



Universidad
Nacional
de Loja

Universidad Nacional de Loja

Facultad Agropecuaria de Recursos Naturales Renovables

Carrera de Agronomía

Efecto de diferentes intensidades de luminosidad sobre variables de rendimiento en cacao (*Theobroma cacao* L.) clon EETP 800 en la estación experimental el Padmi, Zamora Chinchipe.

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

AUTOR:

Christian Andrés Cuenca Patiño

DIRECTOR:

Ing. Johnny Fernando Granja Travez Mg. Sc.

Loja - Ecuador

2023

Certificación

Loja, 1 de marzo de 2023

Ing. Johnny Fernando Granja Travez Mg. Sc.

DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

CERTIFICO:

Que he revisado y orientado todo el proceso de elaboración del Trabajo de Integración Curricular denominado: **Efecto de diferentes intensidades de luminosidad sobre variables de rendimiento en cacao (*Theobroma cacao* L.) clon EETP 800 en la estación experimental el Padmi, Zamora Chinchipe**, previo a la obtención del título de Ingeniero Agrónomo, de la autoría del estudiante **Christian Andrés Cuenca Patiño**, con cédula de identidad Nro.**1104902711**, una vez que el trabajo cumple con todos los requisitos exigidos por la Universidad Nacional de Loja, para el efecto, autorizo la presentación del mismo para su respectiva sustentación y defensa.



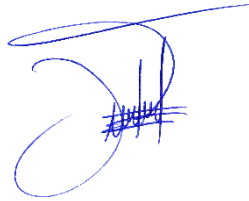
Firmado electrónicamente por:
**JOHNNY FERNANDO
GRANJA TRAVEZ**

Ing. Johnny Fernando Granja Travez Mg. Sc.

DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Autoría

Yo, **Christian Andrés Cuenca Patiño**, con 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:

Autor: Christian Andrés Cuenca Patiño

Cédula: 1104902711

Fecha: 29/06/2023

Correo electrónico: christian.cuenca@unl.edu.ec

Teléfono: 0989915673

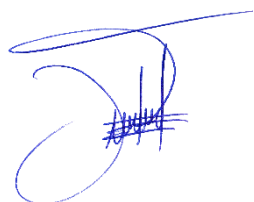
Carta de autorización del por parte del autor para la consulta, reproducción parcial o total y/o publicación electrónica de texto completo, del Trabajo de Integración Curricular.

Yo, **Christian Andrés Cuenca Patiño**, declaro ser autor del Trabajo de Integración Curricular denominado **Efecto de diferentes intensidades de luminosidad sobre variables de rendimiento en cacao (*Theobroma cacao* L.) clon EETP 800 en la estación experimental el Padmi, Zamora Chinchipe**, como requisito para optar el título de **Ingeniero Agrónomo**, y 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 veintinueve días del mes de junio del dos mil veintitrés.



Firma:

Autor: Christian Andrés Cuenca Patiño

Cédula: 1104902711

Correo electrónico: christian.cuenca@unl.edu.ec

Teléfono: 0989915673

DATOS COMPLEMENTARIOS:

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

Dedicatoria

Primeramente, a Dios por ser una guía espiritual, y darme la fortaleza necesaria en momentos de dura prueba.

Dedico de manera especial a mis padres Angel y Elvia, por velar mis sueños, enseñarme el valor del esfuerzo, sacrificio y entrega; a mis hermanos Andrea, Byron y a mi sobrina Kristel; que me han apoyado desde el inicio de mi formación profesional y finalmente a demás familiares, amigos que estuvieron a mi lado acompañándome, ayudándome en este largo proceso y poder cumplir esta meta.

Por último, a las personas que estuvieron acompañándome y tuvieron que partir, les dedico con cariño hasta el cielo.

Con amor y cariño..

Christian Andrés Cuenca Patiño

Agradecimiento

A Dios Todopoderoso, por haberme dado la vida, salud y sabiduría necesaria para culminar con éxito y satisfacción mi etapa universitaria.

Mi profundo agradecimiento a mis queridos padres Angel y Elvia, quienes con sacrificio y esfuerzo me brindaron su apoyo incondicional para seguir adelante y con ello lograr esta anhelada meta, gracias por sus sabios consejos y por ser el ejemplo de esfuerzo y valentía; a mis hermanos quienes han sido parte de mi inspiración, motivación y ejemplo de lucha para seguir adelante hasta verme realizado como profesional.

Mi sincero agradecimiento a la Universidad Nacional de Loja y en especial a la Carrera de Agronomía por haberme abierto las puertas y formarme académica y profesionalmente; a los docentes por el apoyo brindado a lo largo de mi formación académica, por su tiempo, conocimientos y experiencias impartidas, a los amigos que compartimos experiencias inolvidables durante toda mi vida universitaria.

Un especial agradecimiento al Ing. Johnny Granja, por compartir sus conocimientos, experiencia y ser guía en la culminación del presente trabajo, todo el equipo de investigación del proyecto de cacao de la UNL, también, al personal y directivos de la Estación Experimental “El Padmi”, por haberme brindado el espacio donde se desarrolló el ensayo de la investigación de la presente Tesis.

Christian Andrés Cuenca Patiño

Índice de contenidos

Portada	i
Certificación	ii
Autoría	iii
Carta de autorización	iv
Dedicatoria	v
Agradecimiento	vi
Índice de contenidos	vii
Índice de Tablas	ix
Índice de Figuras	x
Índice de Anexos	xi
1. Título	1
2. Resumen	2
2.1 Abstract	3
3. Introducción	4
3.1 Objetivo general:	6
3.2 Objetivos específicos:	6
4. Marco teórico	7
4.1 Generalidades del cultivo de cacao	7
4.2 Origen	7
4.3 Taxonomía	7
4.4 Morfología	7
4.5 Variedades de cacao en el país	8
4.5.1 Cacao Criollo:	8
4.5.2 Cacao Forastero:	9
4.5.3 Cacao Trinitario:	9
4.6 Clasificación comercial del cacao	9
4.6.1 Cacao ordinario:	9
4.6.2 Cacao fino o de aroma:	9
4.7 Clones de cacao en Ecuador	9
Clon CCN51:	10
Clones INIAP EETP 800 y 801:	10

4.8 Luminosidad en el cacao	10
4.9 Sombra en el cacao	10
4.10 Sistemas de producción bajo sombra.....	11
4.11 Radiación fotosintéticamente activa (PAR)	12
4.12 Ecofisiología del cacao	13
5. Antecedentes de cultivo de cacao bajo sombra	15
6. Metodología.....	16
6.1 Localización de estudio	16
6.2 Tipo y alcance de la investigación	16
6.3 Diseño experimental y esquema de campo.....	17
6.4 Modelo matemático	17
6.5 Metodología general	18
6.6 Metodología para el primer objetivo	19
6.7 Metodología para el segundo objetivo.....	21
6.8 Análisis estadístico	22
7. Resultados	23
7.1 Resultados para el primer objetivo	23
7.2 Resultados para el segundo objetivo	28
8. Discusión.....	32
9. Conclusiones.....	36
10. Recomendaciones.....	37
11. Bibliografía.....	38
12. Anexos.....	43

Índice de Tablas

Tabla 1. Taxonomía del cacao.....	7
Tabla 2. Características bromatológicas de las muestras de almendras de cacao de los diferentes tratamientos de sombra.....	26

Índice de Figuras

Figura 1. Mapa de ubicación de la Quinta experimental El Padmi.....	16
Figura 2. Delineamiento del diseño experimental de distribución de plantas de cacao en función de la intensidad de sombra en una plantación de cacao EETP800 en la Estación Experimental El Padmi (Zamora Chinchipe).....	17
Figura 3. Diámetro de copa a los 0 días y 105 días después de la implementación de tratamiento 0%, 35% y 80% de sombra.; no existe diferencia significativa. Las barras sobre las columnas de los tratamientos representan el error estándar de la media.	23
Figura 4. Comparación del peso de las mazorcas de los tratamientos 0%, 35% y 80%. Las barras sobre las columnas de los tratamientos representan el error estándar de la media.	24
Figura 5. Peso de las semillas de las mazorcas obtenidas de los tratamientos 0%, 35% y 80%. Las barras sobre las columnas representan el error estándar de la media.	25
Figura 6. Número de semillas por fruto cosechado de los tratamientos 0%, 35% y 85%..	25
Figura 7. Número de frutos estimado por planta de los distintos tratamientos, 0%, 35% y 80% de sombra	26
Figura 8. Rendimiento en g calculado por los diferentes tratamientos 0%, 35% y 85% de sombra. Las barras sobre las columnas representan el error estándar de la media.	27
Figura 9. Rendimiento estimado en t/ha por cada tratamiento se sombra.....	28
Figura 10. Índice de área foliar desde los 0 y 105 días por cada tratamiento de sombra 0%, 35% y 80%.....	28
Figura 11. Evolución del índice SPAD, la cual no mostró diferencias significativas, la comparación de los días después del tratamiento, desde los 21 días hasta los 105 días.....	29
Figura 12. Evolución de radicación PAR dentro de la planta, con respecto al transcurso de la hora del día.	30
Figura 13. Valores de Conductividad eléctrica (A), Temperatura del suelo (B) y Humedad del suelo (C) durante 21, 63 y 105 días después de la implementación.	31

Índice de Anexos

Anexo 1. Vista general de la plantación de cacao, El Padi, Zamora Chinchipe.	43
Anexo 2. Etiquetado de unidades experimentales y control de malezas.....	43
Anexo 3. Toma de datos, Índice SPAD, TDR y Radiación PAR.	44
Anexo 4. Mazorcas de cacao EETP 800.	45
Anexo 5. Análisis en laboratorio de bromatología.....	45
Anexo 6. Toma de datos: pH, °Brix del mucilago, obtención de cenizas.	46
Anexo 7. Certificación de traducción de abstract.....	47

1. Título

Efecto de diferentes intensidades de luminosidad sobre variables de rendimiento en cacao (*Theobroma cacao* L.) clon EETP 800 en la estación experimental el Padmi, Zamora Chinchipe.

2. RESUMEN

El cacao (*Theobroma cacao* L.) es un cultivo de mucha importancia a nivel mundial, con su origen en Palanda. Ecuador es reconocido por su cacao fino de aroma, valorado por su sabor y calidad. El país se destaca por su compromiso con prácticas sostenibles de producción, incluyendo la preservación de variedades autóctonas e implementación de prácticas agrícolas responsables. Sin embargo, el bajo rendimiento es el principal problema que afecta al sector cacaotero, el uso de sombra en el cultivo de cacao en Ecuador es una práctica común, así que finalidad del estudio se da ya que no existe claridad sobre el uso de sombra. Es por lo que se evaluó la incidencia de sombra sobre la producción del cacao clon EETP-800. El ensayo se efectuó en la estación experimental “**El Padmi**”, situada en la provincia de Zamora Chinchipe. Se estableció en un Diseño Completamente al Azar (DCA), con 7 repeticiones, los tratamientos establecidos fueron: sin sombra 0 % y sombra al 35 % y 80 %. Las variables evaluadas fueron, diámetro de copa, peso de la mazorca y semillas frescas, número de semillas y frutos por planta, composición química del mucilago y el rendimiento estimado. Además, se midió el Índice de área foliar, índice SPAD, radiación PAR y la conductividad eléctrica del suelo. El efecto de los tratamientos sobre las variables dependientes se evaluó mediante ANOVA y test de medias (Tukey) ($p=0,05$) para las variables que fueron significativas. Los resultados muestran que, en cuanto variables de rendimiento, no se encontraron diferencias significativas, donde la sombra no tuvo incidencia. En cuanto al IAF, SPAD, CE; no hubo variaciones significativas, en cambio en la temperatura y humedad, a los 105 días obtuvo un mayor valor debido al cambio de clima. En general los resultados de este trabajo no mostraron diferencias significativas sobre los parámetros de rendimiento, lo que se indicaría que en clon EETP800 puede no necesitar sombra en esta zona.

Palabras Clave: Rendimiento, PAR, *Theobroma cacao* L., SPAD, niveles de sombra.

2.1 Abstract

Cocoa (*Theobroma cacao* L.) is a very important crop worldwide, with its origin in Palanda. Ecuador is recognized for its fine cocoa aroma, valued for its flavor and quality. The country stands out for its commitment to sustainable production practices, including the preservation of native varieties and implementation of responsible agricultural practices. However, low yields are the main problem affecting the cocoa sector, and the use of shade in cocoa cultivation in Ecuador is a common practice. Therefore, the incidence of shade on the production of cocoa clone EETP 800 was evaluated. The trial was carried out at the experimental station "**El Padmi**", located in the province of Zamora Chinchipe. It was established in a Completely Randomized Design (CRD), with 7 replications, the treatments established were 3: no shade 0 % and shade at 35 % and 80 %. The variables evaluated were crown diameter, ear weight and fresh seeds, number of seeds and fruits per plant, chemical composition of the mucilage and estimated yield. In addition, leaf area index, SPAD index, PAR radiation and soil electrical conductivity were measured. The effect of the treatments on the dependent variables was evaluated by ANOVA and Tukey test ($p < 0.05$) for the variables that were significant. The results show that, in terms of yield variables, no significant differences were found, where shade had no incidence. As for the IAF, values ranging from 3.45 at 21 days to 4.65 at 105 days after treatment, the SPAD index and shade with 35 % and 80 % obtained the highest values with 50.91 and 50.72. The EC did not show significant variations, on the other hand, temperature and humidity, at 105 days obtained a higher value of 0.34 m³/m³, due to the rainy season in the area. PAR radiation showed values ranging from 200 to 1256.5 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-2}$ as a maximum peak. In general, the results of this work did not show significant differences on yield parameters, which would indicate that clone EETP 800 may not need shade in this area.

Key words: Yield, PAR, *Theobroma cacao* L., SPAD, shade levels.

3. Introducción

El cacao está distribuido en casi todo el mundo, en regiones cálidas y húmedas en países ubicados en cuatro continentes: África, América, Asia y Oceanía; principalmente la mayoría de ellos son países de América en los cuales se produce cacao a nivel comercial, siendo este un cultivo de gran importancia económica, social, ambiental y cultural para los territorios en donde se produce. La producción actual a nivel mundial de cacao es de 5 252 377 toneladas con rendimientos promedio de 470 kg ha⁻¹, donde África es el principal productor de cacao y aporta con el 67,1 % de la producción mundial, mientras tanto América contribuye con un 17,0 % de la producción mundial (FAOSTAT, 2020)

Es un rubro de gran importancia que genera significativas fuentes de ingresos económicos y brinda trabajo a miles de personas, además, contribuye con el 5 % de la población económicamente activa nacional (PEA) y el 15 % del PEA rural, constituyéndose en base fundamental de la economía familiar del sector costero y la Amazonía ecuatoriana (ANECACAO, 2019)

El cultivo de cacao en Ecuador rodea las 590 579 ha, con una producción promedio baja de 327 347 Tm, siendo Los Ríos la provincia con mayor producción con alrededor de 93 Tm. (ESPAC, 2020). Ecuador se caracteriza por producir cacao fino de aroma, producto altamente apetecido por los mercados internacionales, sin embargo, la baja producción de este tipo de cacao ha llevado a los agricultores a optar por otras variedades de mayor rentabilidad, los bajos rendimientos del cacao nacional se atribuyen al uso de genotipos de origen genético desconocido, sin seleccionar, mezclados y de poca productividad (Sánchez et al., 2014).

Otros factores que contribuyen a la baja productividad son la presencia de enfermedades, falta de conocimiento técnico sobre variedades, uso y aplicación de sistemas de sombra, de las cuales se registran pérdidas de hasta el 80 % de la producción por unidad de superficie (Solís et al., 2015)

En la actualidad una gran cantidad de personas a nivel mundial viven de esta actividad, así como las enormes extensiones plantadas y demanda creciente, al incrementar la productividad se puede satisfacer esa demanda manteniendo las áreas plantadas e incluso reduciendo las mismas con mayor rentabilidad.

Abdulai et al. (2018) establece que los árboles de sombra pueden tener una relación positiva con el beneficio de cacao a través de los aportes de nutrientes de la hojarasca al suelo, aunque también se ha demostrado que los árboles de sombra tienen una relación negativa, ya que el follaje de los árboles impide el ingreso de la radiación fotosintéticamente activa de manera directa hacia las hojas de la planta, por lo tanto, existiría menor fotosíntesis y por ende reduce la producción, la diversificación de manejo de árboles de sombra en los sistemas de cultivo de cacao en diferentes regiones climáticas dentro del cinturón cacaotero debería ser el primer paso hacia el diseño de vías de adaptación prometedoras.

Para incrementar producción apareció el clon de cacao 'CCN 51' desarrollado por Homero Castro en 1960. Este cultivar es precoz, produce después de 2 años de trasplantado, sus almendras tienen un alto contenido de grasa (54 %) y un alto peso promedio de grano. Sin embargo, este clon tiene características menos deseables en el mercado como: pH bajo para testa y cotiledón, una cantidad moderada a baja de sabor de cacao y altos niveles de amargor y astringencia. Se considera un cultivar tolerante a la enfermedad escoba de bruja (*Moniliophthora roreri*) siendo su principal inconveniente la baja calidad con respecto a cacao conocido como fino de aroma o cacaos de tipo nacional (Romero, 2019).

Los clones INIAP EETP 800 e INIAP EETP 801, son el resultado de más de dos décadas de investigación y desarrollo en el área de mejoramiento genético de cacao en Ecuador, con lo cual se demuestra que sí es posible aumentar significativamente los niveles de producción por hectárea en el cacao tipo Nacional fino y de aroma, a niveles iguales o superiores al CCN51 (INIAP, 2020). La precocidad y el alto rendimiento de ambos clones, aporta al crecimiento de la productividad por hectárea y a la oferta exportable de cacaos finos (INIAP, 2020), el inconveniente en la actualidad se da ya que aún no se conoce con exactitud o la información es muy escasa sobre los efectos de rendimiento de dicho genotipo en la zona amazónica del Ecuador.

El siguiente proyecto de tesis está enfocado al Cacao clon EETP800 mismo que se encarga del estudio sobre las variables productivas bajo diferentes niveles de sombra en el cultivo, con el fin de aplicar los conocimientos de estudios científicos revisados previamente, a fin de analizarlos y mejorar el rendimiento del cultivo establecido en el área de estudio, que se encuentran ubicados en la finca experimental universitaria en la provincia de Zamora Chinchipe.

El proyecto de realizará con base en los siguientes objetivos:

3.1 Objetivo general:

- Determinar el efecto de las diferentes intensidades de luminosidad sobre las variables de rendimiento de cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L) clon EETP 800.

3.2 Objetivos específicos:

- Analizar el efecto de tres niveles de sombra cacao clon EETP800 sobre variables de rendimiento.
- Identificar la intensidad de luminosidad que usa el cacao EETP 800 en términos de radiación PAR.

El proyecto de integración curricular se establece dentro de los objetivos de desarrollo sostenible ODS de las Naciones Unidas, principalmente el que hace referencia al punto 12 “**Producción y consumo responsables**” especialmente debido a que el cacao no es un producto de primera necesidad siendo su uso principal como materia prima para la industria (ONU, 2015).

Finalmente, es importante destacar que la Carrera de Ingeniería Agronómica dentro del plan de estudios cuenta con líneas de investigación de gran relevancia: que abarcan temas de este tipo como: *Sistemas alimentarios sostenibles para la soberanía alimentaria, Alternativas de aprovechamiento y conservación de los recursos para la biodiversidad y Generación y validación de tecnologías apropiadas para la producción de frutales y cultivos*, que permitirán reforzar conocimientos en dichas líneas aportando con investigación a la carrera, Finalmente es importante destacar que esta investigación está inmersa dentro del Macroproyecto de la Universidad Nacional de Loja denominado “**Comportamiento del cacao (*Theobroma cacao* L) bajo diferentes condiciones de luminosidad en etapa inicial de producción en la Región sur del Ecuador**”.

4. Marco Teórico

4.1 Generalidades del cultivo de cacao

El cacao (*Theobroma cacao* L.) es una especie del género *Theobroma* de la familia Malvaceae, la cual cuenta con más de 22 especies. Se trata de un cultivo tropical, que está extendido en África, Asia, Oceanía y América, en plantaciones destinadas a producir sus almendras, que son utilizadas para la producción de chocolates y grasas por industrias alimentarias o cosmetológicas. Tradicionalmente el sistema de clasificación que aún se emplea indica que existen básicamente tres tipologías de cultivares a partir de los cuales se desprenden las variedades, híbridos y clones que hoy se siembran a nivel mundial (Arvelo et al., 2017)

4.2 Origen

Es una planta originaria de los trópicos húmedos de América, su centro de origen se cree estar situado en el noroeste de América del sur, en la zona amazónica, hacia donde nacen los ríos Napo, Putumayo y Caquetá, tributarios del Amazonas. Sin embargo, existe mucha controversia para explicar cómo llegó el cacao hasta Mesoamérica, especialmente porque en Mesoamérica existe abundante evidencia sobre su domesticación, cultivo y uso, mientras que en Sudamérica la evidencia es muy escasa (Pérez et al., 2021)

4.3 Taxonomía

Según Montes (2016) el cacao se clasifica de la siguiente manera:

Tabla 1. Taxonomía del cacao.

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Malvales
Familia	Malvaceae / Sterculiaceae
Género	<i>Theobroma</i>
Especie	<i>Theobroma cacao</i> L

4.4 Morfología

Su semilla se encuentra dentro del fruto. El número, tamaño y forma de las semillas dependerá de la variedad, son de forma aplanada o redonda de 2 cm a 4 cm de tamaño, están ubicadas en cinco hileras dentro del fruto.

Tiene una raíz principal pivotante muy profunda que puede llegar a medir hasta 1 m de profundidad. Si se siembra las plantas con la raíz torcida el árbol se desarrollará de manera anormal y su producción será baja y a futuro tendrá que cambiar la planta.

La planta proviene de semilla que produce un tallo erecto el cual puede llegar a medir de 1m a 1,50 m de altura, de este emergen las ramas en número de 3 a 5 con un crecimiento horizontal formando el llamado abanico u horqueta. Una vez formado la horqueta la yema terminal se elimina, y el siguiente crecimiento vertical ocurre por un chupón que sale de la parte inferior de la horqueta y asciende para luego repetir de la misma manera unos centímetros más arriba.

El cacao tiene dos tipos de ramas: “El tipo vertical (o chupón) y “El tipo de abanico” que tiene hojas alternas creciendo indefinidamente y dando origen a ramas laterales de su mismo tipo, las hojas son de color verde oscuro y delgado, de tamaño mediano y son de textura firme, se encuentran unidas a las ramas por el peciolo, es una planta cauliforo quiere decir que las flores y los frutos brotan en las partes más viejas de la planta como tronco y ramas desprovistas de hojas. Las flores salen donde antes había hojas y siempre brotan en el mismo lugar.

Su fruto es una baya, tiene diferentes tamaños, colores y formas según la variedad. Tiene un tamaño aproximado de 30 cm de largo y 10 cm de ancho, por lo general contiene de veinte a cuarenta semillas y están rodeadas por una pulpa que se forma del integumento externo del óvulo (Torres, 2012)

4.5 Variedades de cacao en el país

4.5.1 Cacao Criollo:

Corresponde a una planta de poco vigor y bajo rendimiento, destacándose la alta calidad de sus semillas. Este tipo de cacao posee un cotiledón de color entre marfil pardusco y castaño muy claro, con un olor de cacao dulce unido a un aroma delicado característico. Ejemplos de cacao Criollo son algunos tipos de cacao cultivados en Venezuela, en el Caribe y Papua Nueva Guinea.

4.5.2 Cacao Forastero:

Se caracteriza por ser de mayor tolerancia a las enfermedades que el cacao Criollo. Representa aproximadamente un 95 % de la producción mundial, proveniente de los países de África Occidental y Brasil.

4.5.3 Cacao Trinitario:

Es más resistente y productivo que el cacao “Criollo”, pero de inferior calidad. Es el resultado del cruce entre el cacao “Forastero” y el “Criollo”. Es producido en Granada, Jamaica, Trinidad y Tobago, Colombia, Venezuela y América Central.

4.6 Clasificación comercial del cacao

Desde el punto de vista comercial e industrial, en el mercado mundial generalmente se clasifican los granos de cacao en dos categorías:

4.6.1 Cacao ordinario:

Granos producidos por los cacaos tipo “Forastero”; éstos son utilizados en la fabricación de manteca de cacao y de productos que tengan una elevada proporción de chocolate.

4.6.2 Cacao fino o de aroma:

En términos generales, los granos de cacaos “Criollos” y “Trinitarios” corresponden a lo que en el mercado mundial se conoce como cacao fino o de aroma. Éste es utilizado usualmente en mezclas con granos ordinarios o “Forasteros” para producir sabores específicos en los productos terminados. Los granos correspondientes a esta categoría dan características específicas de aroma o color en chocolates finos de revestimientos o capas de cobertura. También se usan para producir cacao en polvo que se emplea como aroma en algunas recetas y en la preparación de algunos alimentos y bebidas.

La oferta mundial de cacao fino o de aroma es relativamente reducida y representa aproximadamente el 5% del cacao producido en el mundo (Quintero & Díaz, 2004)

4.7 Clones de cacao en Ecuador

Pacherrez (2015) menciona que existen varios tipos de cacao que son cultivados en nuestro país, siendo la variedad nacional la más buscada entre los fabricantes de chocolate, debido a que posee buena la calidad de sus granos y una gran exquisitez de su aroma.

Clon CCN51:

El clon CCN 51 fue obtenido del híbrido entre los clones ICS - 95 x IMC - 67 y un segundo cruce con un cacao del Oriente ecuatoriano denominado “Canelos”. Se destaca por su alta productividad, calidad y resistencia a plagas y enfermedades como la escoba de bruja (*Monillioptera perniciosa*), mal del machete (*Ceratocystis cacaofunesta*) y monilla (*Monillioptera roreri*) (ANECACAO, 2019).

El 27 de octubre del 2016, fueron expuestos los clones EETP-800 y EETP-801 cacaos finos de aroma y de alto rendimiento, cuyo uso principal es la elaboración de chocolate a nivel nacional e internacional, adaptándolos en las zonas agroecológicas del Ecuador para rehabilitar las huertas usuales de los productores que realizan agricultura familiar y que poseen un rendimiento superior a 2 toneladas por hectárea.

Clones INIAP EETP 800 y 801:

Los clones INIAP-EETP-800 e INIAP-EETP-801 presentan 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 (INIAP, 2020).

4.8 Luminosidad en el cacao

La acción directa de la luz activa la fotosíntesis, proceso mediante el cual la planta elabora sus compuestos nutricionales a través de sus hojas en presencia de luz solar, agua y nutrientes que toma del suelo, requiere más sombra en sus primeros meses de desarrollo, ya que es afectada por la incidencia directa de la luz en estas etapas. Su fotosíntesis ocurre a una baja intensidad lumínica, las plantas se saturan a una intensidad de flujo fotónico de entre 400 y 600 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ (25-30 % de radiación máxima en un día despejado). La cantidad de luz que debe recibir un cultivo de cacao depende mucho de la disponibilidad de agua y nutrientes del suelo. Es aconsejable más sombra en suelos pobres y más luz en suelos fértiles, por lo que se estima que cinco horas de luz solar son necesarias para el desarrollo óptimo de este cultivo (Infocacao, 2015)

4.9 Sombra en el cacao

El cacao comúnmente se ha venido cultivando de diferentes formas, entre ellas la más tradicional es con sombra, misma que puede ser permanente o temporal. La ausencia de

sombra ha demostrado tener un impacto negativo en el almacenamiento de nutrientes, afectando al rendimiento del cacao.

La sombra cumple la función como elemento regulador de las actividades fisiológicas de las plantas de cacao, para el establecimiento de una plantación se consideran los niveles de sombra en función de las condiciones climáticas de la zona.

Según Lutheran (2022) el exceso de sombra afecta el desarrollo del cultivo, principalmente su capacidad de florecer y producir mazorcas, mucha sombra crea un ambiente favorable para el desarrollo de ciertas plagas y enfermedades, las cuales afectarán la producción del cacao y, en consecuencia, su rentabilidad, el cacao es una planta que crece bien bajo sombra de otros árboles, pero si se desea producir cacao para la venta, es necesario atender con cuidado el grado de sombra que los árboles acompañantes proporcionan.

Jaimez et al. (2008) establece que el uso de sombra en cacao debe tener un manejo adecuado y equilibrado (tipo de especie, densidades, arreglos de plantación) cuyo porcentaje a manejar está en relación con la fertilidad del suelo, con el fin de reducir la competencia por el agua y nutrientes, la excesiva sombra o la presencia de árboles inadecuados pueden afectar el desarrollo de las plantas, reduciendo la producción de flores, y afectar la calidad de los frutos por la incidencia de enfermedades fúngicas y bacterianas, además al cultivarse bajo árboles de sombra se alteran los patrones de distribución de raíces en respuesta a la competencia por agua y nutrientes, en cambio Álvarez et al. (2015) indican que las plantas de cacao requieren sombra parcial tanto en etapa de crecimiento como de producción.

4.10 Sistemas de producción bajo sombra

Una de las informaciones requeridas a menudo para estudiar el balance energético o el crecimiento de un cultivo particular es la radiación solar. La luz solar es un factor altamente heterogéneo en los ecosistemas y a su vez es la principal fuente de energía, imprescindible para la vida de las plantas. La radiación disponible influye en numerosos procesos fisiológicos, morfogénicos y reproductivos; los rayos directos del sol proporcionan la cantidad y una calidad de luz necesarias para la fotosíntesis, proceso en el que las plantas a través de las hojas utilizan la luz para convertir el agua y el dióxido de carbono en energía (Hernández et al., 2019).

Las plantas de cacao son sensibles a la intensidad lumínica, provocando en ocasiones defoliación de las puntas de las ramas por afectación de insectos chupadores, éstas se

intensifican a consecuencia de la falta de sombra; de allí la importancia de manejar las plantas de cacao bajo un sistema de sombreado adecuado.

Andrade et al. (2013) afirma que un sistema agroforestal es la asociación de cultivos y árboles, se caracteriza por diversificar la producción, regenerar suelos degradados, retener la humedad en el suelo, disminuir altas temperaturas y, reducir incidencia de plagas y enfermedades. Así mismo Sánchez & Higuera (2008) indican que los sistemas agroforestales son sistemas de producción donde se combinan cultivos agrícolas con árboles, permiten mantener la biodiversidad, reducir la erosión, absorber dióxido de carbono, mantener la calidad y cantidad del agua, mayor generación de empleo, abonamiento de los cultivos, entre otros.

Montes (2019) afirma que es recomendable implementar sistemas agroforestales en asociación al cultivo cacao ya que este cultivo requiere de sombra constante, además de proporcionar sombra natural le puede generar ingresos extras al agricultor y aporta biomasa; en sistemas de sombra con cacao se pueden asociar especies maderables y frutales como permanente.

Los sistemas agroforestales en zonas secas y semiáridas representan una forma de manejo sostenible de la tierra, a través del incremento en la productividad en corto, mediano y largo plazo.

De acuerdo con Quiroz & Mestanza (2012), las principales ventajas del cacao bajo Sistemas Agroforestales son:

- Los SAF proporcionan mejoramiento de las propiedades del suelo a través de la incorporación de materia orgánica.
- Los SAF protegen al cacao de los efectos de rayos solares directos y al suelo de la erosión.
- Los SAF permiten la reducción de la incidencia de malezas.
- El sistema radicular de los árboles mantiene la humedad en el suelo.
- Se produce un mejoramiento del microclima.

4.11 Radiación fotosintéticamente activa (PAR)

Se entiende por radiación solar fotosintéticamente activa, la cantidad total de energía proveniente del sol en forma de fotones y con longitudes de onda entre los 400 y los 700 nanómetros (nm). Ha sido establecida como uno de los factores determinantes para estimar

el rendimiento potencial de los cultivos ya sean densos o sembrados en arreglos especiales, en plantas de cacao, se debe tener en cuenta dos etapas bien diferenciadas en el ciclo de crecimiento y de desarrollo. La primera, aproximadamente durante los dos primeros años después de la siembra en campo, coincide con el crecimiento vegetativo, gran acumulación de biomasa en la zona fotosintéticamente activa e intensa respiración de crecimiento. Durante esta fase, las plantas requieren niveles bajos de radiación solar, esto es unos 300 a 400 w.m-2, o 700 a 800 mrnol.m-2, para los primeros dos años de vida de este cultivo, es fundamental contar con sombrero, ya sea en forma de plantas de uso forestal o con hileras transitorias de plátano o banano (Sáenz & Cabezas, 2007).

A medida que la cantidad de radiación fotosintéticamente activa (PAR) es mayor con menos sombra, también es la tasa de fotosíntesis. Si los nutrientes son limitados, la fertilización aumentará los rendimientos cuando se elimine la sombra; pero si el rendimiento es mayor en ausencia de sombra, también aumentan las necesidades de nutrientes para compensar los nutrientes extraídos durante la cosecha, por lo que es necesario aumentar las necesidades de fertilizantes en ausencia de sombra (Van Vliet et al., 2017).

4.12 Ecofisiología del cacao

El cacao presenta una considerable variabilidad genética en rasgos morfológicos y fisiológicos. Cuando se multiplica mediante semillas, inicialmente muestra un patrón de crecimiento ortotrópico que exhibe ciclos de emisión de hojas, en los que la filotaxia es alterna. Además, la emisión de hojas se produce de forma rítmica relativamente independiente del clima, lo que indica que el ritmo de crecimiento está bajo control endógeno. Sin embargo, después de alcanzar aproximadamente de uno a 1,2 m de altura, el crecimiento ortotrópico cesa y la planta emite ramas plagiotrópicas. El número de ramas plagiotrópicas varía de tres a cinco, formando lo que generalmente se denomina la copa o corona del árbol del cacao. Además, existen variaciones inter e intraespecífica para el patrón de crecimiento ortotrópico. Los factores ambientales ejercen una influencia de aproximadamente el 70% en el desarrollo de la planta de cacao en esta etapa.

Las etapas específicas de la brotación de las hojas en la fase de crecimiento ortotrópico son F-1 - hinchazón de la yema: inicio y despliegue de la hoja; F-2 - expansión de la hoja: hojas delgadas, con fuerte pigmentación antocianica y yema apical latente; I-1 - expansión completa de la hoja: enverdecimiento rápido y yema apical latente; I-2 - hojas

verdes oscuras completamente expandidas: yema apical latente. Inmediatamente después de la aparición de la siguiente hoja, las hojas del estadio inicial F-1 son rojas y se colocan casi verticalmente hacia arriba. Sin embargo, con la expansión (etapa F-2) el ángulo tallo: pecíolo disminuye hasta aproximadamente 90° , de manera que el pecíolo permanece horizontal y, con un ángulo de aproximadamente 90° entre la hoja y el pecíolo, la hoja cuelga verticalmente hacia abajo (Almeida & Valle, 2008).

5. Antecedentes de cultivo de cacao bajo sombra

Agudelo et al. (2018) en Rionegro, Santander, se estudió el desempeño fisiológico de nueve genotipos de cacao (*Theobroma cacao* L.) bajo la sombra de tres especies forestales en Santander, Colombia. Los resultados mostraron que, los análisis de varianza realizados a la PAR que llega al dosel del *T. cacao* en los diferentes sistemas de sombrío no detectaron diferencias entre las especies; con relación a los sistemas agroforestales, en Rionegro, se detectaron efectos de los sistemas de sombrío sobre las tasas de fotosíntesis que presentan las plantas de cacao. Estos clones establecidos bajo el sistema de sombrío con *Cariniana pyriformis*, presentan mayores tasas de fotosíntesis ($5,39 \mu\text{moles CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), comparada con tasas de $5,05 \mu\text{moles CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ en los clones bajo sombrío con *Tectona grandis*.

Agele et al. (2016) investigó el efecto de los regímenes de sombra en los gradientes del microclima, la extensión del dosel (índice de área foliar: LAI) y las integrales de luz en plántulas de cacao (*Theobroma cacao* L.) cultivadas en el campo en la estación seca en una zona de selva tropical de Nigeria, los regímenes de sombra probados fueron: sin sombra/abierto al sol, sombra densa y sombra moderada. La intensidad de la sombra afectó la transmisión de la radiación solar a través del dosel del cacao, la radiación activa fotosintética (PAR) y la atenuación de la luz del dosel. Se encontraron diferencias significativas entre exposición al sol (sin sombra) y sombra moderada y densa para el valor del coeficiente de extinción del dosel, la tasa de aparición de hojas fue más rápida en sol abierto en comparación con la intensidad de sombra moderada o densa.

En Ghana se examinaron rendimiento fisiológico de cuatro clones de cacao bajo tres regímenes de sombra artificial en el transcurso de un año en Ghana, las plantas bajo sombra ligera tuvieron tasas fotosintéticas significativamente más altas en las estaciones lluviosas, mientras que en la estación seca hubo una tendencia de tasas fotosintéticas más altas bajo sombra intensa. Los resultados implican que durante las estaciones húmedas la luz fue el principal factor limitante de la fotosíntesis, mientras que en la estación seca el déficit de presión de vapor fue el principal factor limitante de la fotosíntesis a través de la regulación estomática. El área foliar fue generalmente más baja bajo una sombra más intensa, pero la diferencia entre los tratamientos de sombra varió entre los clones (Hadley et al., 2013).

6. Metodología

6.1 Localización de estudio

La investigación se realizó en la Estación Experimental El Padmi, perteneciente a la Universidad Nacional de Loja; ubicada en la parroquia Los Encuentros, del cantón Yantzaza, provincia de Zamora Chinchipe, situado a $3^{\circ} 44' 47.424''$ de Latitud Sur y a $78^{\circ} 37' 10.537''$ de Longitud Oeste (Figura 1). Este clima es considerado AF (ecuatorial, cálido y lluvioso todo el año, sin estaciones) según la clasificación climática de Köppen-Geiger, está ubicado a una altitud media de 820 msnm, con una temperatura media anual de $22,8^{\circ} \text{C}$ y una precipitación de 1 950 mm, repartidas de forma homogénea durante todo el año (Climate-data.org, 2019).

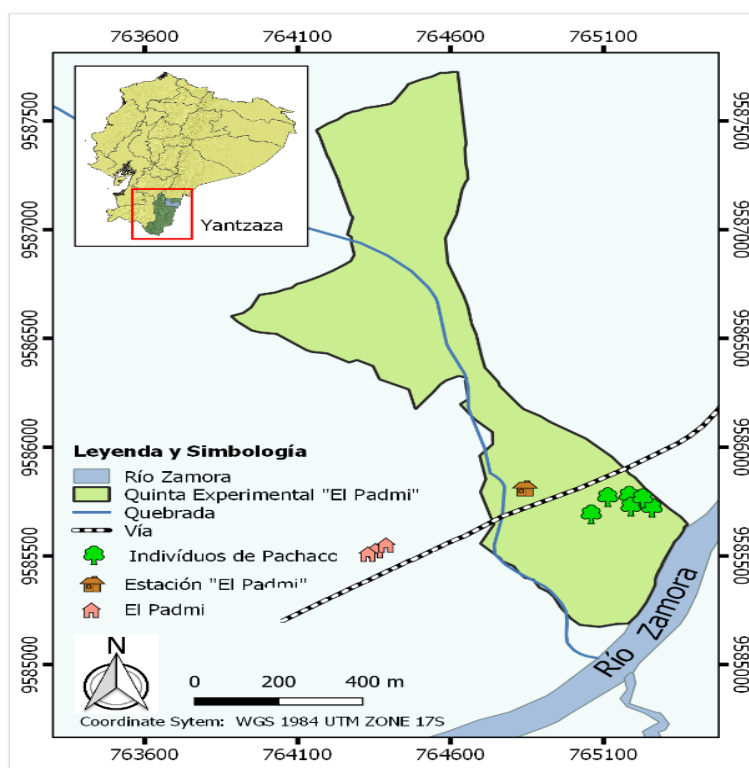


Figura 1. Mapa de ubicación de la Quinta experimental El Padmi.

6.2 Tipo y alcance de la investigación

La investigación realizada fue de tipo experimental, ya que se tuvo como finalidad controlar, observar las características y variables de la población de plantas de cacao, que se desarrolló con base en un diseño en campo aplicando distintos tratamientos; con un enfoque cuantitativo, dado que se recopiló información para ser analizada en la muestra de la

población y así probar e interpretar la hipótesis. El experimento tuvo un alcance descriptivo y explicativo, es decir, tiene que ver con la caracterización de los fenómenos, sucesos y las variables a medir, donde se demostró cómo actúa el cacao en campo con la aplicación de sombra, que se puedan presentar en el proceso del establecimiento del cultivo.

6.3 Diseño experimental y esquema de campo

Se implementó un diseño completamente al azar (DCA), donde el factor principal es la intensidad de sombra en 21 unidades experimentales de plantas de cacao clon EETP800 (descrito en la Figura 2). Para implementar los diferentes niveles de sombra, se emplearon métodos artificiales, utilizando malla sarán, con tres niveles de sombra como tratamientos: 0 %, 35 % y 80 %. Tratamiento 1: 0% de sombra en 7 plantas, Tratamiento2: 35% de sombra en 7 plantas y Tratamiento 3: 80% de sombra en 7 plantas.

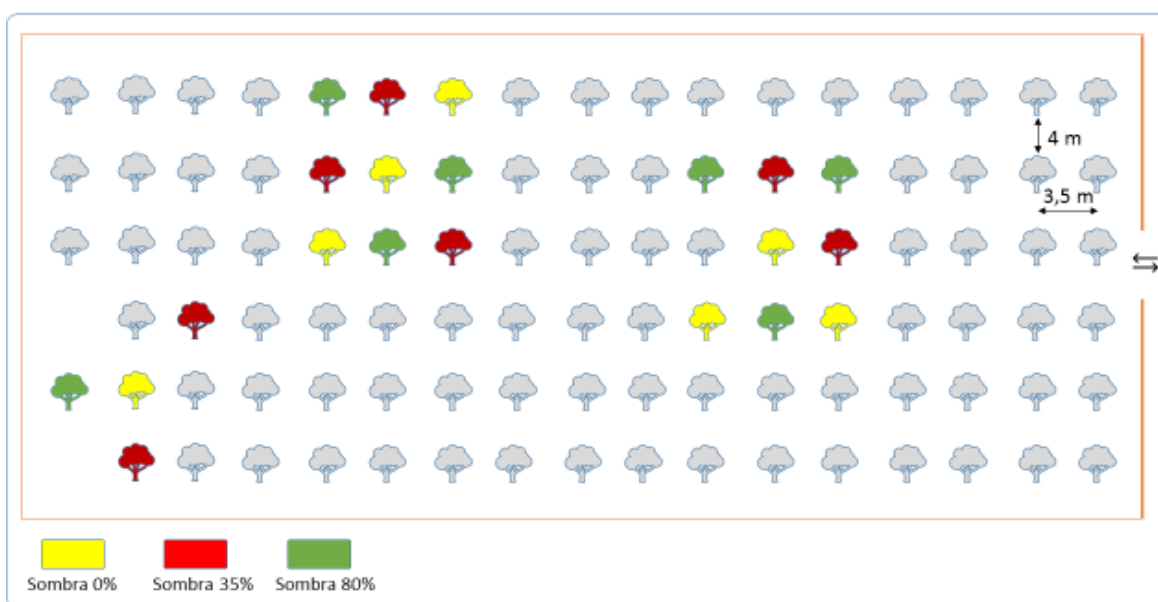


Figura 2. Delineamiento del diseño experimental de distribución de plantas de cacao en función de la intensidad de sombra en una plantación de cacao EETP800 en la Estación Experimental El Padmini (Zamora Chinchipe).

6.4 Modelo matemático

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \epsilon_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = variable respuesta

μ = Media general

α_i = tratamiento (factor sombra)

ϵ_{ij} = Error Experimental

6.5 Metodología general

El siguiente proyecto de investigación se desarrolló en el periodo desde el mes de octubre 2022 hasta febrero 2023, con un total de 160 días aproximadamente, en un cultivo ya establecido de 3 años el cual forma parte del proyecto de investigación “**Comportamiento del cacao (*Theobroma cacao* L.) bajo diferentes condiciones de luminosidad en etapa inicial de producción en la Región sur del Ecuador**”.

La primera fase se realizó en campo con la medición de variables, el terreno consta de 3 780 m, dentro del cual están sembradas un total de 270 plantas, a una distancia de 3,5 m entre surco y 4 m entre plantas, se llevó un registro de datos cada 21 días. El propósito fue identificar el rendimiento que se da con el desarrollo del cultivo en el área sembrada, la malla sarán estaba establecida desde la siembra de las plántulas en la zona de estudio, se levantó a 2 m de altura desde el suelo y se fue ajustando según se desarrollaron las plantas.

Las plantas recibieron el mismo manejo agronómico para no tener fuentes de variación. En el mes de agosto se realizó el control de malezas con una desmalezadora y con la ayuda de tijeras podadoras se eliminó el exceso de ramas innecesarias; para el mes de septiembre se realizó el control de malezas con el herbicida glifosato cuya dosis fue de 150 ml para 20 litros de agua; adicionalmente, cada 21 días se realizó un manejo con el uso de herramientas tradicionales dejando coronas de 1,50 m alrededor de la cada planta.

Para el control de plagas como el grillo se utilizó el producto BANZAI (*Thiamethoxam + Lambdacyhalothrin*) con una dosificación de 40 ml para 20 litros de agua, para el caso del control de la monilia se realizaron controles culturales eliminando los frutos contaminados.

La segunda fase se realizó en el laboratorio de bromatología de la Universidad Nacional de Loja, de las almendras se obtuvieron datos de: grados brix del mucílago, peso de las almendras y el análisis químico de semillas (la grasa total y las proteínas).

6.6 METODOLOGÍA PARA EL PRIMER OBJETIVO

- *Analizar el efecto de tres niveles de sombra cacao clon EETP800 sobre variables de rendimiento.*

6.6.1 Diámetro de copa

Se tomaron medidas del diámetro con un flexómetro en sentido norte-sur y este-oeste, proyectando la copa del árbol en círculo y se promedió y se reemplazó en la fórmula expresando los datos en centímetros (cm). Se realizó al inicio y final de la toma de datos.

$$\text{Diámetro de copa} = \frac{\text{Diámetro de copa 1} + \text{Diámetro de copa 2}}{2}$$

6.6.2 Peso de mazorca

Se evaluó a partir de la longitud del fruto y utilizando una balanza digital para determinar el peso de cada una de las mazorcas, y posteriormente se las promedió.

6.6.3 Peso de las semillas frescas

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

6.6.4 Número de semillas por fruto

Se contó el número total de semillas por fruto en estado de madurez fisiológica.

6.6.5 Número de frutos por planta

Se contó el número total de frutos por cada unidad experimental.

6.6.6 Composición química en mucílago

Sobre el mucílago obtenido se determinó: pH, °Brix, acidez titulable, conductividad eléctrica, cenizas, nitrógeno total, humedad, materia seca, grasa total y proteína. En el Laboratorio de Bromatología de la Universidad Nacional de Loja se determinaron las grasas por Soxhlet. Para ello se prepararon las almendras, previamente se separó la cubierta y posteriormente se molieron las almendras en un mortero hasta obtener una masa homogénea,

luego se pesaron en una balanza digital de la muestra de cacao Clon EETP-800. Se determinó por estufa a 65° un peso constante y se midió la materia seca y proteína bruta mediante el método de Kjeldahl, cenizas por incineración; se empleó la metodología establecida por el Laboratorio de Bromatología de la UNL.

6.6.7 Rendimiento por planta

Se evaluó mediante una matriz de Excel para estimar el rendimiento con las mazorcas por cada unidad experimental por cada tratamiento dado, la diámetro y número de frutos por planta

6.6.8 Rendimiento estimado

El rendimiento por hectárea se calculó mediante el producto del peso promedio de la semilla seca, el número de semillas por fruto, el número de frutos por planta y multiplicado por la densidad de siembra durante la duración del proyecto.

$$RE = PPSS \times NF \times DS$$

6.7 METODOLOGÍA PARA EL SEGUNDO OBJETIVO

- *Identificar la intensidad de luminosidad que usa el cacao EETP 800 en términos de radiación PAR.*

6.7.1 Índice de área foliar (IAF)

Se midió esta variable para identificar cuánto crece la planta al medir el ancho de 10 hojas al azar de la planta, cuando se somete a sombra; se calculó el índice de área foliar de la planta (IAF) de cacao. El IAF indica la relación entre el área foliar total y la superficie del suelo que ocupa dicha área. Se tomó todas las plantas por tratamiento, sumar los valores obtenidos de cada hoja por planta. Se calculó con la ecuación empleada por Herrera et al., (2022)

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

La superficie que la planta ocupa en el suelo corresponde a la distancia entre planta y la distancia entre hileras, que es 14 m² (3,5 m x 4 m).

6.7.2 Índice SPAD

La concentración se midió con un SPAD (Soil Plant Analysis Development), identificado como Minolta SPAD-502, el cual determina la cantidad relativa de clorofila presente, se midió para identificar cómo influye la luminosidad en la presencia de clorofila en las hojas. Se tomaron 3 medidas en diferentes partes de la hoja, las cuales fueron promediadas por el instrumento de medida, en 4 hojas de cada unidad experimental, de igual manera se midió cada 21 días.

6.7.3 Radiación PAR

Se midieron los niveles de radiación, se utilizó el piranómetro Apogee cual mide en $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{a}$ durante todo el día desde las 9am hasta las 16pm, fuera de las plantas con malla sarán.

6.7.4 Conductividad eléctrica, temperatura y humedad del suelo

Se tomaron datos cada 42 días (al inicio, mitad y al finalizar el proyecto) con la ayuda de un TDR, en dos puntos aleatorios alrededor del tronco de la planta, aproximadamente a 0,50 cm del tallo y a una profundidad de 0,10 cm, el instrumento otorga información de conductividad eléctrica y adicional datos de humedad y temperatura.

6.8 Análisis estadístico

El análisis estadístico se realizó con el software INFOSTAT, en el que se utilizó el Análisis de supuestos de Shapiro Wilks; QQPlot para determinar si los datos poseen distribución normal y test de Levene o grafico de residuos vs predichos para analizar el supuesto de homocedasticidad. Mientras que, para para determinar si existe o no diferencia significativa entre los tratamientos se utilizó ANOVA, Para variables que presentaron diferencias significativas se utilizó prueba de Tukey (95 %). El análisis estadístico se ejecutó utilizando el software InfoStat, en su versión más reciente 2020.

7. Resultados

7.1 Resultados para el primer objetivo

Diámetro de copa

En la medición de la variable de diámetro de copa (Figura 3) sometido a los tres tratamientos con respecto a los 0 y 105 días, estos no presentaron diferencias significativas ($p= 0,6660$) con un diámetro que va desde los 1,55 m a los 1,84 m del Cacao Clon EETP 800.

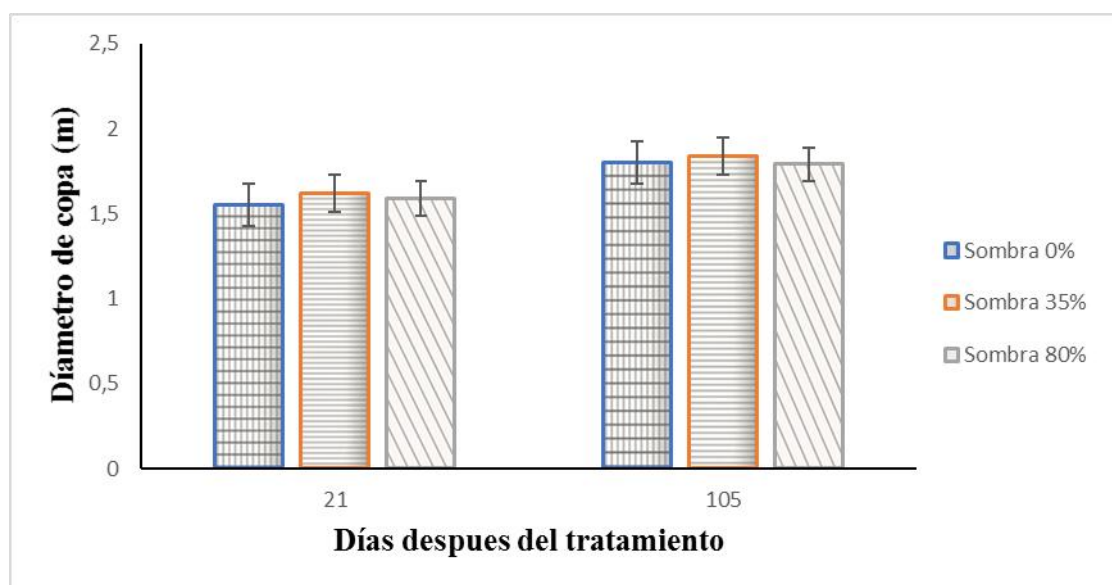


Figura 3. Diámetro de copa a los 0 días y 105 días después de la implementación de tratamiento 0%, 35% y 80% de sombra.; no existe diferencia significativa. Las barras sobre las columnas de los tratamientos representan el error estándar de la media.

Peso de la mazorca

Los resultados con respecto al peso de la mazorca con las tres muestras obtenidas no hubo diferencias significativas en el análisis descriptivo, los pesos variaron de 318 g y 412 g, como se observa en la (Figura 4), donde se obtuvo un mayor peso en la mazorca del tratamiento 0 % de sombra y un peso similar en los tratamientos 35 % y 80 % de sombra.

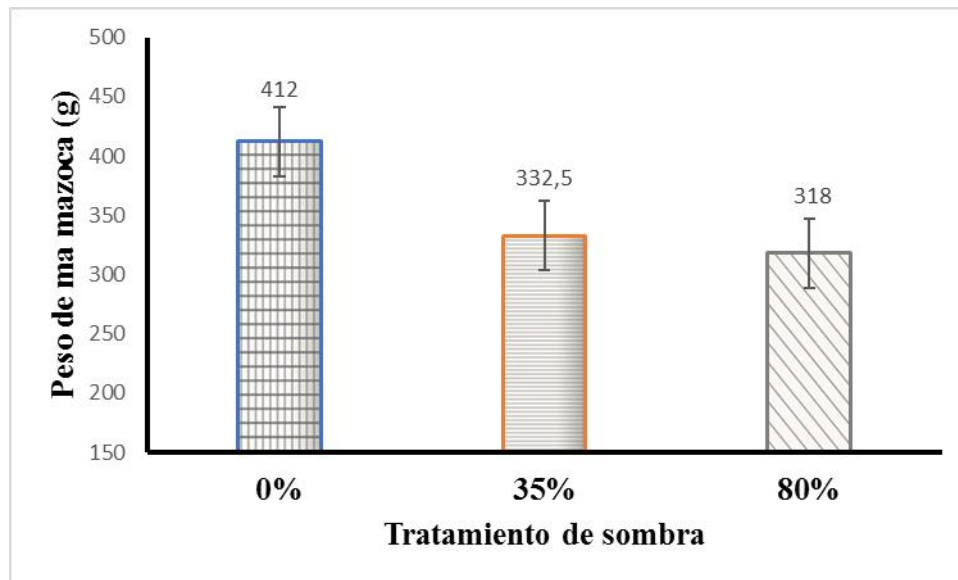


Figura 4. Comparación del peso de las mazorcas de los tratamientos 0%, 35% y 80%. Las barras sobre las columnas de los tratamientos representan el error estándar de la media.

Peso de las semillas frescas

Como se puede observar (Figura 5) las semillas de las mazorcas de cacao EETP800 no existieron diferencias en el análisis descriptivo, se puede mencionar que tuvo mayor peso el tratamiento con 0 % de sombra con 72,9 g mientras la que el menor peso se dio en el tratamiento con 80 % de sombra con 45,8 g.

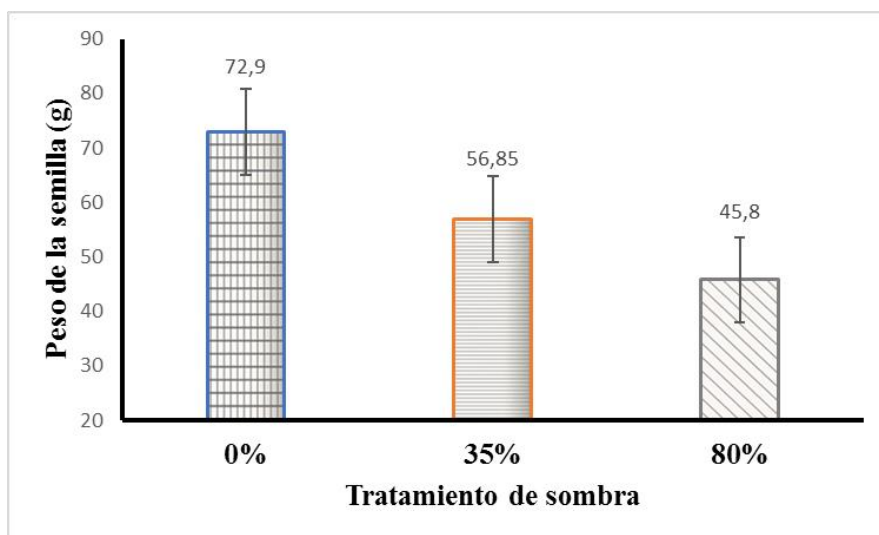


Figura 5. Peso de las semillas de las mazorcas obtenidas de los tratamientos 0%, 35% y 80%. Las barras sobre las columnas representan el error estándar de la media.

Número de semillas por fruto

En las muestras obtenidas sobre el número de semillas, se obtuvo un promedio de 33,83 semillas siendo el tratamiento 0 % de sombra el que presentó diferencias significativas en el análisis descriptivo, con un total de 42 semillas y la menor cantidad de semillas con un total de 29 semillas en el tratamiento de 80 % de sombra. (Figura 6)

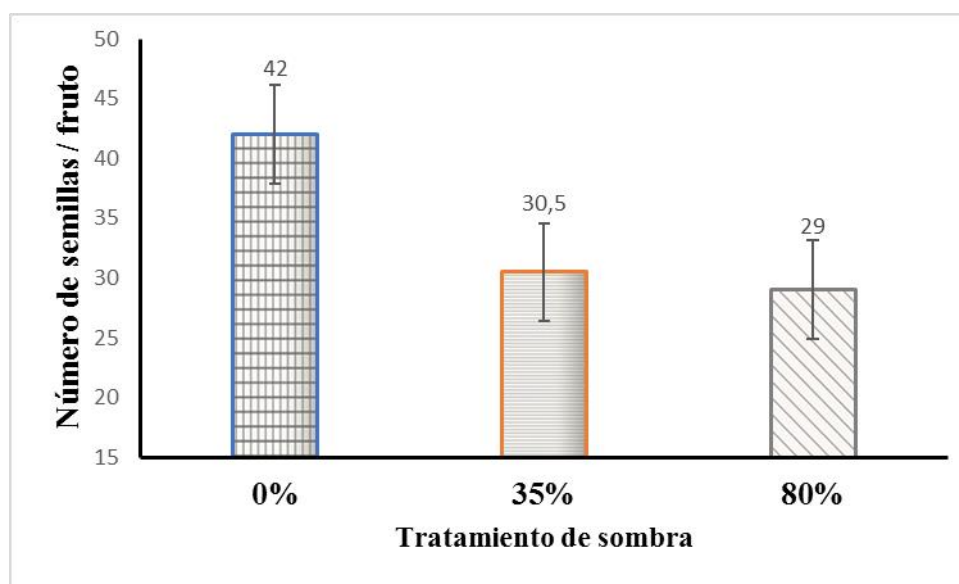


Figura 6. Número de semillas por fruto cosechado de los tratamientos 0%, 35% y 85%.

Número de frutos por planta

El número de mazorcas presentado en la (Figura 7) mediante análisis descriptivo por planta resultó un promedio entre 14,5 frutos en el tratamiento 80 % de sombra a 25,67 frutos en el tratamiento 35% de sombra.

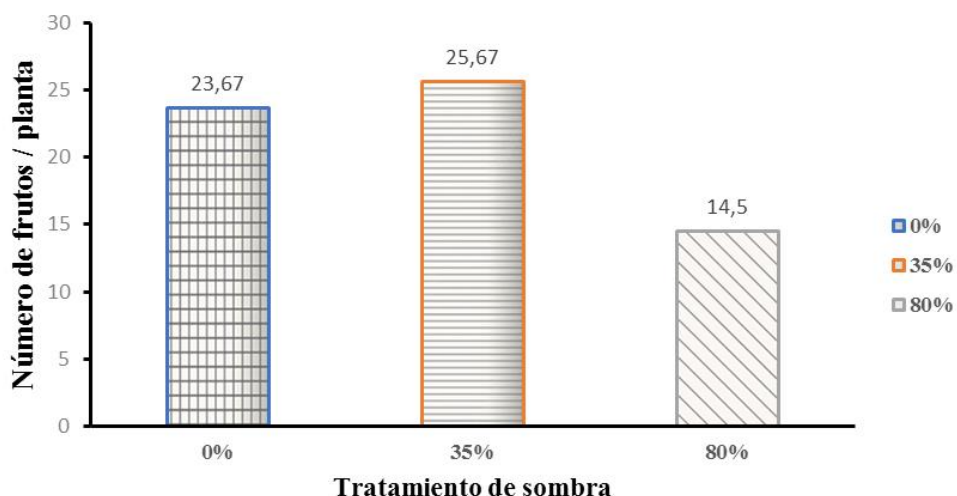


Figura 7. Número de frutos estimado por planta de los distintos tratamientos, 0%, 35% y 80% de sombra

Composición química del mucílago

Con respecto a las características bromatológicas de las almendras del genotipo EETP-800 (Tabla 2), en el contenido de humedad se presentaron valores de 40,95 y 53,84 % donde el más alto se presentó en el 35 % de sombra, la ceniza varía entre 3,55 y 4,70 % siendo el 0 % de sombra quien presentó el valor más alto, en cuanto a la proteína presentaron valores similares, finalmente la acidez titulable el tratamiento de 80 % de sombra obtuvo el valor medio más alto.

Tabla 2 Características bromatológicas de las muestras de almendras de cacao de los diferentes tratamientos de sombra

Trat.	Humedad %	Ceniza %	Grasa %	Proteína %	°Brix	Acidez titulable %
0%	40,95	4,70	30,67	8,18	11,80	0,14
35%	53,84	3,55	34,64	7,18	10,30	0,32
85%	43,58	4,17	29,44	7,07	10,60	0,35

Rendimiento por planta

El rendimiento por planta (Figura 8) se realizó mediante estimación, con ayuda de fórmulas, no existieron diferencias significativas dando mayores rendimientos los tratamientos 0 % de sombra con 4831 g y 35 % de sombra con 5142 g.

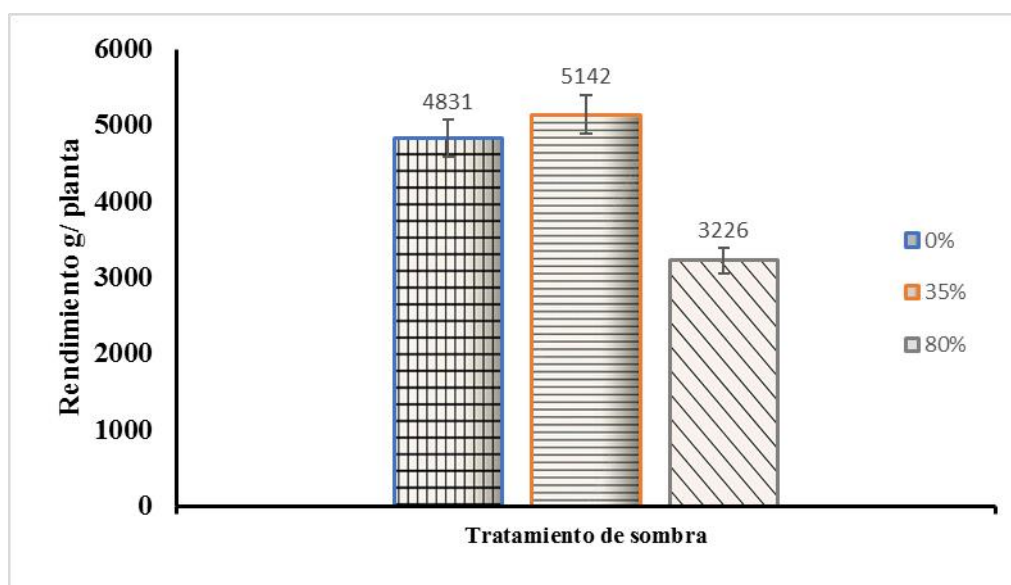


Figura 8. Rendimiento en g calculado por los diferentes tratamientos 0%, 35% y 85% de sombra. Las barras sobre las columnas representan el error estándar de la media.

Rendimiento estimado

Para el rendimiento estimado no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los tres tratamientos (Figura 9), siendo el mayor el del tratamiento 35 % con un rendimiento de 0,5 t/ha y el menor el 80 % con un valor de 0,4 t/ha.

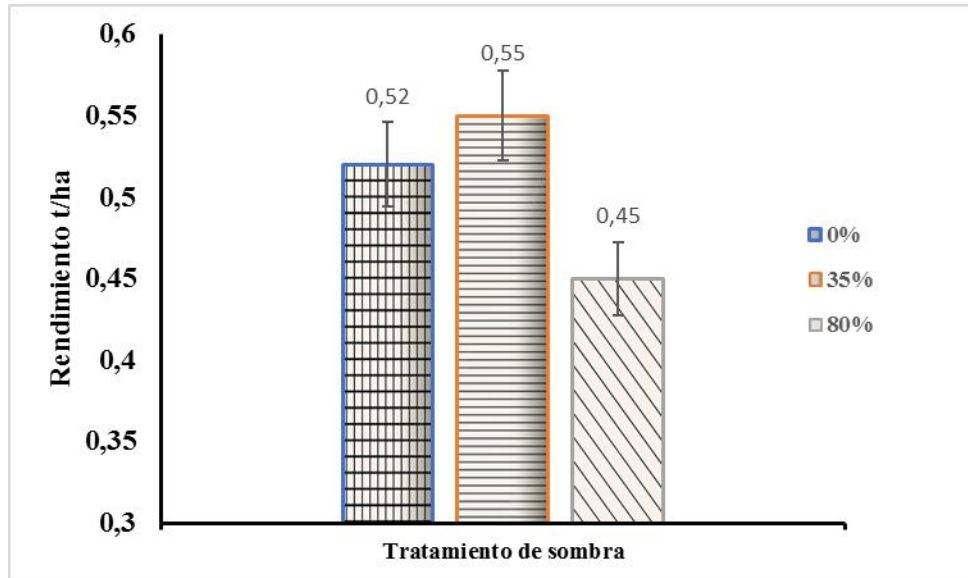


Figura 9. Rendimiento estimado en t/ha por cada tratamiento se sombra. Las barras sobre las columnas representan el error estándar de la media.

7.2 Resultados para el segundo objetivo

Índice de área foliar

En la Figura 10 se muestra la diferencia de IAF con respecto a los 0 y los 105 días después de la implementación del tratamiento donde no hubo diferencias significativas con valores que van desde 3,45 hasta 4,65.

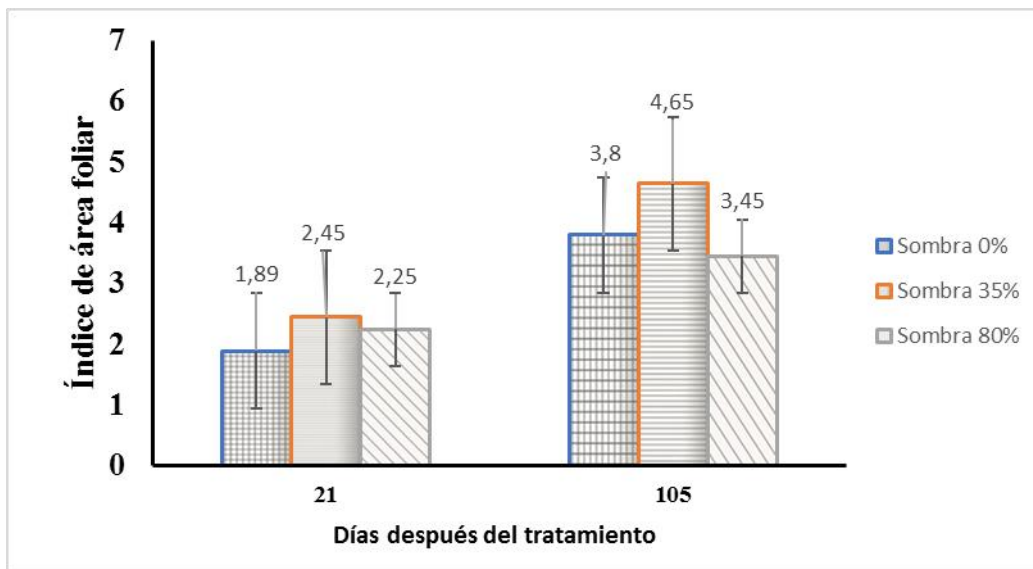


Figura 10. Índice de área foliar desde los 0 y 105 días por cada tratamiento de sombra 0%, 35% y 80%.

Índice SPAD

En la Figura 11 se detalla el contenido de clorofila o índice SPAD la cual no mostró diferencias significativas ($p > 0,05$) durante inicio del ensayo, la sombra 0 % presentó valores de 39,38 y la sombra 35 % con 42,59 y la sombra 80 % con 46,88; y al finalizar la toma de datos, es decir a los 84 días hubo un aumento considerable, pero no se presentaron diferencias significativas, se obtuvieron resultados en sombra de 35 % de 50,91 y 50,72 y en sombra de 80 %.

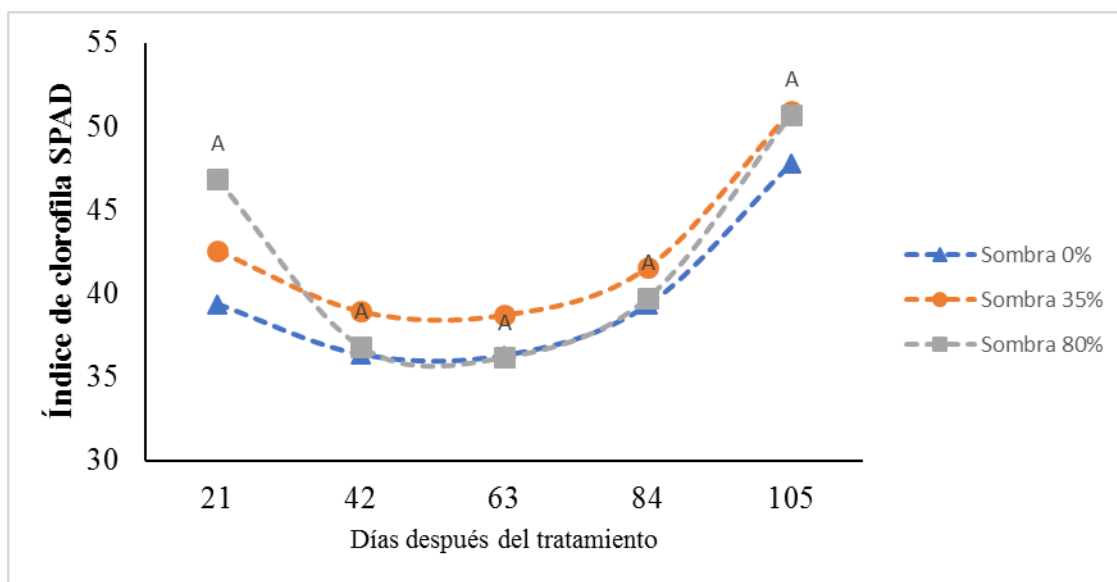


Figura 11. Evolución del índice SPAD, la cual no mostró diferencias significativas, la comparación de los días después del tratamiento, desde los 21 días hasta los 105 días.

Radiación PAR

La Figura 12 representa la radiación PAR, con respecto al transcurso del día desde las 9:00 a.m. hasta las 16:00 p.m. en la cual se observa que tuvo un pico máximo de $1256 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ en el tratamiento de sombra 0 % mientras que 35 % y 80 % tienen valores menores por efecto de la sombra.

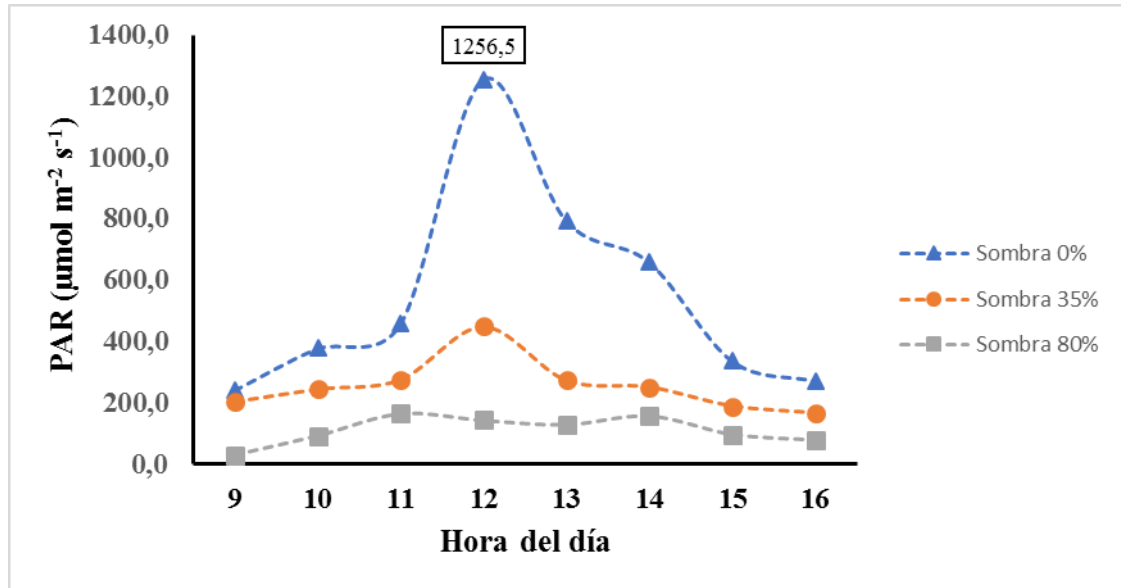


Figura 12. Evolución de radicación PAR dentro de la planta, con respecto al transcurso de la hora del día.

Conductividad eléctrica, temperatura y humedad del suelo

La figura 13 nos muestra el análisis de la medición de conductividad eléctrica, temperatura y humedad con ayuda de un TDR Figura 13, en la cual se observa que sí existe diferencia significativa (p -valor=0,019) en la conductividad Figura 13A en la primera medición a los 21 días, mientras que en la última a los 105 días con valores similares ya no hay diferencias significativas. En la Figura 13B se observa que la temperatura sí presentó diferencia significativa a los 21 días con un promedio de 32 °C (p -valor=0,0015) pero a los 105 días, no hubo diferencias significativas, con un promedio de 29 °C debido al cambio de temporada lluviosa de la zona. Finalmente, la humedad Figura 13C no presentó diferencias, pero sí con un aumento con respecto a los 21 días con un valor de 0,12 m³/m³, por la presencia de lluvia en la última toma de datos, con un valor máximo de 0,34 m³/m³.

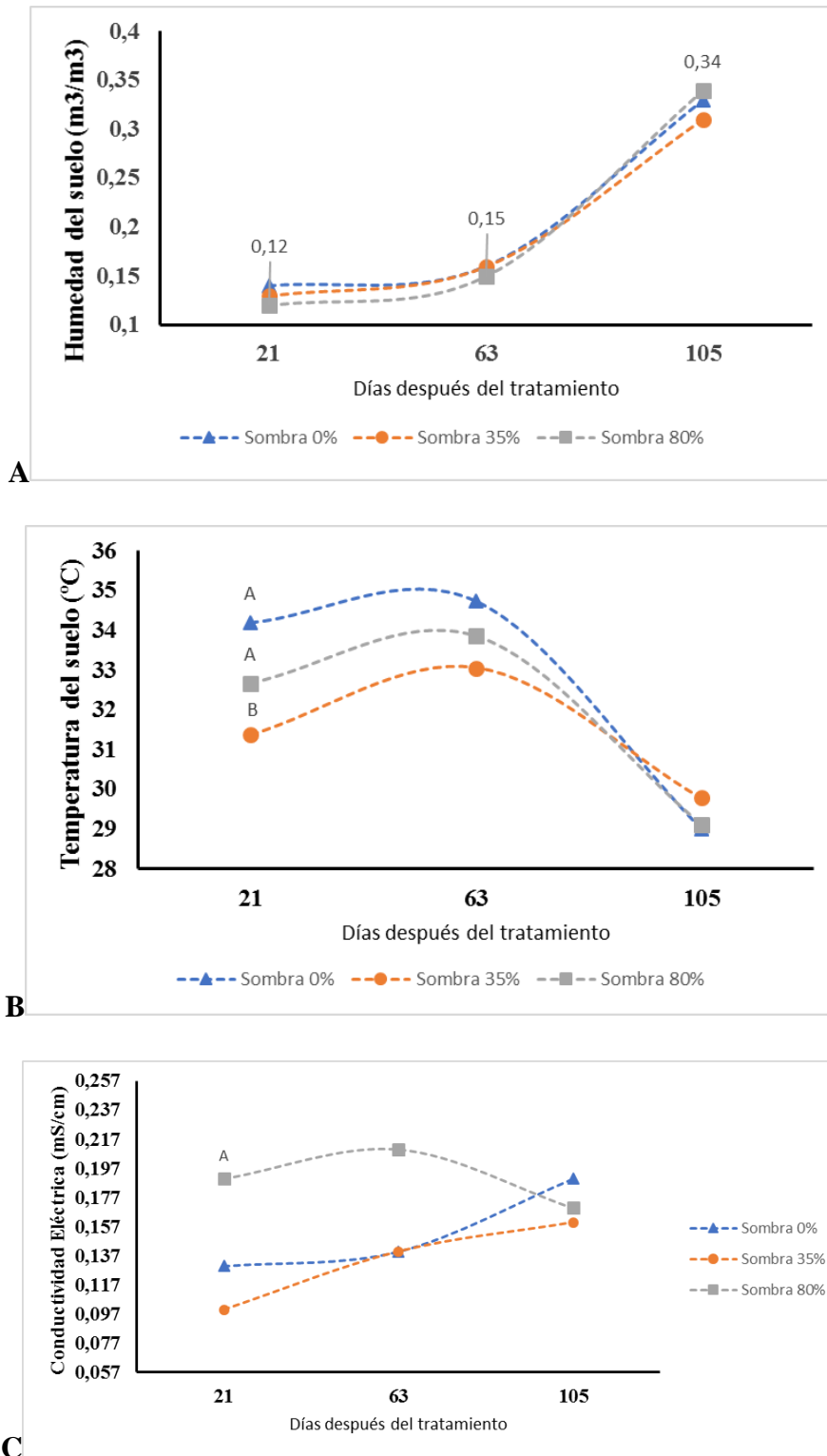


Figura 13. Valores de Conductividad eléctrica (A), Temperatura del suelo (B) y Humedad del suelo (C) durante 21, 63 y 105 días después de la implementación.

8. Discusión

Los resultados obtenidos mostraron que no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos en la mayoría de las variables.

En el diámetro de copa no se encontraron diferencias significativas en ninguno de los tratamientos, en este caso se encontraron valores de 1,55 m a los 21 días después de la implementación y a los 105 días con un valor de 1,84 m, valores intermedios a los obtenidos por Pérez & Freile (2017) que obtuvo en clon CCN 51 un promedio de 1,60 m y en clones como EET 103 un valor de 2,50 m en plantaciones de 2 años y medio, indicando que estos clones manifestaron respuestas estables y de adaptabilidad, menciona también que el cacao posee diversidad de cultivares que pueden manifestarse de forma diferente en sectores con variaciones y fluctuaciones de las variables climáticas, lo que podemos destacar que los valores obtenidos en nuestro proyecto son aceptables, gracias a la adaptabilidad del cacao. Fundamentado en lo que menciona Chamorro (1952) el grado de sombra más aconsejable ha sido difícil valorar exactamente en el grado de adaptación lumínica del cacao y conocer hasta qué punto puede ser benéfico o perjudicial. Quizá ello se deba a que en su medio natural la planta crece bajo condiciones de luz que varían continuamente en armonía con los diversos factores ambientales y en relación con las distintas reacciones fisiológicas y ecológicas.

En la medida del peso de la mazorca, se registró un peso de 415 g en las plantas bajo sombra al 0%, resultados dentro del promedio según como lo establece Anielly et al. (2021) menciona que el fruto de cacao crece directo del tronco pesa entre 300 y 700 g, bajo esta premisa se espera que una planta de cacao madura puede producir hasta 2 kg de semillas por año de semillas frescas ya que el peso va de la mano con el rendimiento, así mismo Didier et al. (2016) afirma que los rendimientos dependen de muchos factores, de los cuales los más importantes son el material de plantación, el clima, las prácticas culturales y el suelo, el mismo se cultiva en muchos tipos de suelo y en desiguales condiciones, desde sistemas agroforestales hasta pleno sol, la degradación del suelo y la baja fertilidad del suelo se encuentran entre las principales causas del bajo rendimiento del cacao.

En la variable de número de semillas por fruto, se obtuvo un promedio de 33,83 semillas por fruto obtenido, siendo el mayor el fruto de tratamiento sombra 0 % con 45 semillas/fruto y el menor el tratamiento 80 % con un promedio de 29 semillas/fruto; datos

que son menores a los obtenidos por Zambrano (2017) quien en el genotipo sembrado en la localidad de Quevedo, el clon CCN51 obtuvo un valor de 54 semillas como mayor promedio mientras que el menor fue 45,5 semillas por fruto que establece que su expresión está sujeta a variaciones del medio ambiente.

La composición química del mucílago obtenida en el laboratorio, mostró valores de proteína mayores en el tratamiento de sombra con 0 % con un valor de 8,18 %, en grasa obtuvo el mayor valor fue el tratamiento 2 con un 34,64 % y ceniza con valores de 3,55 y 4,70 %; que son resultados similares a los obtenidos por Andrade et al. (2019), quien en plantas de cacao evaluó las propiedades físicas y químicas de los granos de cacao Nacional fino de aroma y clones como CCN 51 procedentes de Ecuador en comparación con clones peruanos, obteniendo datos de proteína de 8,08 y 8,60 %, en grasa con valores de 50,87 y 51,02 % y finalmente en ceniza con valores de 2,23 y 2,73 %, por otro lado en un proyecto en Brasil Anielly et al. (2021) en clones CCN51 frente a clones de la zona como CEPEC 2004 y 2005 obtuvo menores valores obtuvo valores de proteína de 5,46 a 10,21 % y valores de ceniza de 1,91 a 2,15 % y °Brix de 10,20 a 14,60 % y acidez titulable con un valor de 0,36 a 0,98 % un valor lejano al obtenido, en la estación experimental El Padmi, lo que puede deberse al clon o que la mazorca fue cosechada en una etapa no madura.

En la variable rendimiento por planta es importante destacar que todas las plantas tienen la misma edad y el mismo manejo, lo que permitió tener valores, como el menor el tratamiento de 85 % de sombra con 3226 kg y el mayor con 5142 kg en el tratamiento con 35 % de sombra, un contraste diferenciado a lo obtenido por Boulay et al. (2000) que en plantaciones de cacao a plena luz del sol obtuvo un rendimiento de 1500 a 2000 kg, lo que él define que pudo deberse por el aumento de mazorcas abortadas y competencia entre mazorcas jóvenes, tallos jóvenes y hojas nuevas producto de la fotosíntesis, en nuestro caso no todas las mazorcas llegaban a etapa de maduración y se realizó un estimado, ya que las mismas presentaban incidencia de plagas.

Para el rendimiento estimado no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los tres tratamientos, siendo el mayor el tratamiento 35 % de sombra con un rendimiento de 0,5 t/ha y el menor el tratamiento con 80% de sombra con un valor de 0,4 t/ha, un valor por debajo de lo publicado por Frimpong et al. (2000) que en Ghana alcanzó

un rendimiento de 0,6 t/ha, sus plántulas de cacao se trasplantaron con un espaciamiento de 1,2 m x 1,2 m bajo tratamientos de sombra de yuca. Sus resultados mostraron que las tasas de rendimiento de las plántulas de cacao durante las dos temporadas de sequía posteriores al trasplante en el campo mejoraron en un promedio del 14 % con respecto a la sombra de plátano, con la variedad de yuca de mejor desempeño mostrando un 20 % y la menos un 8 %, respectivamente.

En el índice de área foliar, no presentaron diferencias significativas, con valores que van de 3,45 en la sombra 80 % hasta 4,65 en sombra son 35 % lo cual indica que el efecto de la sombra no incide en esta variable, datos que son similares a los obtenidos por Sáenz & Cabezas (2007) que menciona que el 95 % de interceptación de radiación solar fotosintéticamente activa se logra cuando las plantas alcanzan un IAF alrededor de 4,5; esto sugiere que dicho valor es el óptimo para el cultivo de cacao y que por encima de él se debe intervenir las plantas para facilitar la distribución de la luz en los estratos foliares.

En el índice SPAD no se presentaron diferencias significativas a los 84 días con resultados en sombra de 0 % con 47,78; sombra de 35 % con 50,91 y sombra de 85 % con 50,72. En comparación con lo obtenido Opoku et al. (2022) que obtuvo valores de plantas de cacao a sombra con un valor de 41,9 y a plena luz del sol con un valor de 39,4 quien en sus plantas sombreadas se colocaron bajo una red de sombra que eliminaba el 60 % de la luz en comparación con ninguna sombra, y las plantas bajo tratamientos térmicos al sol y a la sombra mostraron una severa reducción en la fotosíntesis, lo que es importante destacar que solo uso un sistema de sombra, mientras que este proyecto fueron tres niveles de sobra.

La radiación PAR obtuvo un valor de $1312 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ dentro de la planta y fuera de ella alcanzó un pico máximo de $1256 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, un valor muy por debajo a lo obtenido por Sáenz & Cabezas (2007) quien obtuvo un valor cercano a los $1800 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ que indica que el sombreado permite entonces crear un microclima interno al dosel de las plantas y hace que se pueda retirar la sombra colocada al inicio del cultivo. En esta etapa la radiación solar en la parte superior de los árboles puede llegar a superar los $2000 \mu\text{mol}$.

En cuanto a características del suelo como la conductividad eléctrica, no se presentaron diferencias estadísticamente significativas, siendo el mayor valor de 0,20 mS/cm del tratamiento con 80 % de sombra según Barraqueta (2019) la fertilidad del suelo y el

rendimiento del cacao está relacionada con el material parental del suelo, el clima (lluvia, temperatura, humedad) en conjunto, condicionan la capacidad productiva de las plantas de cacao, dicho valor se encuentra dentro del rango óptimo que se sitúa entre 0,13 mS/cm a 0,21 mS/cm que obtuvo al caracterizar las propiedades de los principales suelos cacaoteros de la provincia de El Oro.

Una vez analizado y estudiado el uso de sombra en cacao y pese a las diferentes ventajas que presentaría, los resultados del estudio realizado no muestran una amplia diferencia significativa en cuanto a producción con uso de sombra o sin ella, por tal motivo se invita a ejecutar más investigaciones para determinar el efecto de la sombra en los cultivos de cacao en la zona sur o a nivel de país.

9. Conclusiones

- El clon EETP 800 bajo el tratamiento de 35 % sombra mostró un valor de 4,65 en cuanto a Índice de área foliar, a pesar de no ser significativo tuvo un valor más alto en comparación al valor inicial del tratamiento, lo que le permite a la planta obtener mayor ganancia de carbono, mediante la fotosíntesis.
- El tratamiento de sombra aplicado no fue significativo, lo que se establece que la sombra no influyo en las variables diámetro de copa, índice de área foliar, índice SPAD, número de frutos por planta, rendimiento por planta, rendimiento estimado en t/ha.
- La producción estimada de mazorcas por planta y el peso estimado del fruto del clon EETP 800 no se vio influenciada por la sombra.
- Los resultados sugieren que para la zona de cultivo no hace falta la utilización de sombra en el cultivo de cacao ya que puede crecer de manera adecuada a plena luz y no como se postula.
- La influencia de la radiación PAR se da según como se presente la intensidad del transcurso del día y de la época estacional del año, se debe tener en cuenta que alrededor del cultivo existe presencia de árboles muchos más altos y puede reducir significativamente la entrada de luz aun con sombra, la radiación fotosintéticamente activa presentó diferencia significativa dentro de los tratamientos T2 y T3 que tenían las mallas sarán, las cuales interceptaron un 26,5 % y un 86,2 % de la radiación fotosintéticamente activa, respectivamente.
- La sombra no influyó en la temperatura y humedad del suelo, ya que durante todo el ensayo se encontró en un rango de 29,2 a 31°C y una humedad de 0,34 m³/m³, eso sí solo al inicio hubo diferencia no significativa, es importante destacar que en la zona existe una gran presencia de lluvias a lo largo del año lo que produce esta variabilidad

10. Recomendaciones

- Continuar con la investigación hasta llegar a la etapa de madurez de las mazorcas para describir la influencia de la sombra en el rendimiento y determinar la calidad de las almendras, ya que en este caso no se obtuvieron los resultados esperados.
- Realizar un análisis bromatológico a una cantidad más abundante de frutos de cacao clon EETP 800 para determinar el grado de asimilación de nutrientes que contiene el fruto ante la aplicación de los diferentes niveles de sombra.
- Ampliar el número de muestra de mazorca por planta para verificar la influencia de la sombra en la producción de mazorcas/planta y poder establecer el peso de esta, con una muestra más grande.
- Profundizar el estudio sobre interacciones de sombra en cacao para identificar si existe o no interacción en el factor clon y sombra sobre las variables productivas del clon EETP 800.

11. Bibliografía

- Abdulai, I., Jassohne, L., Graefe, S., Asare, R., Van Asten, P., Laderach, P., & Vaast, F. (2018). Caracterización de la producción de cacao, diversificación de ingresos y manejo de árboles de sombra a lo largo de un gradiente climático. *PlosOne*. <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0195777>
- Agele, S., Famuwagun, B., & Ogunleye, A. (2016). Effects of shade on microclimate, canopy characteristics and light integrals in dry season field-grown cocoa (*Theobroma cacao* L.) seedlings. *J. Hortl. Sci*, 11(1), 47-56.
- Agudelo, G., Cadena, J., Almanza, P., & Pinzón, E. (2018, abril). Desempeño fisiológico de nueve genotipos de cacao (*Theobroma cacao* L.) bajo la sombra de tres especies forestales en Santander, Colombia. *REVISTA COLOMBIANA DE CIENCIAS HORTÍCOLAS*, 12(1), 223-232.
- Almeida, A., & Valle, R. (2008, octubre 31). Ecophysiology of the cacao tree. *SciELO*, 4(19).
- Álvarez, C., Rojas, J., & Suárez, J. (2015). Effect of Organic and Conventional Fertilization on the Growth and Production of *Theobroma cacao* L. Under an Agroforestry System in Rivera (Huila, Colombia). *Corpoica Cienc Tecnol Agropecu*, 16(2), 307-317.
- Andrade, H., Segura, M., Canal, D., Gómez, M., Marín, M., & Sierra, E. (2013). *Estrategias de adaptación al cambio climático en sistemas de producción agrícol y forestal del departamento del Tolima*. Universidad de Tolima. Estrategias de adaptación al cambio climático en sistemas de producción agrícol y forestal del departamento del Tolima.
- Andrade, J., Rivera, J., Chire, G., & Ureña, M. (2019). Propiedades físicas y químicas de cultivares de cacao (*Theobroma cacao* L.) de Ecuador y Perú. *Enfoque UTE*, 10(4), 1-12.
- ANECACAO. (2019). *Sector exportador de cacao*. Asociación nacional de exportadores de cacao. <http://www.anecacao.com/uploads/estadistica/cacao-ecuador-2019.pdf>
- Anielly, M., Sarmiento, D., Reges, B., Dos Santos, S., & Damaceno, M. (2021). Quality variables for technological application of cocoa clones from the Brazilian semiarid region. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 25(3).

- Arvelo, M., González, D., Maroto, S., Delgado, T., & Montoya, P. (2017). *Manual Técnico del Cultivo de Cacao: Prácticas Latinoamericanas*. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura.
- Barrazueta, S. (2019). Propiedades de algunos suelos cultivados con cacao en la provincia El Oro, Ecuador. *CienciaUAT*, 14(1).
<https://www.redalyc.org/journal/4419/441962430012/441962430012.pdf>
- Boulay, M., Somarriba, E., & Olivier, A. (2000). Fenología de cacao bajo árboles de sombra en Talamanca, Costa Rica. *Agroforesteri en las Américas*, 7(26).
https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/6316/Fenologia_de_cacao.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Chamorro, R. (1952). *CONTRIBUCION AL PROBLEMA DEL SOMBRIO EN CACAO*. Revistas UNAL. [https://revistas.unal.edu.co > article > download](https://revistas.unal.edu.co/article/download)
- Didier, S., Koko, L., Joel, J., Phillipe, B., & Jagore, P. (2016). Nutrición y Fertilización del Cacao. *Revisiones de agricultura sosteni*, 19.
- ESPAC. (2020). *Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua*. INEC.
https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac-2020/Presentacion%20ESPAC%202020.pdf
- FAOSTAT. (2020). *Producción/rendimiento de cacao en Grano en el mundo 2019*.
<http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC/visualize>
- Frimpong, E., Dwapanyin, A., Adu-Ampomah, Y., & Karimu, A. (2000). Prospects of using cassava as temporary shade for cocoa in degraded areas. *Journal of the Ghana Science Association*, 2(3). <https://doi.org/10.4314/jgsa.v2i3.17890>
- Hadley, P., Daymond, A., & Acheampong, K. (2013). ACTIVIDAD FOTOSINTÉTICA Y CRECIMIENTO TEMPRANO DE CUATRO GENOTIPOS DE CACAO SEGÚN LA INFLUENCIA DE DIFERENTES REGÍMENES DE SOMBRA EN LAS CONDICIONES DE LA TEMPORADA SECA Y HÚMEDA DE ÁFRICA OCCIDENTAL. *Agricultura Experimental*, 49(1), 31-42.
- Hernandez, D., Gutiérrez, E., Baéz, A., Klamer, G., & Pereira, M. (2019). *Poda y Manejo de Luz en el Cacao y otros frutales*. Fondo Nacional del Cacao.

- Herrera, R., Vásquez, S., Granja, F., Molina-Müller, Capa-Morocho, M., & Guamán, A. (2022). INTERACCIÓN DE N, P Y K SOBRE CARACTERÍSTICAS DEL SUELO, CRECIMIENTO Y CALIDAD DE FRUTO DE CACAO EN LA AMAZONÍA ECUATORIANA. *Bioagro*, 34(3), 277-288. <https://doi.org/doi:> <http://www.doi.org/10.51372/bioagro343.7>
- Infocacao. (2015). Ciencia y tecnología para los cacaoteros. *PROCACAO*.
- INIAP. (2020). *INIAP-EETP-800 e INIAP-EETP-801 NUEVOS CLONES DE CACAO FINO Y DE AROMA CON ALTO RENDIMIENTO*. Repositorio INIAP. <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/5240/1/INIAPBEETPP436.pdf>
- Jaimez, R., Tezara, W., Coronel, I., & Urich, R. (2008). Ecofisiología del cacao (*Theobroma cacao*): Su manejo en el sistema agroforestal. Sugerencias para su mejoramiento en Venezuela. *Revista Forestal Venezolana*, Año XLII, 52(2). <https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/6089/A7723e.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Lutheran, W. (2022). *Manejo de sombra en el cacaotal*. (Guía#5: Poda del cacao y manejo de árboles acompañantes / Sección: Temas claves para aprender). CACAOmovil. <https://cacaomovil.com/site/guide/poda-del-cacao-y-el-manejo-de-arboles-acompanantes/28/el-manejo-de-la-sombra-en-el-cacaotal>
- Montes, L. (2019). *DISEÑO AGROFORESTAL PARA LA PRODUCCIÓN DE CACAO BAJO SOMBRA EN LAS COMUNAS LOMA ALTA Y CEREZAL BELLAVISTA, CANTÓN SANTA ELENA*. Universidad Estatal Península de Santa Elena. <https://repositorio.upse.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/46000/4773/UPSE-TIA-2019-0001.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Montes, M. (2016). “EFECTOS DEL FOSFORO Y AZUFRE SOBRE EL RENDIMIENTO DE MAZORCAS, EN UNA PLANTACIÓN DE CACAO (*Theobroma cacao* L.) CCN-51, EN LA ZONA DE BABAHOYO”. <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/3358/E-UTB-FACIAG-ING%20AGROP-000009.pdf?sequence=1&isAllowed=y#:~:text=Taxonom%C3%ADa%20del%20cacao%3A,%3A%20Theobroma%20Especie%3A%20cacao%20L.>

- ONU. (2015). Objetivos de Desarrollo Sostenible. En *Organización de las Naciones Unidas*.
<https://onu.org.gt/objetivos-de-desarrollo/>
- Opoku, E., Asare, R., Vaast, P., Amoatey, C., Markussen, B., Owusu, K., Kwesi, B., & Raebild, A. (2022). Efectos limitados de la sombra en el desempeño fisiológico del cacao (*Theobroma cacao* L.) a temperatura elevada. *Environmental and Experimental Botany*. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2022.104983>
- Pacherrez, C. (2015). *Anecacao*. <http://www.anecacao.com/es/quienes-somos/historia-del-cacao.html>
- Pérez, E., Guzmán, R., Álvarez, C., Lares, M., Martínez, K., Suniaga, G., & Pavani, A. (2021, enero). Cacao, cultura y patrimonio: Un hábitat de aroma fino en Venezuela. *RIVAR (Santiago)*, 8(22). https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0719-49942021000100146&script=sci_arttext&lng=en
- Pérez, G., & Freile, J. (2017). Adaptabilidad de clones promisorios de cacao nacional (*Theobroma cacao* L) en el cantón Arosemena Tola en Ecuador. *Centro Agrícola*, 44(2). http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0253-57852017000200006&lng=es&nrm=iso
- Quintero, M., & Diaz, K. (2004). *El mercado mundial del cacao*. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-03542004000100004
- Quiroz, & Mestanza. (2012). *Boletín técnico INIAP. Establecimiento y manejo de una plantación de cacao. Estación experimental litoral del Sur. Programa nacional del cacao. Ecuador*. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias.
- Romero, M. (2019). *RESPUESTAS FISIOLÓGICAS Y MORFOLÓGICAS DE CACAO (Theobroma cacao L.) CLON CCN 51 A LA FERTILIZACIÓN CON DIFERENTES FUENTES DE NITRÓGENO* [Universidad Nacional de Loja]. <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/21965/1/Melissa%20Alexandra%20Romero%20Zambrano.pdf>
- Sáenz, B., & Cabezas, M. (2007). Un acercamiento a la ecofisiología del cacao. *Innovación y cambio tecnológico*, 6(6). https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/772/110831_55420.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- Sánchez, F., Zambrano, J., Chang, J., Ramos, R., Gárces, F., & Vásquez, G. (2014). *Type Nacional cocoa clone productivity in an area of Tropical rainforest in Los Ríos, Ecuador*.
[https://revistas.uteq.edu.ec/index.php/cyt/article/download/134/148/201#:~:text=Los%20bajos%20rendimientos%20del%20cacao,escoba%20de%20bruja%20\(Monilio%20phthora%20perniciosa](https://revistas.uteq.edu.ec/index.php/cyt/article/download/134/148/201#:~:text=Los%20bajos%20rendimientos%20del%20cacao,escoba%20de%20bruja%20(Monilio%20phthora%20perniciosa)
- Sánchez, & Higuera. (2008). *Investigación en cacao bajo sistemas agroforestales en Urabá. Carepa—Antioquia*.
- Solis, J., Zamarripa, A., Quintero, V., & Garrido E. (2015). Evaluación agronómica de híbridos de cacao (*Theobroma cacao* L.) para selección de alto rendimiento y resistencia en campo a moniliasis. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 6(1).
- Torres, L. (2012). *Manual de producción de cacao fino de aroma a través de manejo ecológico*. UNIVERSIDAD DE CUENCA FAC. CIENCIAS AGROPECUARIAS,.
- Zambrano, 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*. UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS.

12. Anexos

Anexo 1. Vista general de la plantación de cacao, El Padmi, Zamora Chinchipe.



Anexo 2. Etiquetado de unidades experimentales y control de malezas.



Anexo 3. Toma de datos, Índice SPAD, TDR y Radiación PAR.



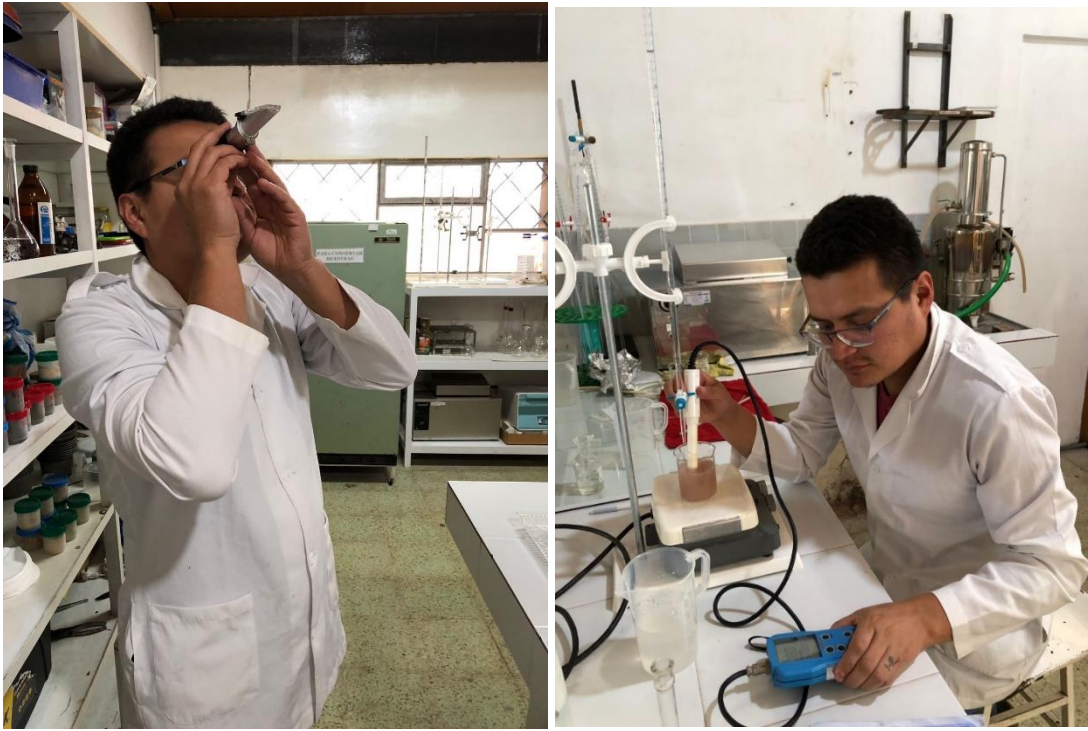
Anexo 4. Mazorcas de cacao EETP 800.



Anexo 5. Análisis en laboratorio de bromatología.



Anexo 6. Toma de datos: pH, °Brix del mucilago, obtención de cenizas.



Anexo 7. Certificación de traducción de abstract.

Lic. Andrea Sthefanía Carrión Mgs

0984079037

andrea.s.carrion@unl.edu.ec

Loja-Ecuador

Loja, 27 de junio del 2023

La suscrita, Andrea Sthefanía Carrión Fernández, Mgs, **DOCENTE EDUCACIÓN SUPERIOR** (registro de la SENESCYT número: 1008-12-1124463), **ÁREA DE INGLÉS-UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA**, a petición de la parte interesada y en forma legal.

CERTIFICA:

Que la traducción del resumen del documento adjunto, solicitado por el señor: **Christian Andrés Cuenca Patiño** con cédula de ciudadanía No. **1104902711**, cuyo tema de investigación se titula: **"Efecto de diferentes intensidades de luminosidad sobre variables de rendimiento en cacao (Theobroma cacao L.) clon EETP 800 en la estación experimental el Padmi, Zamora Chinchipe"** ha sido realizado y aprobado por mi persona, Andrea Sthefanía Carrión Fernández, Mgs. Docente de Educación Superior en la enseñanza del inglés como lengua extranjera.

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

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

Andrea Sthefanía Carrión Fernández. Mgs.

English Professor