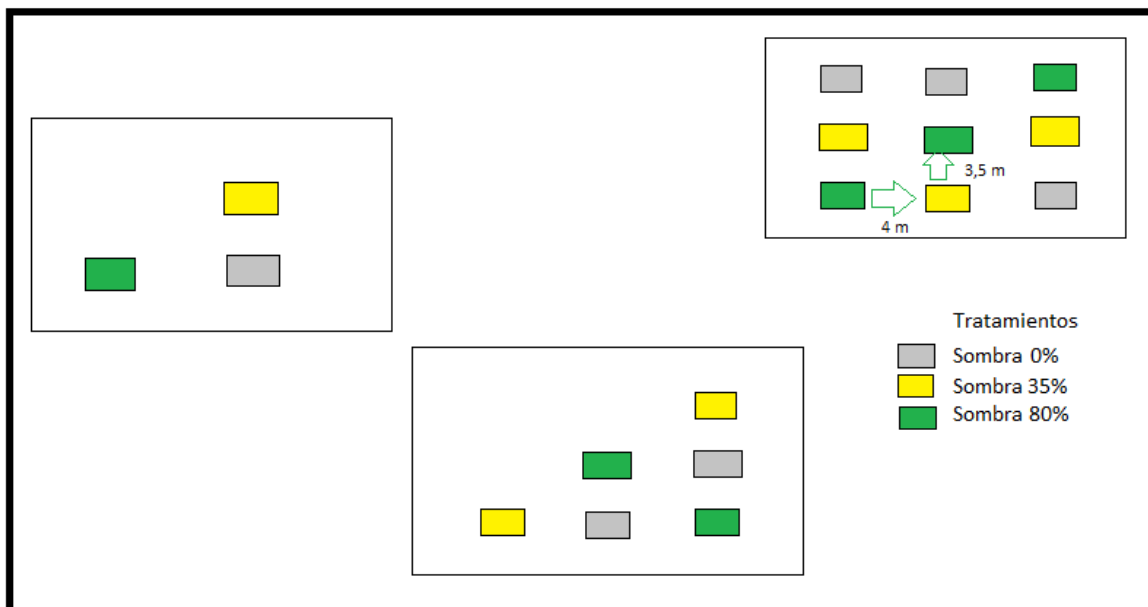


Figura 3. Modelo del diseño en campo

Delineamiento del diseño experimental

- Número de tratamientos (Niveles de Sombra): 3
- Número de repeticiones (Cada tratamiento): 6
- Unidad experimental: Una planta de cacao
- Número de Unidades experimentales: 18

5.5 Metodología para los Objetivos

5.5.1 Metodología para el primer objetivo: Analizar la influencia de sombra sobre variables vegetativas en cacao (*Theobroma cacao* L.) clon EETP 801, bajo las características de suelo y medioambientales de la provincia de Zamora Chinchipe.

5.5.1.1 Aplicación de tratamientos

Los tratamientos se encontraban ya establecidos mediante 3 niveles de sombra. Lo que se realizó fue un ajuste de las mallas serán a una altura de 2 m, se utilizaron palos, clavos y un martillo (Anexo 1, figura 1).

5.5.1.2 Área de sección transversal del tronco ASTT.

Se midió el perímetro del tronco a 10 cm desde el suelo con una cinta métrica, a partir del cual se calcula su área, utilizando la fórmula $ASTT=(C)^2 /4\pi$. Donde C es la circunferencia del tronco en cm, Esta medición se realizó una vez cada mes y se expresó en cm^2 (Anexo 1, figura 2).

5.5.1.2 Diámetro de copa

Se midieron en centímetros la copa de los árboles en cruz de Norte-Sur y Este a Oeste, luego se promediaron los valores tomando la copa del árbol como un círculo y se reemplazó en la fórmula del área de un círculo la fórmula $d=(d1+d2) /2$. Se realizó al final del ensayo. (Anexo 1, figura 2)

5.5.1.3 Longitud del fruto.

Se tomó la medida del fruto desde el ápice hasta la parte basal. Se marcaron 5 frutos por UE y se midió con cinta métrica mensualmente en cada fruto desde el estadio 72 (20 % del tamaño final del fruto) hasta el 81 (cosecha) (Anexo 1, figura 2).

5.5.1.4 Densidad estomática

Se realizó de acuerdo a la metodología de Priego (2003), la cual consiste en la aplicación de esmalte para uñas transparente en un área pequeña en el envés de la hoja. Después de que el esmalte se seca, la capa es removida y montada en un portaobjetos. Se tomaron dos hojas completamente expandidas por brote y dos muestras de cada hoja en

la región de la parte central entre las venas secundarias, y se observaron las estomas en un microscopio con el objetivo 10X y mediante el uso del programa Anfinity Analyze 5.0 se procedió a fotografiar marcando 3 cuadros de 1000 μm cada uno, siendo esta el área de conteo. El resultado se expresó en número de estomas por mm^2 (Anexo 1, figura 3).

5.5.1.5 Índice de área foliar (IAF)

Se utilizaron estimaciones alométricas, basadas en un análisis de regresión cuyo ajuste fue un modelo potencial para el ancho de la hoja considerando los resultados del área foliar obtenidos anteriormente y la superficie del suelo ocupada por la planta. Al medir el ancho del total de las hojas de la planta, se calculó el índice de área foliar de la planta (IAF) de cacao.

Para calcular el índice (adimensional) se utilizó la siguiente fórmula:

$\text{IAF} = \text{área foliar total de la planta} / \text{superficie del suelo ocupada por la planta.}$

5.5.1.6 Concentración de clorofila

El contenido de clorofila se determinó con un instrumento Minolta SPAD-502, que evalúa cuantitativamente la intensidad verde de las hojas y obtiene valores promedio de plantas seleccionadas al azar con tres hojas por planta. Esta medición se realizó una vez al final del experimento.

5.5.2 Metodología para el segundo objetivo: Determinar el rendimiento de los tres distintos niveles de sombra 0%, 35% 80 %, sobre el cacao (*Theobroma cacao* L.) clon EETP 801, de la provincia de Zamora Chinchipe

5.5.2.1 Número de semillas por fruto

Se cuantificó el número total de semillas de 5 frutos por planta, en estado de madurez fisiológica seleccionados para cada unidad experimental. (Anexo 1, figura 2).

5.5.2.2 Producción

Este parámetro se calculó multiplicando el peso fresco de la mazorca por el número de mazorcas (kg/planta) (Anexo 1, figura 5)

5.5.2.3 Rendimiento

Esta variable se calculó mediante el producto del peso del grano seco, el número de granos por fruto y el número de mazorcas por planta, a su vez, esta cantidad se dividió por la densidad de plantas (Anexo 1, Figura 5).

Además, se tomaron en cuenta las siguientes variables:

5.5.4. Análisis bromatológicos

5.5.4.1 Humedad

Se realizó en el Laboratorio de Suelos, Agua y Bromatología de la Universidad Nacional de Loja, según la metodología de Asociación de Comunidades Analíticas (AOAC, 2016), la cual para obtener la humedad se necesita determinar la materia seca del grano del cacao, donde se realizó a través de la materia seca del grano del cacao Clon EETP 801, donde se realizó dos mediciones en el peso de la muestra donde se colocó en los crisoles y pesó 2 gr por muestra en el crisol, posterior se llevó a una estufa MEMMERT a 105 °C durante una noche. A la mañana siguiente se retiró los recipientes con la muestra y se colocó en un desecador, hasta enfriar a temperatura ambiente finalmente volvió a pesar en balanza analítica y se digitalizaron los datos (Anexo 1, figura 8 y 10). Se aplicó la siguiente fórmula.

$$\% \text{ MSP} = \frac{\text{Peso de la muestra parcialmente seca}}{\text{Peso muestra TCO}} * 100$$

$$\% \text{ HI} = 100 - \% \text{ MSP}$$

Porcentaje de humedad inicial (%HI) = Porcentaje de humedad parcial (%HP)

5.5.4.2 Ceniza

Según la metodología (INEN, 2013) para obtener la ceniza se toma en cuenta dos muestras por cada repetición de cada tratamiento. La cual se tomaron 18 crisoles por las 9 muestras, los crisoles se encontraban previamente desinfectados en una mufla ajustada a (550 ± 15°C), durante 30 min donde se procedió a enfriar en el desecador y se pesaron las muestras con aproximación 4 g de cacao con EETP 801. Los crisoles con las muestras fueron pesados uno por uno en la balanza digital después los crisoles con su contenido cerca de la puerta de la mufla abierta y mantenerla allí durante pocos minutos, para evitar pérdidas por proyección de material. La mufla se ajustó a (550 ± 15°C) hasta obtener cenizas de cacao de un color gris claro se observaba que no se fundan las cenizas en el tiempo de 8 horas. Finalmente, se sacaron de la mufla y se dejó enfriar a temperatura ambiente por una hora y se llevó a pesar y digitalizar los datos (Anexo 1, figura 9). Para ello se aplicó la siguiente fórmula:

$$C = \frac{100(m3 - m1)}{100 - H(m2 - m1)}$$

En donde:

C = contenido de cenizas en harinas de origen vegetal, en porcentaje de masa.

m1 = masa del crisol vacío, en g.

m2 = masa del crisol con la muestra, en g.

m3 = masa del crisol con las cenizas, en g.

H = porcentaje de humedad en la muestra.

5.5.4.3 Grasa

Se procedió aplicar la metodología según Mereles *et al.* (2022), donde se procedió a preparar las almendras de cacao separando la cubierta y dejando pelada, posterior se molieron las muestras en un mortero hasta obtener una muestra homogénea, se tomaron 18 muestras en total entre los tres tratamientos. Se pesaron en la balanza analítica 5 gr de muestra de cacao Clon EETP 801, pesando el papel solo y luego pesar con el cacao. Luego se coloca el cucurucho en el sifón del aparato de Soxhlet y sobre el calentador un balón de 250 ml, previamente se registra el peso exacto del balón. Se agregaron 3 sifonadas de petróleo en el reservorio de solvente del sistema Soxhlet y se lo prendió por 12 horas para la extracción de la grasa. Se apago y se desmota el balón con el solvente se enfrió el balón a temperatura ambiente y se colocó equipo evaporador a vacío para eliminar algún residuo del solvente se puso en la estufa por 1 hora a 75°C. finalmente, se pesaron los balones en la balanza analítica y se calculó el porcentaje de lípidos totales en la muestra con las siguientes formula:

$$\text{Lípidos totales (g/100g)} = (P_{bm} - P_b) \times 100 / P_m$$

para contenido de lípidos sobre base seca (SBS)

Donde:

P_{bm}: peso en gramos del balón con aceite de la muestra.

P_b: peso en gramos del balón vacío.

P_m: peso en gramos de la muestra.

5.5.4.4 Proteína

Para la extracción de proteína se tomaron 18 muestras de cacao entre los 3 tratamientos y se realizó mediante el método Kjeldahl según (AOAC, 2001), la cual nos dice que para la determinación analítica del contenido en proteína total, se determina por lo general el contenido de nitrógeno (N) tras eliminar la materia orgánica con ácido sulfúrico (método de Kjeldahl), calculándose finalmente el contenido de proteína con ayuda de un factor (en general $f = 6.25$). Para el cálculo se utilizó la siguiente fórmula:

$$\text{Proteína total \%} = (V_{\text{Muestra}} - V_{\text{Blanco}}) \times N_{\text{Acido}} \times 1.4 \times F/G_{\text{Muestra}}$$

Donde:

V_{Muestra}: ml de ácido gastados en la valoración de la muestra

V_{Blanco}: ml de ácido gastados en la valoración del blanco

N_{Acido}: normalidad del ácido sulfúrico

0.014: peso del meq de nitrógeno, en g

F: factor de conversión de nitrógeno a proteína

G: muestra peso en g de la muestra

5.5.4.5 Acidez

Para el cálculo de la Acidez se pesó 10 gramos en un vaso el mucilago de las semillas de cacao Clon EETP 801, se disuelve con 50 ml de agua destilada, la dilución se sometió por 2 horas a fuego lento hasta su completa disolución se enfrió a temperatura ambiente, luego se procedió aforar a 100 ml. En la bureta se colocó una solución de 0.1N de NaOH. Se Trasvasó a un erlenmeyer 20 ml de la solución preparada y se fueron colocando gota por gota de fenoltaleína. Se realizó el viraje (esto hasta lograr tonalidad rosada persistente). Finalmente se calculó el porcentaje de acidez, de acuerdo al ácido de mayor porcentaje en la fruta cítrica del cacao que fue de meq 0.064 (AOAC, 2016) (Anexo 1, figura 7).

Para el cálculo de Acidez se aplicó la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de acidez} = \frac{V * N * meq * 100}{M}$$

Donde:

V: Volumen gastado en la titulación

N: Normalidad generalmente 0.1

meq: Valor de miliequivalente en gramos del ácido en el que se quiere expresar la acidez

5.5.4.6 Grados °Brix

Se procedió a partir el Cacao por la mitad y retirar las semillas con ayuda de un chuchillo se extrajo el mucilago en un mortero para tener toda la pulpa, con ayuda de una cuchara dosificadora colocamos la pulpa en un papel filtro para tomar una gota de la pulpa y colocar en el refractómetro, mirando finalmente el valor obtenido para las 9 muestras. (Anexo 1, figura 7).

5.5.5 Análisis Estadísticos

Para el análisis se tabularon los datos en una tabla de Excel y posterior se tomaron los datos para atraves del programa estadístico InfoStat versión 2020, realizando un Análisis de Varianza (ANOVA), para determinar si existieron, o no, diferencias significativas entre los tratamientos; en el caso que hubiera diferencias significativas entre los tratamientos, se realizó una prueba de TUKEY con un porcentaje del 95% (0.05) de confiabilidad, para así determinar cuál es el mejor tratamiento y se realizó pruebas de correlación (Índice de Correlación de Pearson 95%), entre las variables vegetativas; , área de la sección transversal del tronco (ASTT), diámetro de copa, densidad estomática, índice de área foliar (IAF), clorofila, longitud del tallo y de producción, rendimiento, humedad, ceniza, grasa, proteína, °Brix y acidez en el cacao Clon ETTP 801.

6. Resultados

6.1 Variables Vegetativas

6.1.1 Área de sección transversal del tronco ASTT.

Para la variable ASTT tanto al inicio como al final del ensayo no se encontraron diferencias significativas ($p = 0.321$) entre los tres tratamientos de sombra, donde el incremento se mantuvo desde 9.28 cm^2 a 10.27 cm^2 para el T1 y T2 respectivamente (Tabla 4).

Tabla 4. Área de la sección transversal del tronco (ASTT) de cacao clon EETP 801

<u>Tratamiento</u>	<u>ASTT (cm²)</u>		<u>Incremento ASTT (cm²)</u>
	<u>0 días</u>	<u>111 días</u>	
0%	36,46	45,74	9,28
35%	25,37	35,64	10,27
80%	29,65	39,52	9,87

6.1.2 Diámetro de copa

Con respecto al diámetro de copa los tres tratamientos a los 0 días, comparados con los tres tratamientos a los 111 no presentaron diferencias significativas ($p = 0.5122$) con un diámetro de copa que va desde los 180 cm a los 272 cm del cacao Clon EETP 801 (Figura 4).

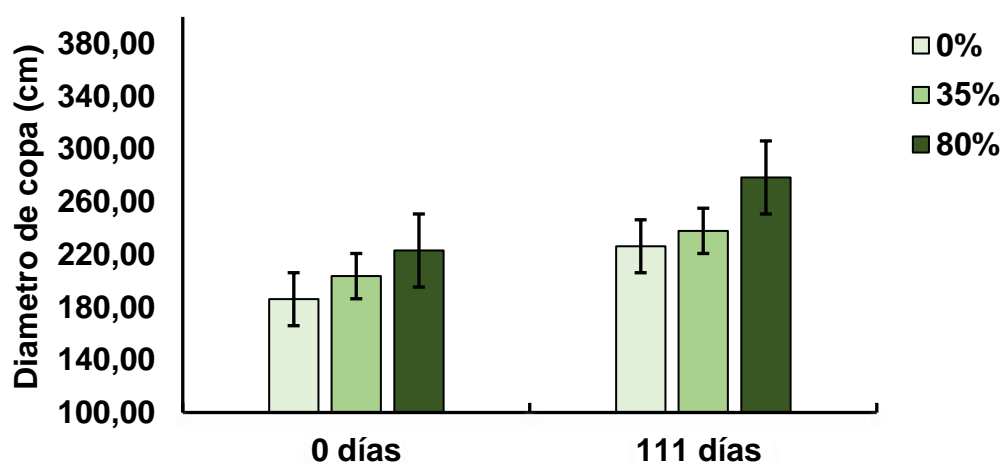


Figura 4. Diámetro de copa a los 0 días y a los 111 días después del tratamiento en cacao clon EETP 801.

6.1.3 Densidad estomática

En el tratamiento de 80% se obtuvo una mayor densidad estomática (DE), correspondiente a 872,77 estomas/mm² existiendo diferencias significativas ($p = 0,001$) en comparación con los tratamientos de 0% y 35% que no presentaron diferencias significativas entre si ($p > 0,05$) (Figura 6).

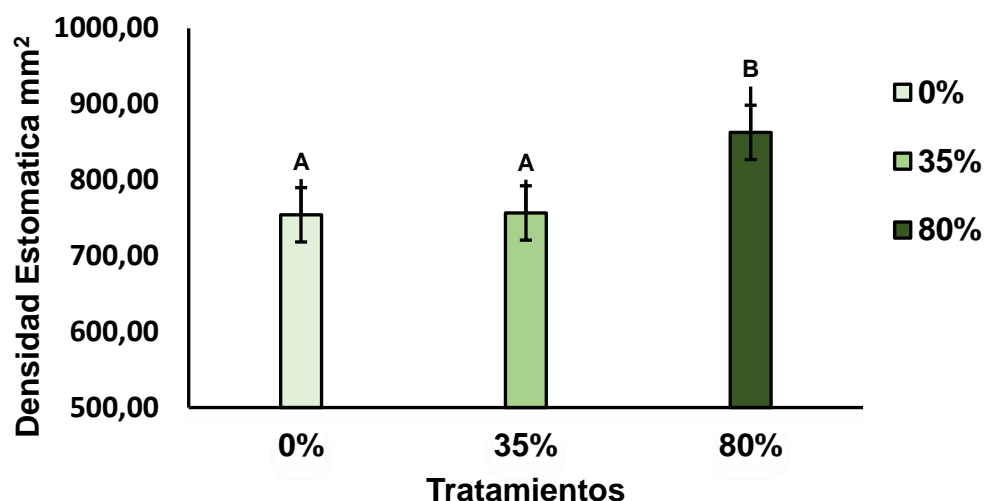


Figura 6. Densidad estomática mm² bajo tres niveles de sombra T1 (0%), T2 (35%) y T3 (80%) en el cultivo de cacao EETP 801

6.1.4 Índice de área foliar (IAF)

Los resultados con respecto IAF muestran que el T1, T2, T3 no presentaron diferencias significativas ($p = 0,3156$), los valores van desde 1.22 a 1.68 (Figura 7).

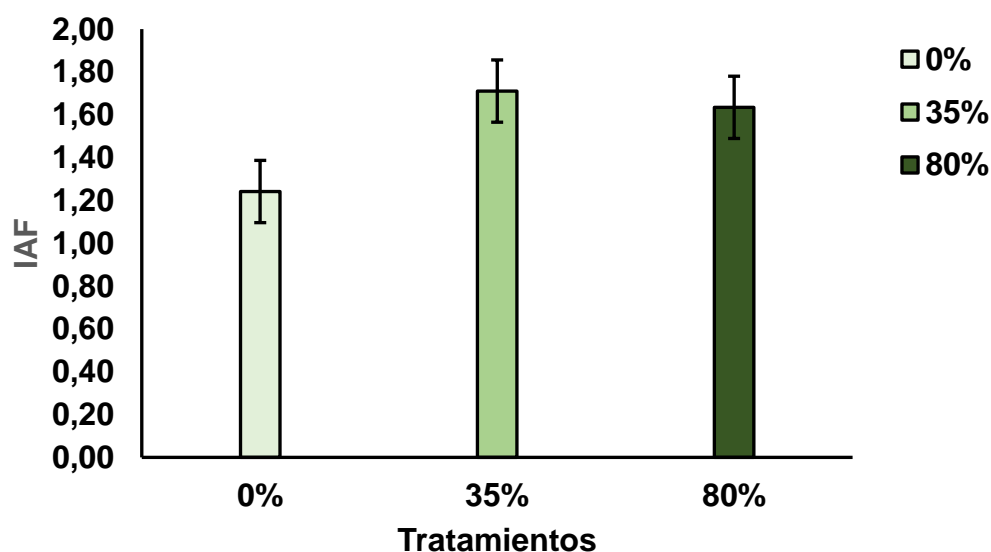


Figura 7. Índice de área foliar bajo tres niveles de sombra en el cultivo de cacao EETP-801

6.1.5 Concentración de clorofila

En el análisis de la concentración de clorofila del clon EETP 801 no se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($p > 0.05$), las medias varían desde T1 53.65 nm a T3 59.55 nm.

Tabla 5. Concentración de clorofila en hojas de cacao Clon EETP 801

<u>Tratamiento</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>
0 %	53,65	6	5,76 A
80 %	54,65	6	5,76 A
35 %	59,55	6	5,76 A

6.1.6 Longitud del fruto.

Los resultados con respecto a la longitud del fruto a los 0, 24, 38 y 58 DDT no se hallaron diferencias significativas ($p > 0.05$) los valores medios se mantuvieron desde el T3 (80%) 19,96 cm a los 25.21 cm T2 (35%), en el cultivo de cacao clon EETP 801 (Figura 5).

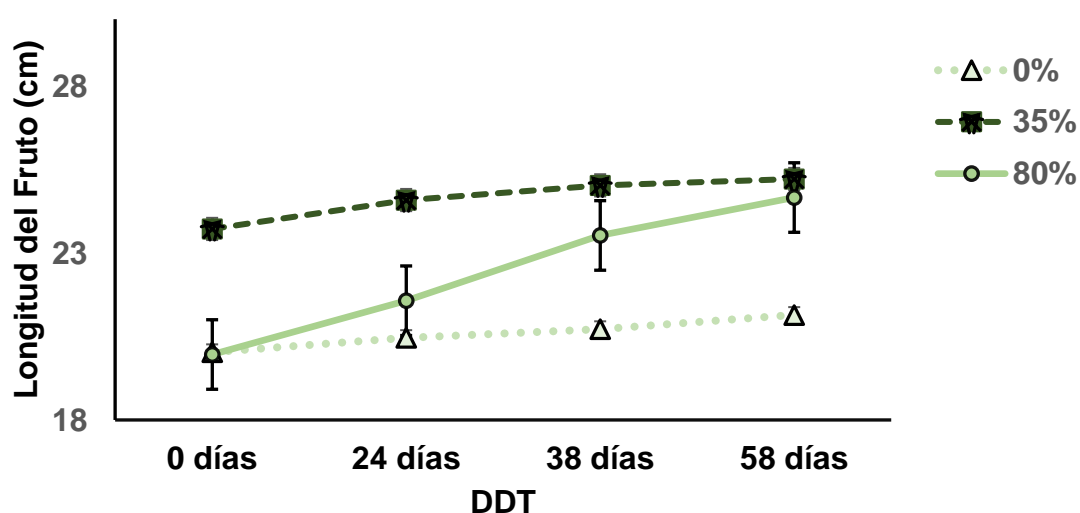


Figura 5. Curva de crecimiento de la longitud del fruto del clon EETP - 801

6.2 Variables productivas

6.2.1 Producción

No se encontraron diferencias significativas en la producción de cacao ETTP 801 ($p = 0.0510$), variando entre 115.11 a 170.90 kg/planta en el T3 (80 %) y T2 (35 %) respectivamente (Figura 8).

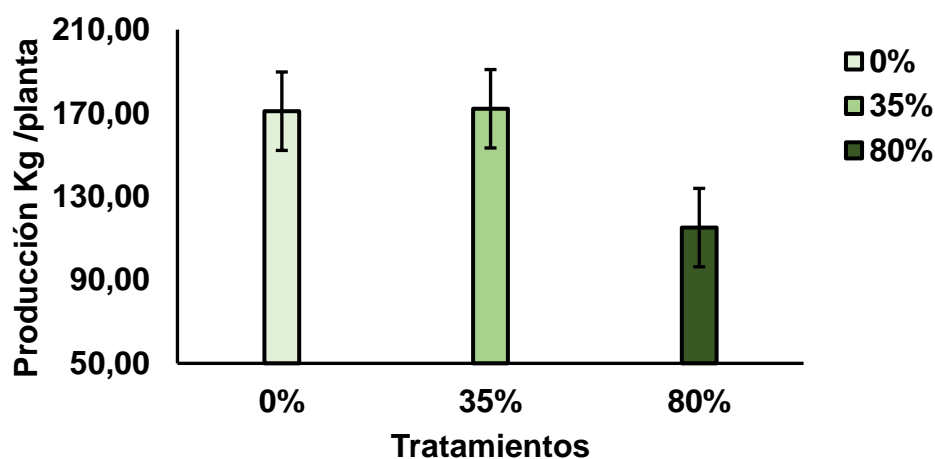


Figura 8. Estimación de la Producción en cacao clon EETP - 801

6.2.2 Rendimiento

No se encontraron diferencias significativas en el rendimiento de cacao ETTP 801 ($p = 0.723$), variando entre 159.34 a 186.54 kg/ha en el T3 (80 %) y T2 (35 %) respectivamente (Figura 9).

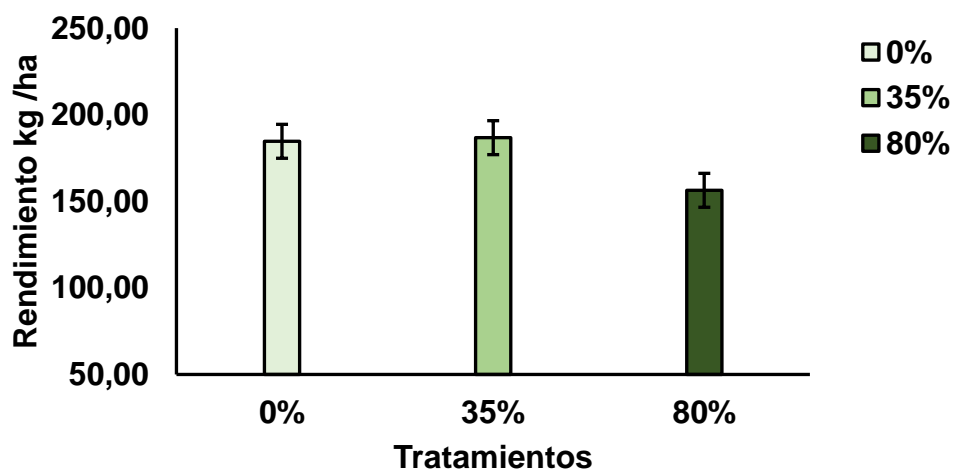


Figura 9. Estimación del Rendimiento en cacao clon EETP - 801

6.2.3 Número de semillas por fruto

Se obtuvo un promedio de 38.33 semillas en el tratamiento del 0%, así mismo un promedio de 39.67 semillas en 35 % y 29.00 semillas en el Tratamiento 80 %, mostrado que no existe diferencias significativas ($p = 0.3107$) con respecto a la sombra.

Tabla 6. Numero de Semillas estimado por tratamiento en cacao clon EETP – 801

<u>Tratamiento</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>
0%	38.33	3	4.80 A
80%	29.00	3	4.80 A
35%	39.67	3	4.80 A

6.3 Análisis bromatológicos

6.3.1 Análisis de la humedad de la almendra del cacao Clon ETTP 801

En el porcentaje de humedad no existieron diferencias significativas ($p = 0,2999$), los valores en los tres tratamientos se mantienen entre 5.46 % y 5.87 %. (Figura 10).

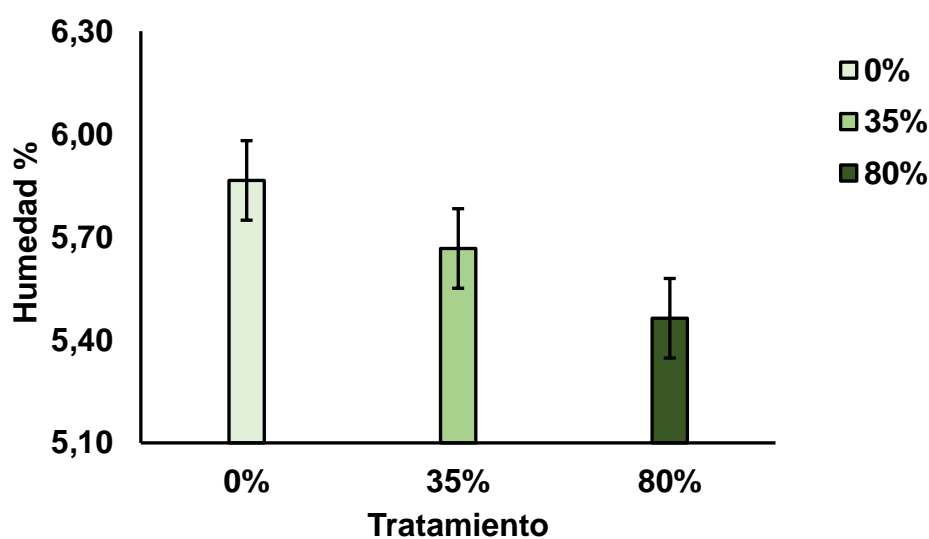


Figura 10. Análisis de la humedad de la almendra del cacao clon EETP - 801

6.3.2 Análisis de la ceniza de la almendra del cacao Clon EETP 801

En el porcentaje de ceniza no existieron diferencias significativas ($p = 0.1478$), los valores en los tres tratamientos se mantienen entre 3.23 % y 3.56 %. (Figura 11).

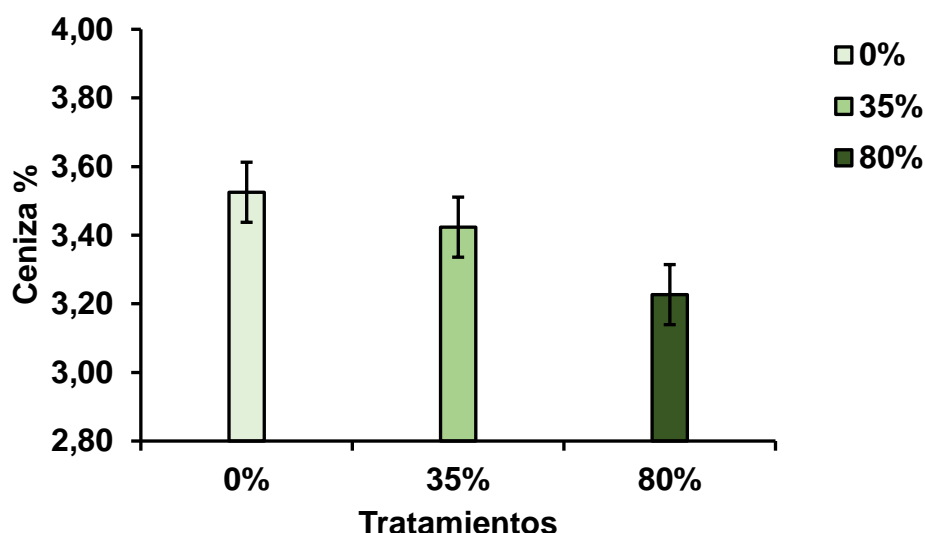


Figura 11. Análisis de la ceniza de la almendra del cacao clon EETP - 801

6.3.3 Análisis del porcentaje de grasa de la almendra en cacao clon EETP 801

En los tres tratamientos no existe diferencias significativas con un ($P = 0.6939$), entre el porcentaje de grasa del cacao EET-801 bajo diferentes niveles de sombra con porcentajes de grasa que van 27.76 % al 29.05 % del T3 y T1 respectivamente cacao clon EETP-801.

Tabla 8. Porcentaje de grasa por tratamiento en cacao clon EETP – 801

<u>Tratamiento</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>	
80%	27,76	3	0,95	A
35%	28,51	3	0,95	A
0%	29,05	2	1,16	A

6.3.4 Análisis de la proteína de la almendra del cacao Clon EETP 801

En el porcentaje de proteína no existieron diferencias significativas ($p = 0.0843$), los valores en los tres tratamientos se mantienen entre 2.10 % y 2.29 %. En T3 y T2 respectivamente (Figura 12).

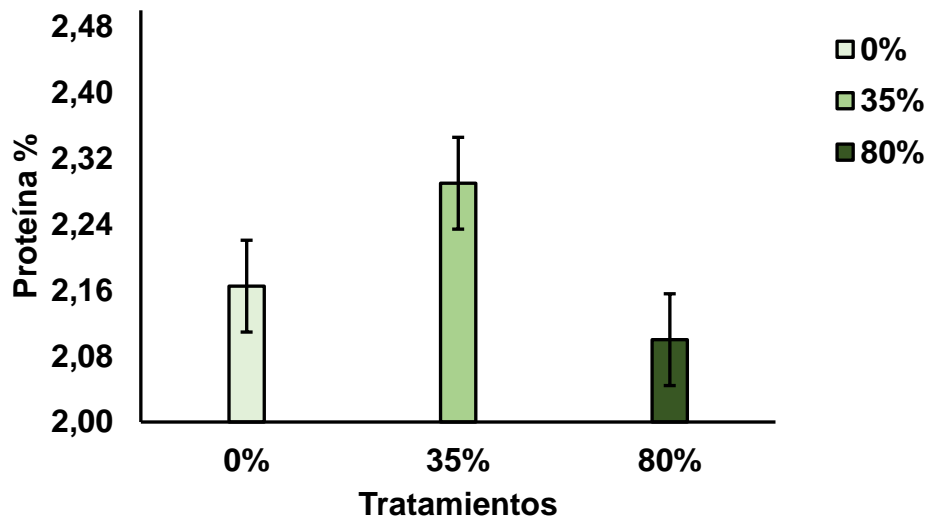


Figura 12. Análisis de la proteína de la almendra del cacao clon EETP - 801

6.3.5 Análisis de la acidez del mucilago del cacao Clon ETPP 801

En el porcentaje de la acidez no existieron diferencias significativas ($p = 0.4523$), los valores en los tres tratamientos se mantienen entre 2.69 % y 4.62 %, en el T3 (80%) y el T1 (0%) respectivamente (Figura 13).

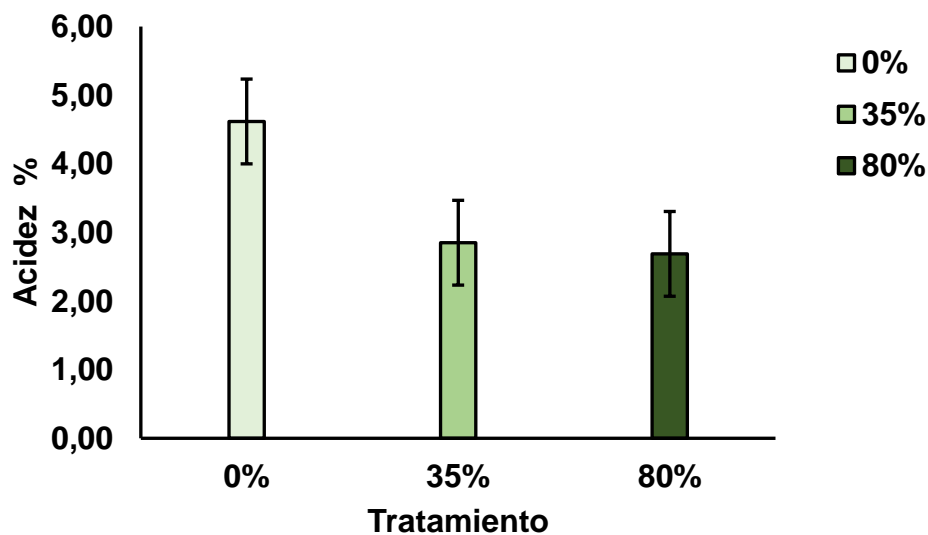


Figura 13. Análisis de la Acidez de la almendra del cacao clon EETP - 801

6.3.6 Análisis brix del mucilago del cacao Clon EETP 801

Se observa que no existieron diferencias significativas con un ($P = 0.4277$), entre los brix y los tratamientos, los cuales variaron entre 13,97 a 15,95 del T1 (0%) y T3 (80%) en cacao clon EETP-801 (Figura 14).

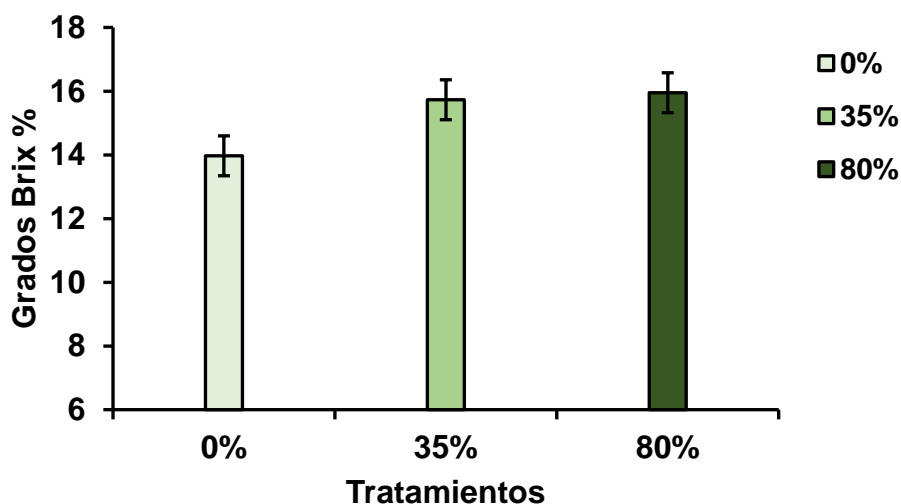


Figura 14. Grados Brix en cada tratamiento del Cacao clon EETP-801

6.4 Análisis de Correlación de Pearson

Se realizó un análisis de correlación entre las siguientes variables: Incremento del ASTT, diámetro de copa, longitud de fruto, densidad estomática, IAF, clorofila, rendimiento, numero de semillas, humedad, ceniza, grasa, proteína, grados brix y acidez. En la tabla 9 se muestra aquellas correlaciones que tienen un coeficiente de correlación de Pearson > 0.60 y un p-valor > 0.05 . Las correlaciones en su mayoría fueron positivas de las cuales destaco: el diámetro de copa con densidad estomática donde encontramos correlación de Pearson 0.69 con diferencia significativa 0.041, rendimiento con Proteína donde encontramos correlación de Pearson 0.76 con diferencia significativa 0.029 y diámetro de copa con humedad donde se encontramos correlación de Pearson negativa -0.84 con diferencias altamente significativas 0.0093.

Tabla 9. Correlaciones de Pearson entre variables vegetativas y rendimiento más importantes con diferencias significativas ($P > 0.05$) en el clon de cacao EETP-801.

<u>Variable (1)</u>	<u>Variable (2)</u>	<u>n</u>	<u>Pearson</u>	<u>p-valor (> 0.05)</u>
Diámetro de Copa	Densidad estomática	9	0,69	0,041
	Producción	9	-0,74	0,0214

	N- Semillas	9	-0,63	0,0693
	Humedad	8	-0,84	0,0093
	Ceniza	8	-0,74	0,035
Densidad estomática	Producción	9	-0,68	0,0443
Clorofila	Brix	8	0,74	0,0365
Producción	N- Semillas	9	0,69	0,0391
	Ceniza	8	0,8	0,017
Rendimiento	N- Semillas	9	0,87	0,0025
	Proteína	8	0,76	0,029
N- Semillas	Proteína	8	0,87	0,0047
Ceniza	Grasa	8	0,74	0,0342
	Proteína	8	0,75	0,0335
	Acidez	7	0,81	0,0287
Grasa	Acidez	7	0,8	0,0291

7. Discusión

En este proyecto se logró evaluar diferentes niveles de sombra del clon EETP 801 de cacao (*Theobroma cacao* L.) según variables vegetativas y de rendimiento en la estación experimental El Padmi en la provincia de Zamora Chinchipe. Los resultados del estudio muestran que el uso de la sombra no tiene efectos estadísticamente significativos en las variables: crecimiento ASTT, diámetro de copa, longitud de fruto, IAF, clorofila, rendimiento, número de semillas, humedad, ceniza, grasa, proteína, brix y acidez, esto puede deberse al hecho de que las plantas de cacao Clonal EETP 801 y se encontraban en etapa de fructificación en el momento de la recolección de datos para los tres tratamientos 0%, 35% y 85%.

Para la variable ASTT el incremento no presentó diferencias significativas y los valores fueron desde 9.28 cm² a 10.27 cm² para el T1 y T2 respectivamente, siendo el T2 (35%) mayor a los 111 días después del tratamiento, la uniformidad de datos podría deberse a la acumulación de fotoasimilados en xilema es más lenta en los primeros años, por destinarse a otros órganos de interés de la planta y su crecimiento es lento, como lo menciona Ofori *et al.* (2017), De igual forma la selección de clones con ASTT superior a 10 cm² se puede utilizar de forma fiable para mejorar la resistencia del cacao al estrés en condiciones de producción marginales. Así mismo se relaciona la sombra en SAF (maderables y frutales) con grupos de cultivo de cacao Criollo los cuales registraron mayores áreas basales y biomasa por la absorción de carbono gracias a esta asociación (Bustillos *et al.*, 2013).

En cuanto a la variable del diámetro de copa los tres tratamientos a los 111 días no presentaron diferencias significativas con un diámetro de copa 180 cm a los 272 cm donde se asume que la sombra influye mayormente en el clon EETP – 801 debido a la aclimatización del cacao ya que en el estudio realizado por Tezara *et al.* (2015) se concluyó que los clones de cacao ecuatoriano estudiados, cultivados a plena exposición solar, redujeron significativamente el área foliar, mostrando aclimatación morfoanatómica y regulación descendente del aparato fotoquímico, lo que constituye una evidencia de la aclimatación a diferentes condiciones lumínicas. En esta situación al no mostrar un efecto desfavorable de las plantas sometidas a plena luz se cree que las plantas de cacao experimentaron dicha aclimatación lumínica debido a que la radiación solar es reducida en gran medida por las condiciones climáticas y de relieve de la zona, pero Chamorro (1952) nos señala que con la disminución del sombrero, aumenta la intensidad

transpiratoria y plantas a pleno sol evaporan y transpiran un 50% más de agua, aproximadamente, que plantas bajo un sombrío del 90%.

Al analizar densidad estomática si presento diferencias significativas altas ($p = 0,001$), y la que se diferenció de tratamientos fue el T3 (80%) obtuvo 872.77 estomas/mm² esto puede deberse que al momento de la aclimatación de una planta sometida a radicación excesiva sin sombra conlleva cambios en diversos parámetros de la hoja como la baja densidad de estomas es decir con radiación controlada la densidad estomática aumenta (Márquez et al., 2016). Al respecto con otros rangos de densidades estomáticas son similares a los reportados por Zambrano (2017) quien refirió valores de 877,50 y 880.02 estomas/mm², en los clones cacao Nacionales y Forasteros en Quevedo – Ecuador.

En el IAF no presentaron diferencias significativas ($p = 0.3156$), los valores del T1, T2 van desde 1.22 y 1.68 respectivamente, lo cual indica que el efecto de la sombra no incide en esta variable. Esto contradice lo que dice Salazar *et al.* (2018) quienes realizaron un estudio en variedades ecuatorianas de cacao clon CCN51 sometidos a alta luminosidad bajo condiciones climáticas amazónicas colombianas. Estos clones mostraron incrementos de hasta el 3,5 % en la tasa fotosintética neta, por consiguiente, se registró un aumento en el crecimiento y el rendimiento de las plantas. Así mismo el área foliar aumenta y el grosor de la hoja disminuye es una estrategia adicional para hacer frente a la baja cantidad de fotones recibidos en la hoja. En este sentido, en mayor área foliar exhibido por las plantas de cacao cultivadas puede mejorar la capacidad fotosintética para una absorción más eficiente y optimización de la captura de fotones. También la clorofila sufrió al estar expuesta intensidades de luz presentado una baja clorofila 48.02 nm, pero mayor contenido de carotenoides y baja área foliar específica en comparación con los árboles de cacao lo cual se relaciona con la concentración de clorofila obtenida en el clon EETP 801 donde no se encontraron diferencias estadísticamente significativas, las medias varían desde T1 53.65 nm a T3 59.55 nm, encontrado un menor número de clorofila en al T1 (0%).

En cuanto a la longitud del fruto a los 0, 24, 38 y 58 DDT no se hallaron diferencias significativas ($p = 0.5748$) los valores medios se mantuvieron desde el T3 (80%) 19.96 cm a los 25.21 cm T2 (35%) los datos obtenidos son mayores y diferentes con los realizados por Chacón *et al.* (2007) con una media longitud de fruto fue 17,58 cm donde

utilizo frutos de cacao criollos de la región Sur Occidental de Venezuela, en donde se podrían estar condicionando por las variables climatológicas de estados Zulia, Táchira y Las Adjuntas de Mérida.

En cuanto a la producción menciona Paredes (2009), en condiciones de Lago Agrio y por un período de 2 años el clon CCN-51 alcanzó una producción de 665 kg/plantas, superior al obtenido en la presente investigación en clon EETP 801 donde no se encontraron diferencias significativas ($p = 0.0510$), variando entre 115.11 a 170.90 kg/planta en el T3 (80 %) y T2 (35 %) respectivamente en el periodo de 4 meses después de tratamiento esto podría deberse por otras variables como menciona Godoy, (2021) que el agua y los nutrientes minerales son los factores más cruciales para la promoción del crecimiento a plena exposición solar donde la cual se ve reflejada en la producción.

En cuanto al rendimiento no se hallaron diferencias significativas los datos se mantuvieron entre 159.34 a 186.54 kg/ha en el T3 (80 %) y T2 (35 %) respectivamente bajos, comparándose así a lo mencionado por Abdulai *et al.* (2018) en su estudio donde a los 364 DDT observó efectos en los rendimientos obteniendo 849 kg ha⁻¹ año con un sistema de sombra leve y el que se encontraba sin sombra obtuvo 288 kg ha⁻¹ año, siendo significativamente diferente. Así mismo el promedio, en el mundo, es de 550 kg/ha, en Ecuador con el clon CCN51 se alcanzan 2,0 t/ha, mientras que en Indonesia se reportan hasta 3,0 t/ha. La principal estrategia para obtener estos rendimientos es ubicar el cultivo en óptimas condiciones agroecológicas (Ramírez , 2009).

Se obtuvo un promedio de 38.33 número de semillas en el tratamiento del 0%, así mismo un promedio de 39.67 semillas en 35 % y 29.00 semillas en el Tratamiento 80 %, mostrando que no existe diferencias significativas, datos que difieren de Zambrano (2017). El cual el número de semillas por fruto se hallaron diferencias, donde el clon CCN 51 alcanzó el mayor promedio de 54.5 semillas por fruto, seguido del clon IMC 67 con 48.3 quienes además son estadísticamente iguales entre sí. Los genotipos EET 103 y Pincay alcanzaron promedios estadísticamente iguales de 47.00 y 45.5 semillas por frutos, esta diferencia puede deberse a la variedad del clon EETP 801 y CCN 51. Así mismo Vera *et al.* (2016) mencionó que el Clon CCN 51 para la variable número de semillas el tratamiento T3 (Testigo) obtuvo una media de 43.91 almendras para lo cual no encontró diferencia estadística, localidad hacienda San Antonio, ubicada en el km 16 de la vía Quevedo-El Empalme.

En cuanto a las variables bromatológicas; La humedad en la almendra del cacao Clon EETP 801, no existieron diferencias significativas, los valores en los tres tratamientos se mantienen entre 5.46 % a 5.87 % en el T3 y T1 respectivamente es decir que la sombra no influyó con el contenido de humedad en las almendras del cacao Clon EETP 801, los porcentajes obtenidos son medios en comparación a la datos obtenidos según Zambrano *et al.* (2010) donde se encontró un adecuado contenido de humedad.7,5% en cacao Criollo merideño San Juan (CMSJ) en condiciones normales de luminosidad y fertilización donde las pérdidas de las mismas durante la etapa después de la cosecha fueron próximas al 53% del contenido inicial en todas las muestras de cacao criollo. Dicha diferencia puede estar asociada tanto al tipo de cacao evaluado como las condiciones ambientales. En cambio en el estudio realizado por Solórzano *et al.* (2021) con el cacao Trinitario el porcentaje de humedad obtenido fue 2.44 % inferior a la media, debido a que se realizó en condiciones medioambientales normales en la provincia de Quevedo.

En el porcentaje de ceniza no existieron diferencias significativas ($p = 0.1478$), los valores en los tres tratamientos se mantienen entre 3.23 % y 3.56 %, lo cual son superior con otros estudios, Según Andrade *et al.* (2019) en su estudio los resultados con respecto al contenido de ceniza si existió diferencia significativa, entre los cultivares de cacao CCN 51, siendo superior el material CCN 51 de Ecuador con 2.73 %, y el menor para CCN 51 de Perú con 2.22 %; otra investigación reporta valores de ceniza en cacao, en Mérida (Venezuela), mayores con 2.96 % (Lares *et al.*, 2012). Esto puede deberse que la variedad CCN51 presenta contenidos variables dependiendo de la zona en la que se encuentre y estado de madurez del fruto (Perea *et al.*, 2011).

El contenido de grasa obtenido en nuestro estudio bajo diferentes niveles de sombra fue 27.76 % y 29.05 % del T3 y T1 respectivamente donde no existieron diferencias significativas con un ($P = 0.6939$), donde el T1 sin sombra fue el que más resalto es decir que sombra no influyo en contenido de grasa en las almendras del cacao Clon EETP 801. Los datos obtenidos son similares en estudio realizado por Castro *et al.* (2016), donde obtuvo un porcentaje de grasa menor de 26 % en un SAF en cacao Nativo en la localidad de Chulucanas, Piura – Perú., donde determinó que la concentración puede variar por factores como la exposición a la temperatura, la fermentación, el secado o los efectos debido al contenido de grasa en la composición siendo porcentajes bajo ya que el contenido de grasa usualmente varía del 50 al 55% en cacao fresco, estando

constituida principalmente por glicéridos como el ácido oleico, palmítico y esteárico. Así como en el estudio realizado en el Cacao Trinitario-Laurel en Quevedo con un porcentaje alto del 51.11 %, donde el alto contenido está relacionado con los polifenoles es decir que entre las variedades varia este contenido ya que en algunas semillas se puede encontrar aproximadamente 2/3 de la cantidad de polifenoles en cacaos.

En el porcentaje de proteína no existieron diferencias significativas los valores en los tres tratamientos se mantienen entre 2.10 % y 2.29 %. En T3 y T2 respectivamente estos valores son bajos comparados según Castro *et al.* (2016) , obtuvo resultados de proteína 6.25 % en el Cacao Criollo sin diferencias significativas en sus resultados, evaluaciones se realizaron en el Laboratorio de Investigación del Instituto Tecnológico de la Producción – ITP, en Lima, Perú. Estos contenidos variables pueda deberse dependiendo de la zona en la que se encuentre y estado de madurez del fruto, así como la variedad CCN51 la cual presento 14 % de proteína (Perea *et al.*, 2011).

En el porcentaje de la acidez no existieron diferencias significativas, los valores en los tres tratamientos se mantienen entre 2.69 % y 4.62 %, en el T3 (80%) y el T1 (0%) respectivamente datos superiores a los obtenidos Andrade *et al.* (2019), en el clon CCN 51 y ICS 6 con 2.05 % y 2.49% respectivamente, esta diferencia puede ser debido al origen, a la poscosecha y extracción del mucilago. Estudios realizados según Solórzano *et al.* (2021), en características de la acidez como parámetro químico de calidad en muestras de cacao fino y ordinario de producción nacional durante la fermentación, encontró acidez entre 1,2 y 1,6 %; recalca que para obtener una acidez óptima en la almendra es muy importante un buen manejo de la fermentación, ya que durante este proceso los ácidos acético y láctico producidos en la pulpa son difundidos hacia el cotiledón, aumentando la acidez de la fracción interna de la almendra.

Así mismo los grados °Brix no se encontraron diferencias significativas en los tratamientos, los cuales variaron entre 13,97 a 15,95 °Brix del T1 (0%) y T3 (80%) en cacao clon EETP-801 datos se asemejan a los encontrados 14 a 18 °Brix, donde no se encontraron diferencias significativas estudio realizado al cacao Clon CCN51, procedente del caserío china alta, distrito de Huarango, provincia de San Ignacio, con una altitud de 930 m.s.n.m en Perú, (Cruz *et al.*, 2021). Lo cual se encuentra en una línea buena de aceptación donde para parámetros de calidad se revisa el contenido de azúcar menores a

15 °Brix en caso no cuente con los grados °Brix adecuados, la calidad final del cacao se verá afectada en aspectos como: mayores valores en las notas de astringencia y amargor, poco aroma y en algunas ocasiones se altera el sabor de la manteca acidificándola (Leite *et al.*, 2013).

Finalmente, Las correlaciones de Pearson tomadas en cuentas entre las variables vegetativas y de rendimiento las que destacan son las de un coeficiente de correlación de Pearson > 0.60 y un p-valor > 0.05 . Las correlaciones en su mayoría fueron positivas de las cuales se destacó;

El diámetro de copa con densidad estomática donde encontramos correlación de Pearson 0.69 con diferencia significativa 0.041, esto quiere decir que hay asociación entre las dos variables a medida que el diámetro de copa aumenta simultáneamente la densidad estomática aumenta donde una sombra en condiciones controladas hace la las hojas aumente su diámetro sean más finas para recibir fotones la cual sirve para dividir moléculas de agua dentro de los cloroplastos por ende habrá mayor número de estomas que permite la entrada de bióxido de carbono contribuyendo con la fotosíntesis donde se ve incrementada la productividad y tolerancia a las enfermedades (Calva *et al.*, 2016).

Rendimiento con Proteína donde encontramos correlación de Pearson 0.76 con diferencia significativa 0.029, esto quiere decir que hay asociación entre las dos variables a medida que el Rendimiento aumenta va haber por ende mayor proteína la cual es utilizada en la producción de chocolate de alta calidad, debido a sus atributos químicos (porcentaje de proteína de 18 a 20 %), lo cual genera un producto de calidad y competitivo a escala internacional, reafirma el interés, impulsa el proceso de exportación y el beneficio económico (Andrade *et al.*, 2019).

Diámetro de copa con humedad donde se encontramos correlación de Pearson negativa -0.84 con diferencias altamente significativas 0.0093. es decir que hay asociación negativa entre las dos variables a medida que el diámetro de copa aumenta la humedad en las almendras de cacao disminuyen, esto puede deberse a la condiciones ambientales de cada sector y verse afectado en el rendimiento y a la hora de vender las almendras de cacao para la producción de chocolates y sus derivados (Zambrano *et al.*, 2010).

8. Conclusiones

- ✓ En el presente estudio realizado la aplicación de los tres niveles de sombra T1 0%; T2 35% y T3 80% no mostro diferencias significativas con respecto a las variables vegetativas donde el cultivo demostró tener buena adaptación a las condiciones climáticas adversas sin sombra como se ve reflejado en él T1. Siguiendo la excepción fue la densidad estomática que si mostro diferencias significativas altas $p = 0.001$ en el T3 80% la cual comparada con estudios realizados demostró; que una luminosidad controlada la planta experimenta en las hojas una mayor área foliar y hojas delgadas por cual al ser más grande atrapa mucha más intensidad lumínica la cual se ve reflejada en diferentes partes de la planta como el grosor ASTT, frutos y en el IAF por lo tanto en este caso es posible manejar adecuadamente el uso de sombra con medidas que no afecten el exceso de sombra y cause reacciones negativas esto acompañado de un buen análisis de suelo y condiciones climáticas óptimas para que el cultivo de cacao Clon EETP 801 se desarrolle de mejor manera.
- ✓ En las variables de producción y rendimiento no presentaron diferencias significativas entre los tres tratamientos donde se aprecia que el T1 tuvo una producción casi similar a los tratamientos con sombra, evidenciando la poca participación de la sombra en las variables del fruto y bromatológicas

9. Recomendaciones

- ✓ Se recomienda tomar datos mensualmente en las variables vegetativas y realizar un análisis de suelos y tratar a todas de la misma forma para evitar alteraciones en los datos recopilados al final del estudio.
- ✓ El estudio y recolección de datos debería ser mayor a 1 año debido que en poco tiempo no se podrá hallar diferencias significativas, donde se vea influyendo la sombra en el cultivo de cacao clon EETP 801.
- ✓ El estudio es parte de una investigación base, por lo cual es necesario seguir con las investigaciones y posteriormente evaluar en campo la efectividad de la sombra en el cultivo de cacao Clon ETTP 801 del el Padmi de la provincia de Zamora Chinchipe.

10. Bibliografía

- Abad, K. L. B. (2021). *Analysis of ecuadorian cocoa bean exports during the period 2008 to 2018*. 9.
- Abdulai, I., Jassogne, L., Graefe, S., Asare, R., Van Asten, P., Läderach, P., & Vaast, P. (2018). Characterization of cocoa production, income diversification and shade tree management along a climate gradient in Ghana. *PloS One*, *13*(4), e0195777. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0195777>
- Alcivar, M. (2015). [Http://www.anecacao.com/es/quienes-somos/historia-del-cacao.html](http://www.anecacao.com/es/quienes-somos/historia-del-cacao.html) [Informativa]. anecacao. <https://anecacao.com/index2022.html>
- Andrade, J. A., Rivera-García, J., Chire-Fajardo, G. C., & Ureña-Peralta, M. O. (2019). Propiedades físicas y químicas de cultivares de cacao (*Theobroma cacao* L.) de Ecuador y Perú. *Enfoque UTE*, *10*(4), 1-12. <https://doi.org/10.29019/enfoque.v10n4.462>
- AOAC. (2001). *Organización de Metodos Analiticos* [Protein/Crude Protein]. <http://www.eoma.aoac.org/methods/info.asp?ID=32924>
- AOAC. (2016). *Official methods of analysis of AOAC International* (20 ed). AOAC International. <http://www.eoma.aoac.org/>
- Bustillos, R., Espin Chion, T., & Cifuentes, M. (2013). *Carbono en sistemas agroforestales de cacao de la Reserva Indígena Bribri de Talamanca, Costa Rica*. <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/7744>
- Calva, Pozo, & Ramirez. (2016). *EL ABC PARA EL CAMBIO DE COPA EN EL CULTIVO DE CACAO*. <https://cefaecuador.org/wp-content/uploads/2021/11/guia-cambio-de-copa-R.pdf>
- Castro, R., Hernández, J., Marcilla, S., Córdova, J., Solari-Godiño, A., & Chire, G. (2016). Efecto del contenido de grasa en la concentración de polifenoles y

- capacidad antioxidante de theobroma cacao l. "cacao". *Ciencia e investigación*, 19, 27-31. <https://doi.org/10.15381/ci.v19i1.13623>
- Chacón, Gomez, & Marquez. (2007). *Caracterización morfológica de frutos y almendras de plantas de cacao (Theobroma cacao L.) en la región suroccidental de Venezuela*.
https://www.revfacagronluz.org.ve/PDF/supl_mayo_2007/v24supl35.pdf
- Chamorro, R. (1952). Contribucion al problema del sombrío en cacao. *Acta Agronómica*, 2(1), Art. 1.
- Cruz, A., Mijahuanca, Y., & Diaz, D. (2021). Efecto del Mucilago de Cacao (Theobroma cacao) en el Crecimiento Poblacional de Abejas (Apis mellifera). *Universidad Nacional de Jaén*. <http://localhost/jspui/handle/UNJ/107>
- Detlefsen, G. (2015). *Producción agroforestal de madera en fincas agropecuarias de Centroamérica* (De E. Somarriba; pp. 21-24).
https://www.researchgate.net/publication/324415363_Produccion_agroforestal_de_madera_en_fincas_agropecuarias_de_Centroamerica
- Dostert, N., Roque, J., & Cano, A. (2011). *Hoja botánica: Cacao*. 44-77.
- Enríquez, G. (2010). *Cacao orgánico: Guía para productores ecuatorianos*.
<http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/4571>
- FAO. (2019). *Producción mundial del cacao* [Técnica]. www.fao.org.
<https://www.fao.org/3/y5143s/y5143s0w.htm>
- García, J., Moreno, P., & Fonseca, L. (2015). Respuestas fisiológicas de Theobroma cacao L. en etapa de vivero a la disponibilidad de agua en el suelo. *Acta Agronómica*, 65(1). <https://doi.org/10.15446/acag.v65n1.48161>
- Godoy, P. D. (2021). *Influencia de dos niveles de nutrición y dos niveles de sombra, sobre parámetros fisiológicos y de crecimiento en la etapa vegetativa de cacao*

- (*Theobroma cacao L.*) clon EETP-801, en Zamora Chinchipe [BachelorThesis, Loja]. <https://dspace.unl.edu.ec//handle/123456789/23992>
- INEN. (2013). *CENIZA INEN-AOAC 923.03.pdf*.
- Lares, M., Gutiérrez, R., Pérez, E., & Álvarez, C. (2012). Efecto del tostado sobre las propiedades físicas, fisicoquímicas, composición proximal y perfil de ácidos grasos de la manteca de granos de cacao del estado Miranda, Venezuela. *Revista Científica UDO Agrícola*, 12(2), 439-446.
- Leite, J. F. M., Cruz, P. B., Soares, S. E., & Bispo, E. da S. (2013). Assessment of the fermentative process from different cocoa cultivars produced in Southern Bahia, Brazil. *African Journal of Biotechnology*, 12(33), 5218-5225. <https://doi.org/10.5897/AJB2013.12122>
- Márquez, L., Annabell, Z., & Armijos. (2016). *Repositorio Universidad de Guayaquil: Evaluación agronómica de dos variedades de lechuga Lactuca sativa L. y su efecto a la aplicación de tres dosis de bioestimulantes*. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/11161>
- Mereles, L., & Martínez, K. (2022). *Fundación facultad de ciencias químicas - fundaquim facultad de ciencias químicas -fcq proyecto 14 inv 001 «estudio del proceso de industrialización de nueces de macadamia, con calidad de exportación» manual de procedimientos analíticos para el control de calidad de nueces de macadamia secas este proyecto fue financiado por conacyt a través del programa prociencia con recursos del fondo para la excelencia de la educación e investigación -feei del fonacide*.
- NASA. (2022). *El clima en Yantzaza, el tiempo por mes, temperatura promedio (Ecuador)—Weather Spark* [Científica]. es.weatherspark.com.

<https://es.weatherspark.com/y/20008/Clima-promedio-en-Yantzaza-Ecuador-durante-todo-el-a%C3%B1o>

- Ofori, A., Padi, F., Akperley, A., Adu-Gyamfi, P., Dadzie, M., & Amoah, F. (2017). Variability of survival and yield traits in cacao (*Theobroma cacao* L.) clones under marginal field conditions in Ghana. *Journal of Crop Improvement*, *31*, 847-861. <https://doi.org/10.1080/15427528.2017.1391914>
- Paredes, N. (2009). Manual del cultivo de cacao para la Amazonía. *Instituto nacional autónomo de investigaciones agropecuarias estación experimental central de la amazonía denaref - unidad de recursos fitogenéticos*, *2*(76), 32.
- Peña, g. (2020). *Informe anual* (informe técnico anual n.º 3; p. 65). Iniap. <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/4786/7/iniapeecam76.pdf>
- Perea, J. A., Ramirez, O. L., & Jaimes, A. R. V. (2011). Caracterización fisicoquímica de materiales regionales de cacao Colombiano. *Bioteología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial: BSAA*, *9*(1), 35-42.
- Ramírez, T. (2009). Situación de la producción de cacao en la provincia de Zamora Chinchipe: Línea base 2009. *CEDAMAZ*, *6*.
- Rey Loor, Ignacio Sotomayor, Juan Jiménez Omar Tarqui, Gladys Rodríguez, F. (2018). *INIAP - Estación Experimental Tropical Pichilingue. 2*.
- Salazar, J. C., Melgarejo, L. M., Casanoves, F., Di Rienzo, J. A., DaMatta, F. M., & Armas, C. (2018). Photosynthesis limitations in cacao leaves under different agroforestry systems in the Colombian Amazon. *PloS One*, *13*(11), e0206149. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0206149>
- Sánchez, J., & Arvelo, J. (2017). *Estado actual sobre la producción, el comercio y cultivo del cacao en América*. IICA ; Colegio de Postgraduados : Fundación COLPOS.

- Sánchez, M. (2017). *Estado actual sobre la producción, el comercio y cultivo del cacao en América*. IICA ; Colegio de Postgraduados : Fundación COLPOS.
- Solórzano, C. Y., Bravo Franco, K. J., Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Tuárez García, D. A., Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Fernández Escobar, Á. O., Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Torres Navarrete, Y. G., Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Vera Chang, J. F., & Universidad Técnica Estatal de Quevedo. (2021). Efecto de la fermentación de cacao (*theobroma cacao* L.), variedad nacional y trinitario, en cajas de maderas no convencionales sobre la calidad física y sensorial del licor de cacao. *Revista de Investigación Talentos*, 8(2), 42-55. <https://doi.org/10.33789/talentos.8.2.153>
- Soria, S. (2016). *Bertha marina pineda guevara*. 48.
- Tezara, W., Almeida, J., Valencia, E., Cortes, J., & Bolaños, M. (2015). *Actividad fotoquímica de clones élites de cacao (theobroma cacao l.) Ecuatoriano en el norte de la provincia esmeraldas photochemical activity of elites clones of ecuatorian cacao (theobroma cacao l.) At north of esmeraldas province*. 311, 37-52.
- Vera-Chang, J., Cabrera-Verdezoto, R., Morán-Morán, J., Neira-Rengifo, K., Haz-Burgos, R., Vera-Barahona, J., Molina-Triviño, H., Moncayo-Carreño, O., Díaz-Ocampo, E., & Cabrera-Verdesoto, C. (2016). Evaluación de tres métodos de polinización artificial en clones de cacao (*Theobroma cacao* L.) CCN-51. *Idesia (Arica)*, 34(6), 35-40. <https://doi.org/10.4067/S0718-34292016005000033>
- Zambrano, A., Gómez, Á., Ramos, G., Romero, C., Lacruz, & Rivas, E. (2010). Caracterización de parámetros físicos de calidad en almendras de cacao criollo, trinitario y forastero durante el proceso de secado. *Agronomía Tropical*, 60(4), 389-396.

Zambrano, J. C. (2017). *Relaciones filogenéticas entre tipos de cacao (theobroma cacao L.): Forastero, trinitario y nacional, basadas en marcadores morfológicos y secuencias nucleotídicas de la región ITS; y su posible uso en la identificación de clones.* [BachelorThesis, Quevedo : UTEQ].
<https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/2722>

11. Anexos

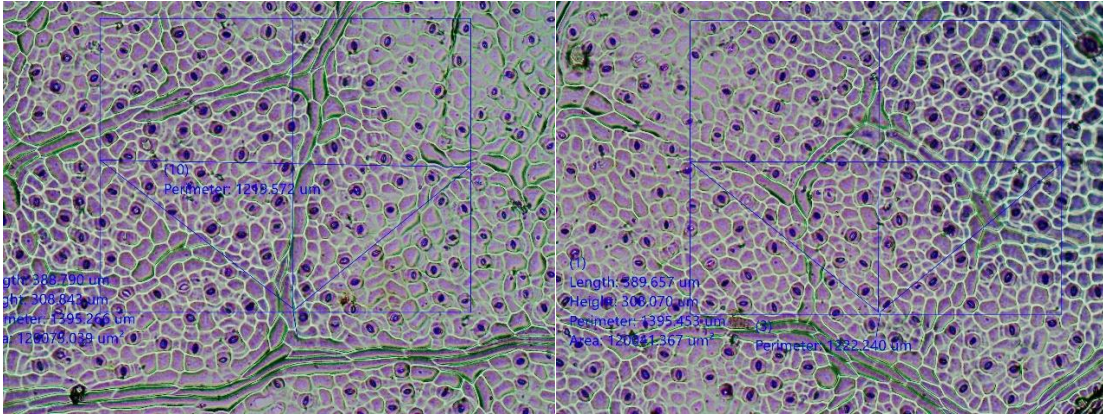
Anexo 1. Evidencias de Trabajo en campo



Anexo 1, figura 1. Ajuste de Malla Sarán



Anexo 1, figura 2. Medición de tallo del cacao y longitud del fruto



Anexo 1, figura 3. Estomas en la hoja de cacao clon EETP 801 del T3 80%



Anexo 1, figura 4. Control de plagas del Cacao Clon EETP 801



Anexo 1, figura 5. Cosecha del Cacao Clon EETP 801



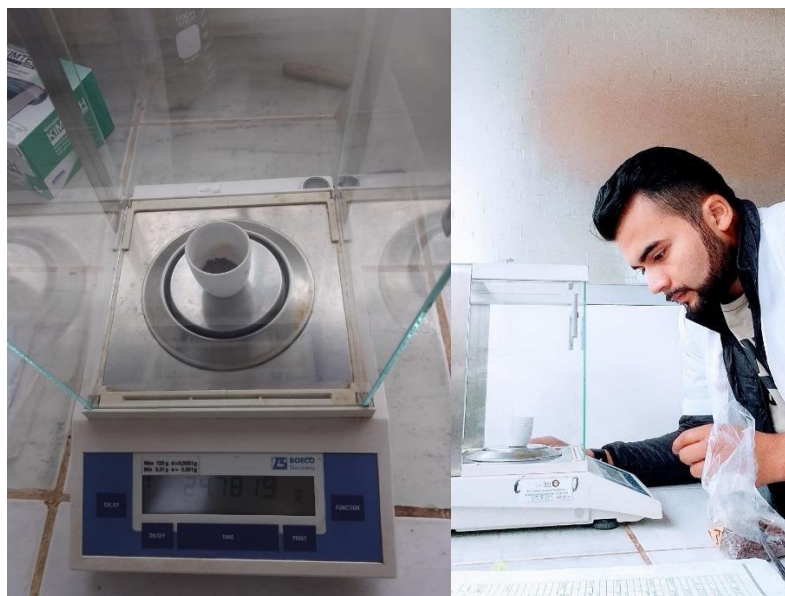
Anexo 1, figura 6. Peso de Mazorca, numero de Semillas del Caco Clon ETPP 801



Anexo 1, figura 7. Almendra y mucilago cálculo de Brix del Caco Clon ETPP 801



Anexo 1, figura 8. Preparación de Almendras para análisis Bromatológicos humedad, ceniza, proteína y grasa en Caco Clon ETTP 801



Anexo 1, figura 9. Peso de muestras de almendras para análisis Bromatológicos humedad, ceniza, proteína y grasa en Caco Clon ETTP 801



Anexo 1, figura 10. Estufa para secar las semillas de cacao.

Anexo 2. Análisis de varianza realizados

Anexo 2, tabla 1. Resultados del ANOVA de la variable número de Semillas por Tratamiento

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Numero de Semillas	9	0,32	0,10	23,38

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	197,56	2	98,78	1,43	0,3107
Tratamiento (Sombra %)	197,56	2	98,78	1,43	0,3107
Error	414,67	6	69,11		
Total	612,22	8			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=20,82680

Error: 69,1111 gl: 6

Tratamiento (Sombra %)	Medias	n	E.E.
80	29,00	3	4,80 A
0	38,00	3	4,80 A
35	39,67	3	4,80 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Anexo 2, tabla 2. Resultados del ANOVA de la variable ASTT a los 0 días y 111 días

Análisis de la varianza

0 días

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
0 días	18	0,11	0,00	46,02

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	375,55	2	187,78	0,95	0,4075
Tratamiento	375,55	2	187,78	0,95	0,4075
Error	2953,63	15	196,91		
Total	3329,18	17			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=21,04370

Error: 196,9085 gl: 15

Tratamiento	Medias	n	E.E.
35	25,37	6	5,73 A
80	29,65	6	5,73 A
0	36,46	6	5,73 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

111 días

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
111 días	18	0,07	0,00	39,93

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	311,57	2	155,78	0,60	0,5605
Tratamiento	311,57	2	155,78	0,60	0,5605
Error	3883,16	15	258,88		
Total	4194,73	17			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=24,12886

Error: 258,8772 gl: 15

Tratamiento	Medias	n	E.E.
35	35,64	6	6,57 A
80	39,52	6	6,57 A
0	45,74	6	6,57 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Anexo 2, tabla 3. Resultados del ANOVA de la variable Longitud del fruto

Análisis de la varianza

Longitud 1

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Longitud 1	12	0,12	0,00	26,39

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	37,01	2	18,51	0,59	0,5748
Tratamiento	37,01	2	18,51	0,59	0,5748
Error	282,69	9	31,41		
Total	319,70	11			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=11,06457

Error: 31,4099 gl: 9

Tratamiento	Medias	n	E.E.
80	19,96	4	2,80 A
0	20,03	4	2,80 A
35	23,72	4	2,80 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Longitud 2

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Longitud 2	12	0,13	0,00	23,36

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	36,52	2	18,26	0,68	0,5314
Tratamiento	36,52	2	18,26	0,68	0,5314
Error	242,09	9	26,90		
Total	278,61	11			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=10,23917

Error: 26,8984 gl: 9

Tratamiento	Medias	n	E.E.
0	20,46	4	2,59 A
80	21,57	4	2,59 A
35	24,59	4	2,59 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Longitud 3

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Longitud 3	12	0,15	0,00	20,88

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	38,20	2	19,10	0,82	0,4700
Tratamiento	38,20	2	19,10	0,82	0,4700
Error	209,10	9	23,23		
Total	247,30	11			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=9,51602

Error: 23,2331 gl: 9

Tratamiento	Medias	n	E.E.
0	20,72	4	2,41 A
80	23,53	4	2,41 A
35	25,03	4	2,41 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Longitud 4

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Longitud 4	12	0,15	0,00	20,82

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	38,97	2	19,49	0,80	0,4780
Tratamiento	38,97	2	19,49	0,80	0,4780
Error	218,64	9	24,29		
Total	257,61	11			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=9,73078

Error: 24,2937 gl: 9

Tratamiento	Medias	n	E.E.
0	21,15	4	2,46 A
80	24,66	4	2,46 A
35	25,22	4	2,46 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Anexo 2, tabla 4. Resultados del ANOVA de la variable densidad estomática de la hoja de Cacao Clon EETP 801.

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Densidad Estomatica	35	0,51	0,48	6,64

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	90713,36	2	45356,68	16,39	<0,0001
Tratamiento	90713,36	2	45356,68	16,39	<0,0001
Error	88532,24	32	2766,63		
Total	179245,60	34			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=53,56159

Error: 2766,6326 gl: 32

Tratamiento	Medias	n	E.E.
0%	754,09	11	15,86 A
35%	756,67	12	15,18 A
80%	862,67	12	15,18 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Anexo 2, tabla 5. Resultados del ANOVA de la variable IAF de la hoja de Cacao Clon EETP 801.

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
IAF	18	0,14	0,03	106,19

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	402,90	2	201,45	1,25	0,3156
Tratamiento	402,90	2	201,45	1,25	0,3156
Error	2423,97	15	161,60		
Total	2826,87	17			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=19,06373

Error: 161,5980 gl: 15

Tratamiento	Medias	n	E.E.
0	7,01	6	5,19 A
35	10,56	6	5,19 A
80	18,34	6	5,19 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Anexo 2, tabla 6. Resultados del ANOVA de la variable Producción Kg/planta de Cacao Clon EETP 801.

Análisis de la varianza

Produccion Kg / planta

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Produccion Kg / planta	9	0,63	0,51	16,37

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	6360,23	2	3180,11	5,09	0,0510
Tratamiento (Sombra %)	6360,23	2	3180,11	5,09	0,0510
Error	3750,50	6	625,08		
Total	10110,73	8			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=62,63507

Error: 625,0834 gl: 6

Tratamiento (Sombra %)	Medias	n	E.E.
80	115,11	3	14,43 A
0	170,90	3	14,43 A
35	172,08	3	14,43 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Anexo 2, tabla 7. Resultados del ANOVA de la variable Rendimiento Kg/ha de Cacao Clon EETP 801.

Rendimiento kg/ha

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Rendimiento kg/ha	9	0,09	0,00	27,39

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1522,42	2	761,21	0,31	0,7419
Tratamiento (Sombra %)	1522,42	2	761,21	0,31	0,7419
Error	14551,43	6	2425,24		
Total	16073,85	8			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=123,37462

Error: 2425,2389 gl: 6

Tratamiento (Sombra %)	Medias	n	E.E.
80	162,01	3	28,43 A
0	184,64	3	28,43 A
35	192,74	3	28,43 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Anexo 2, Tabla 8. Resultados del ANOVA de la variable Clorofila realizada con el instrumento SPAD

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Clorofila - SPAD	18	0,04	0,00	25,21

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	119,64	2	59,82	0,30	0,7446
Tratamiento	119,64	2	59,82	0,30	0,7446
Error	2983,41	15	198,89		
Total	3103,05	17			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=21,14952

Error: 198,8937 gl: 15

Tratamiento	Medias	n	E.E.
0	53,65	6	5,76 A
80	54,65	6	5,76 A
35	59,55	6	5,76 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Anexo 2, Tabla 9. Resultados del ANOVA de la variable humedad en el Clon EETP

Análisis de la varianza

Humedad

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Humedad	8	0,38	0,14	4,47

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,20	2	0,10	1,55	0,2999
Tratamiento	0,20	2	0,10	1,55	0,2999
Error	0,32	5	0,06		
Total	0,52	7			

Anexo 2, Tabla 10. Resultados del ANOVA de la variable Ceniza en el Clon EETP 801

Ceniza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Ceniza	8	0,53	0,35	4,25

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,12	2	0,06	2,87	0,1478
Tratamiento	0,12	2	0,06	2,87	0,1478
Error	0,10	5	0,02		
Total	0,22	7			

Anexo 2, Tabla 11. Resultados del ANOVA de la variable grasa en el Clon EETP 801

Grasa

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Grasa	8	0,14	0,00	5,77

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2,11	2	1,05	0,39	0,6939
Tratamiento	2,11	2	1,05	0,39	0,6939
Error	13,40	5	2,68		
Total	15,51	7			

Anexo 2, Tabla 12. Resultados del ANOVA de la variable proteína en el Clon EETP 801

Nitrogeno (Proteina)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Nitrogeno (Proteina)	8	0,63	0,48	3,71

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,06	2	0,03	4,22	0,0843
Tratamiento	0,06	2	0,03	4,22	0,0843
Error	0,03	5	0,01		
Total	0,09	7			

Anexo 2, Tabla 13. Resultados del ANOVA de la variable brix en el Clon EETP 801

Grados Bix

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Grados Bix	8	0,29	3,3E-03	11,85

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	6,50	2	3,25	1,01	0,4277
Tratamiento Sombra %	6,50	2	3,25	1,01	0,4277
Error	16,06	5	3,21		
Total	22,56	7			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=5,14279

Error: 3,2117 gl: 5

Tratamiento Sombra %	Medias	n	E.E.
0	13,97	3	1,03 A
35	15,73	3	1,03 A
80	15,95	2	1,27 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Anexo 2, Tabla 14. Resultados del ANOVA de la variable acidez en el Clon EETP 801

Acidez

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Acidez	8	0,27	0,00	53,00

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	6,32	2	3,16	0,93	0,4523
Tratamiento Sombra %	6,32	2	3,16	0,93	0,4523
Error	16,93	5	3,39		
Total	23,25	7			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=5,28044

Error: 3,3859 gl: 5

Tratamiento Sombra %	Medias	n	E.E.
80	2,69	2	1,30 A
35	2,85	3	1,06 A
0	4,62	3	1,06 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Anexo 3. Análisis de suelo

Anexo 3, figura 1. Análisis de suelo realizado en la Estación Experimental Santa Catalina

MC-LASPA-22014-01



INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS
 ESTACION EXPERIMENTAL SANTA CATALINA
 LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS PLANTAS Y AGUAS
 Parmanetecana Sur Km. 1, S/N Cubajaygas.
 Tfx. (02) 3007284 / (02)2504240
 Mail: laboratorio.saa@inasp.gob.ec



INFORME DE ENSAYO No: 22-0360

NOMBRE DEL CLIENTE: Gallardo Avendaño Maryuri Lizeth
PETICIONARIO: Gallardo Avendaño Maryuri Lizeth
EMPRESA/INSTITUCIÓN: Gallardo Avendaño Maryuri Lizeth
DIRECCIÓN: Padmi

FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA: 16/05/2022
HORA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA: 12:21
FECHA DE ANÁLISIS: 24/05/2022
FECHA DE EMISIÓN: 27/05/2022
ANÁLISIS SOLICITADO: SUELO 4

Análisis	Unidad	Ph	N	P	S	B	K	Ca	Mg	Zn	Cu	Fe	Mn	Ca/Mg	Mg/K	I	MO	Textura (%)			IDENTIFICACIÓN														
																		Basea	%	CO ²		arena	Limo	Arcilla	Clase Textural										
22-1335	3.57	149.42	135	A	31	A	15	M	0.9	B	0.48	A	33.83	A	2.17	A	6.3	M	5.8	A	297	A	1.3	B	7.31	4.87	37.19	18.51	11	A	30	39	23	FRANCO	Gallardo Avendaño Maryuri Lizeth Muestra 1

Análisis	Al ³⁺	Al ³⁺	Nu ³⁺	C.E. *	N. Total ¹	N-NO3 ³	K H2O ²	P H2O ²	CI ¹	pH KCl ²	IDENTIFICACION
	ppm	ppm	ppm	ppm	%	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	

* Ensayos no solicitados por el cliente

OBSERVACIONES:

METODOLOGIA USADA

pH *	Suelo-Agua (2.2)	Dieta Modificada
P & Ca Mg *	Quim Mod. 2h *	Dieta Modificada
S & B *	Análisis de Calcio	Cuarentena

INTERPRETACION

Elemento	Resultado	Clase
Ac *	Acido	N *
UAc *	Liger. Acido	LAI *
BN *	Prac. Medio	AI *
RC *	Regular-CB	T *

METODOLOGIA USADA

C.E. *	Peso Secuente
M.O. *	Diagrama de Fosforon
SLM *	Tubuloso NCH

INTERPRETACION

APM/A / Na	C.E.	M.O. / Cl
B *	Bajo	S *
M *	Medio	MS *
T *	Trazo	A *



Responsable de Laboratorio
JOSE ALONSO LUCERO
 INIAP - PATATE



Responsable de Laboratorio
IVAN RODRIGO SAMANIEGO MALIGUA

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 has 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.

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

Anexo 4. Certificación de traducción del resumen



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

Celular: +593989805087
Email: yaniges@icloud.com
Loja, Ecuador 110104

Loja, 5 de diciembre de 2022

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

Que tengo el conocimiento y dominio de los idiomas español e inglés y que la traducción del resumen de trabajo de integración curricular, **Influencia de sombra, sobre el rendimiento productivo en cacao (*Theobroma cacao* L.) clon EETP 801, Estación Experimental el Pادمي, provincia de Zamora Chinchipe** cuya autoría del estudiante John Lenin Sánchez Rojas, con cédula 1104961303, es verdadero y correcto a mi mejor saber y entender.

Atentamente

YANINA
BELEN
QUIZHPE
ESPINOZA

Firmado digitalmente por
YANINA BELEN
QUIZHPE ESPINOZA
Fecha: 2022.12.05
19:52:40 -0500

Yanina Quizhpe Espinoza.

Traductora