Universidad Nacional de Loja

Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables

Carrera de Ingeniería Agronómica

Evaluación de tres niveles de sombra sobre parámetros morfo-fisiológicos en plantas de cacao (*Theobroma cacao L*) clon EETP800 en etapa de crecimiento vegetativo, en la provincia de Zamora Chinchipe, sector El Padmi.

Trabajo de titulación previa a la obtención del título de Ingeniero Agrónomo

AUTORA:

Ana Belen Puchaicela Murquincho

DIRECTOR:

Ing. Jhonny Fernando Granja Travez Mg. Sc.

Loja – Ecuador

2022

Certificación

Loja, 18 de julio del 2022

Ing. Johnny Fernando Granja.

DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN

C E R T I F I C O:

Que he revisado y orientado todo proceso de la elaboración del Trabajo de Titulación denominado: **"Evaluación de tres niveles de sombra sobre parámetros morfo-fisiológicos en plantas de cacao (*Theobroma cacao L*) clon EETP800 en etapa de crecimiento vegetativo, en la provincia de Zamora Chinchipe, sector El Padmi"** de autoría de la estudiante **Ana Belen Puchaicela Murquincho**, con cedula de identidad Nro. 0706778420, una vez que el trabajo cumple con todos los requisitos exigidos por la Universidad Nacional de Loja, para el efecto, autorizo la presentación para la respectiva sustentación y defensa.

Ing. Johnny Fernando Granja Trávez

DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Autoría

Yo, **Ana Belen Puchaicela Murquincho**, declaro ser el autor del presente Trabajo de Titulación, y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes Jurídicos, de posibles reclamos o acciones legales por el contenido del mismo. Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja, la publicación de mi Trabajo de Titulación, en el Repositorio Institucional-Biblioteca Virtual.

Firma:

Cédula de identidad: 0706778420

Fecha: 09 de noviembre 2022

Correo electrónico: ana.puchaicela@unl.edu.ec

Teléfono: 0939276086

Carta de autorización por parte del autor, para consulta, reproducción parcial o total u publicación electrónica del texto completo, del Trabajo de Titulación.

Yo, **Ana Belen Puchaicela Murquincho**, declaro ser autor/a del Trabajo de Integración Curricular o de Titulación denominado: **Evaluación de tres niveles de sombra sobre parámetros morfo-fisiológicos en plantas de cacao (*Theobroma cacao L*) clon EETP800 en etapa de crecimiento vegetativo, en la provincia de Zamora Chinchipe, sector El Padmi**, 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 o de Titulación que realice un tercero.

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

Firma:

Autor/a: Ana Belen Puchaicela Murquincho
Cédula: 0706778420
Dirección: Loja - El valle
Correo electrónico: ana.puchaicela@unl.edu.ec
Teléfono: 0939276086

DATOS COMPLEMENTARIOS:
Ing. Johnny Fernando Granja.

DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN

Dedicatoria

A través de este trabajo de titulación, A mis padres Wilman y Irma por su esfuerzo y apoyo incondicional durante el transcurso de la carrera hasta verme realizado como profesional; asimismo a mis hermanos quienes día a día fueron participes de mis alegrías, triunfos y tristezas.

Así mismo, a mis amigos, compañeros, y todas las personas que han compartido maravillosos y memorables momentos a lo largo de la carrera. Y a los docentes que me han impartido conocimientos esenciales tanto en lo académico como en lo personal, experiencias que han sabido ser un vínculo positivo en mi vida.

Ana Belen Puchaicela Murquincho

Agradecimiento

Agradezco primeramente a Dios por darme el valor suficiente para lograr esta meta trazada y lograda, por darme la fortaleza en todo momento de debilidad y dificultad.

A mis padres Wilman Puchaicela Murquincho y Irma Murquincho Puchaicela por brindarme su dedicación, motivación y apoyo incondicional durante el trascurso de la carrera: a mis hermanos quienes han sido mi inspiración y motivación de lucha para seguir adelante hasta verme realizado como profesional. Así mismo, a todos mis amigos y aquellas personas cercanas que incondicionalmente han sabido ser un gran soporte en momentos difíciles.

A mi director de tesis por su dirección, apoyo y revisión del presente trabajo y asesorarme con cada inquietud presentada durante el desarrollo de la investigación.

Ana Belen Puchaicela Murquincho

Índice de Contenidos

Portada i
Certificación del trabajo de Titulación (director) ii
Autoría iii
Carta de autorización iii
Dedicatoria v
Agradecimiento vi
Índice de contenidos vii
Índice de Figuras ix
Índice de Tablas x
Índice de Anexos xi
1. TÍTULO 1
2. RESUMEN 2
2.1 ABSTRACT 3
3. INTRODUCCIÓN 4
3.1. Objetivo General 6
3.1.1. Objetivos Específicos 6
4. MARCO TEÓRICO 7
4.1. Generalidades del cultivo de cacao 7
4.2. Origen del cacao 7
4.3. Cacao clon EETP800 7
4.4. Ecofisiología del cacao 8
4.4.1 Temperatura 8
4.4.2. Precipitación 8
4.4.3. Viento 8
4.4.4. Humedad relativa 9
4.4.5. Altitud 9
4.4.6. Luminosidad y sombreo 9
5. MATERIALES Y MÉTODOS 12
5.1. Ubicación del área de estudio 12
5.2. Materiales 13
5.3. Diseño experimental 13

5.4. Metodología general 14
5.4.1. Análisis de pH del suelo 15
5.4.2. Análisis de conductividad Eléctrica (CE) del suelo 15
5.4.3. Variables morfológicas evaluadas durante el desarrollo vegetativo 15
5.4.3.1. Altura de la planta**.** 15
5.4.3.2. Longitud de brote**.** 16
5.4.3.3. *Área de sección transversal del tronco* (ASTT). 16
5.4.3.4. *Área foliar (AF) del brote***.** 16
5.4.3.5. Índice de área foliar (IAF)**.** 17
5.4.3.6. *Diámetro de copa***.** 17
5.4.4. Variables fisiológicas evaluadas durante el desarrollo de la planta**.** 17
5.4.4.1 Densidad estomática (DE)**.** 18
5.4.4.2. Análisis Estadístico 19
6. RESULTADOS 20
6.1. Variables morfológicas evaluada 20
6.1.1 Altura de la planta 20
6.1.2 Longitud del brote 21
6.1.3 Diámetro de copa 22
6.1.4 Área de sección transversal del tronco (ASTT) 22
6.1.5 Área foliar (AF) 23
4.2.3 Índice de área foliar (IAF) 24
6.2 Parámetros fisiológicos 25
6.2.1 Concentración de clorofila 25
6.2.2 Densidad estomática 25
6.3 Análisis de pH y conductividad eléctrica 25
6.4 Correlaciones 27
7 DISCUSIÓN 30
8. CONCLUSIONES 36
9. RECOMENDACIONES 37
10. BIBLIOGRAFIA 38
11. ANEXOS 47

Índice de figuras

Figura 1. Ubicación geográfica del área de estudio……..... 12
Figura 2. Esquema de campo del experimento……..... 14
Figura 3. Dinámica de crecimiento (cm) del clon de cacao EETP800, bajo tres niveles de sombreo: T1: 0 % de sombra, T2: 35 % de sombra y T3: 80 % de sombra. La figura no presenta diferencias estadísticas…….20
Figura 4. Incremento de altura (cm) a los 80 D DT del clon de cacao EETP800, bajo tres niveles de sombreo: T1: 0 % de sombra, T2: 35 % de sombra y T3: 80 % de sombra. La figura no presenta diferencias estadísticas...……20
Figura 5. Dinámica de crecimiento (cm) de la longitud del brote del clon de cacao EETP800 bajo tres niveles de sombreo: T1: 0 % de sombra, T2: 35 % de sombra y T3: 80 % de sombra. Letras iguales no representan diferencias estadísticas entre tratamientos……..... 21
Figura 6. **Incremento de la longitud del brote (cm) a los 100 DDT del clon de cacao EETP800, bajo tres niveles de sombreo: T1: 0 % de sombra, T2: 35 % de sombra y T3: 80 % de sombra. Letras iguales no representan diferencias estadísticas entre tratamientos.**..... 21
Figura 7. Diámetro de copa del clon de cacao EETP800, bajo tres niveles de sombreo: T1: 0 % de sombra, T2: 35 % de sombra y T3: 80 % de sombra. Letras iguales no representan diferencias estadísticas entre tratamientos..... 22
Figura 8. Incremento ASTT del clon de cacao EETP800, bajo tres niveles de sombreo: T1: 0 % de sombra, T2: 35 % de sombra y T3: 80 % de sombra. 23
Figura 9. Área Foliar del clon de cacao EETP800, bajo tres niveles de sombreo: T1: 0 % de sombra, T2: 35 % de sombra y T3: 80 % de sombra. La figura no presenta diferencias estadísticas. 23
Figura 10. Índice de área foliar del clon de cacao EETP800, bajo tres niveles de sombreo: T1: 0 % de sombra, T2: 35 % de sombra y T3: 80 % de sombra. La figura no presenta diferencias estadísticas. 24
Figura 11. pH del suelo de cultivo clon de cacao EETP800, bajo tres niveles de sombreo: T1: 0 % de sombra, T2: 35 % de sombra y T3: 80 % de sombra. No presenta diferencias estadísticas...... 26
Figura 12. Conductividad eléctrica del suelo de cultivo del clon de cacao EETP800, bajo tres niveles de sombreo: T1: 0 % de sombra, T2: 35 % de sombra y T3: 80 % de sombra. Letras iguales no representan diferencias estadísticas entre tratamientos..... 26

Índice de tablas

Tabla 1.Delineamiento del diseño experimental..... 14
Tabla 2. AF y IAF del clon de cacao EETP800, bajo tres niveles de sombreo (T1: 0 %, T2: 35 % y T3: 80 %). 24
Tabla 3. Concentración de clorofila A, B y Total (ml/g) del clon de cacao EETP800, bajo tres niveles de sombreo (T1: 0 %, T2: 35 % y T3: 80 %). 25
Tabla 4. Densidad estomática (estomas mm-2) del clon de cacao EETP800, bajo tres niveles de sombreo (T1: 0 %, T2: 35 % y T3: 80 %). 25
Tabla 5. Correlación entre variables cuantitativas. 27

Índice de anexos

Anexo 1. Desarrollo de la fase de campo, durante los 9 meses de evaluación. 47
Anexo 2. Desarrollo de la fase de laboratorio, al final de la evaluación...... 48
Anexo 3. Análisis de suelo previo a la aplicación de tratamiento en el cultivo de cacao EETP800 en la estación experimental "El Padmi" de la UNL, Zamora Chinchipe...... 49
Anexo 4. Certificado de traducción del Abstract. 50

1. TITULO

Evaluación de tres niveles de sombra sobre parámetros morfo-fisiológicos en plantas de cacao (*Theobroma cacao L*) clon EETP800 en etapa de crecimiento vegetativo, en la provincia de Zamora Chinchipe, sector El Padmi.

2. RESUMEN

El cultivo de cacao (Theobroma cacao L.), es muy importante en Ecuador, es uno de los principales productos de exportación y una de sus fuentes económicas y sociales generando importantes divisas. En este cultivo existen importantes factores ambientales, como las sombras, que influye en el desarrollo del cultivo y no ha sido considerado en diferentes estudios a pesar de que esta especie es considerada preferentemente umbrófila. En base a lo anterior en este estudio nos planteamos como objetivo principal, evaluar el efecto de tres niveles de sombra en cacao (*Theobroma cacao L*) clon EETP800, el cual se llevó a cabo en la Estación Experimental "El Padmi" de la UNL, en la provincia de Zamora Chinchipe, sobre un cultivo de cacao de 1 año 8 meses de edad, bajo un arreglo DCA con 3 tratamientos (0%, 35% y 80% de sombra) y 6 repeticiones. Se midieron variables como altura, longitud de brote, diámetro de copa, el área de la sección transversal del tronco (ASTT), índice de área foliar (IAF), área foliar (AF) la concentración de clorofila y densidad estomática, el pH y la CE del suelo.

Los resultados obtenidos demostraron que en la mayoría de las variables no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos. Sin embargo, el tratamiento a plena luz permite obtener plantas más altas, el tratamiento al 35% sombra favoreció al incremento de clorofila, A, B, y total. En general los resultados de la investigación, muestran que el uso de la sombra no evidencia efectos estadísticamente significativos sobre variables fisiológicas del clon EETP800, lo que nos muestra es que en esta zona no haría falta implementación de sombra con malla sarán.

Palabras clave: *Theobroma cacao L, sombra, crecimiento.*

2.1 ABSTRACT

The cultivation of cacao (Theobroma cacao L.) is very important in Ecuador; it is one of the main export products and one of its economic and social sources, generating important foreign exchange. In this crop there are important environmental factors, such as shading, which influences the development of the crop and has not been considered in different studies despite the fact that this species is considered preferably shade tolerant. Based on the above, the main objective of this study was to evaluate the effect of three levels of shade on cacao (Theobroma cacao L) clone EETP800, which was carried out at the Experimental Station "El Padmi" of the UNL, in the province of Zamora Chinchipe, on a cocoa crop 1 year 8 months old, under a DCA arrangement with 3 treatments (0%, 35% and 80% shade) and 6 replications. Variables such as height, shoot length, crown diameter, trunk cross-sectional area (ASTT), leaf area index (LAI), chlorophyll concentration and stomatal density, soil pH and EC were measured.

The results obtained showed that in most of the variables there were no significant differences between treatments. However, the full light treatment allowed taller plants to be obtained, and the 35% shade treatment favored an increase in chlorophyll, A, B, and total chlorophyll. In general, the results of the research show that the use of shade does not show statistically significant effects on physiological variables of clone EETP800, which shows that in this area it would not be necessary to implement shade with saran mesh.

Key words: Theobroma cacao L, shade, growth.

3. INTRODUCCIÓN

El mercado mundial del cacao corresponde en su mayoría al cacao fino o de aroma, del cual el 80 % se origina en América Latina, según la Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPAE, 2016). Específicamente en Sudamérica, Ecuador es líder en la producción de cacao fino de aroma; aportando con el 62 % del mercado, Comisión Económica para América Latina (CEPAL, 2015); además, el 80 % de la superficie sembrada a nivel nacional corresponde al Cacao Fino o de Aroma (Alvarado, 2017). Se estima que el cultivo de cacao sirve de sustento a 100 000 familias; sin embargo, se mantienen niveles de productividad muy bajos (CEPAL, 2015).

En Ecuador el cultivo de cacao es de gran importancia ya que constituye la base de su economía, debido a que es uno de los principales productos de exportación, generando importantes divisas. Varios genotipos de cacao ecuatoriano son considerados a nivel mundial como cacao fino y de aroma, ya que nuestro país por sus condiciones geográficas y su riqueza en recursos biológicos, es el productor por excelencia de este tipo de cacao (63% de la producción mundial) cuyo sabor ha sido reconocido durante siglos en el mercado internacional, siendo en la actualidad el quinto producto más exportado dentro de las exportaciones no petroleras del país (Abad et al., 2019). En la zona sur oriental, en particular la provincia de Zamora Chinchipe, poco a poco ingresa en el mapa productor de cacao Nacional Fino o de Aroma, pues para el año 2019 contó con una superficie plantada de 1 111 ha (INEC-ESPAC, 2020).

Se estima que el cacao bajo sombra cubre el 31 % del área cultivada global total, con diferencias notables entre países y continentes, en América Latina el cacao bajo sombra representa el 83 % del área cultivada total (Somarriba et al., 2012) la principal forma de manejo del cultivo de cacao mediante de diferentes sistemas agroforestales (SAF) (Pacheco et al., 2011). En Ecuador el 20 % del área plantada se cultiva bajo sombra y un 80 % sin sombra (Somarriba y Lopez-Sampson, 2018)

El cultivo del cacao que tradicionalmente se hacía en un ambiente sombreado bajo SAF para regular el nivel de radiación solar incidente (Suárez et al., 2018a) se ha venido destacando como monocultivo a pleno sol en Ecuador (Jaimez et al., 2018), lo que requiere más investigación, ya que el comportamiento del cacao es diferente en los dos tipos de ambientes. Además, en condiciones de sombra, el cacao se ve afectado por una variedad de factores ambientales, ya que

además de reducir la intensidad de la radiación, promueve cambios en la temperatura, la velocidad del viento, la humedad relativa del aire y del suelo, y otros parámetros relacionados con las propiedades ecofisiológicas y la producción de cacao. (Jaimez et al., 2008).

Los niveles óptimos de sombra para este cultivo pueden variar según las condiciones climáticas del lugar donde se cultiva y el genotipo a utilizarse (Abdulai et al., 2018; Suárez, et al., 2018), presentando diferencias en el crecimiento temprano, en cuanto a la capacidad fotosintética y actividad fotoquímica (Almeida et al., 2017; Jaimez et al., 2018).

Hace 21 años, el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) inició cruzamientos entre clones de origen y CCN-51 con el fin de combinar rasgos con altos niveles de productividad y calidad. Esto dio lugar a los dos primeros clones de alto rendimiento en 2016, como son los clones INIAP-EETP800 AROMA e INIAP-EET-801 FINO, que tienen buenas perspectivas en todo el país. (ANECACAO, 2017). Sin embargo, no se conoce estudios de la adaptabilidad de estos genotipos a las condiciones edáficas y climáticas existentes en la zona amazónica del sur de Ecuador, resaltando la importancia de evaluar su respuesta a este ambiente.

Por lo tanto, dado que existe poca información sobre el factor lumínico, este estudio proporcionará información valiosa sobre los efectos de la sombra en las características morfo-fisiológicas del cacao, contribuyendo al entendimiento de la luz en el crecimiento y desarrollo del cultivo, permitiendo el desarrollo de estrategias y manejo agrícola adecuado, lo cual contribuirá al incremento de la producción, generando impactos sociales y económicos positivos en los productores.

Para lograr el propósito de este estudio, se estableció los siguientes objetivos:

3. Objetivos

3.1. Objetivo General

- Evaluar el efecto de tres niveles de sombra en cacao (*Theobroma cacao L*) clon EETP800 en etapa de crecimiento vegetativo, en la provincia de Zamora Chinchipe, sector El Padmi.

3.1.1. Objetivos Específicos

- Determinar el efecto de diferentes niveles de radiación solar sobre parámetros morfológicos en la etapa vegetativa del clon de cacao EETP800, bajo las condiciones ambientales de la zona "El Padmi" – provincia de Zamora Chinchipe.
- Establecer el efecto de tres niveles de radiación solar sobre parámetros fisiológicos en las plantas de cacao clon EETP800, en la zona "El Padmi" – provincia de Zamora Chinchipe.

4. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1. Generalidades del cultivo de cacao

El cacao es un cultivo tropical que se desarrolla en regiones cálidas y húmedas de Ecuador. (Theobroma cacao L.), es un cultivo perenne y pertenece a la familia de las Malvaceae, subfamilia Sterculioideae. Se trata de un cultivo que se está extendiendo ampliamente en África, Asia, Oceanía y América en plantaciones destinadas a la producción de almendras que son utilizadas en la elaboración de chocolates, grasas para industrias alimentarias o cosmetológicas (Arvelo et al., 2017). Hoy en día existe una gran demanda a nivel mundial (Estrada et al., 2011).

4.2. Origen del cacao

Tradicionalmente se ha sostenido que el punto de origen de la domesticación del cacao se encontraba en Mesoamérica entre México, Guatemala y Honduras, donde su uso está dado alrededor de 2000 años antes de Cristo. No obstante, 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 (Anecacao, 2015)

4.3. Cacao clon EETP800

Denominado también “Aroma Pichilinge”, es el resultado de procesos de mejoramiento genético, donde se elevó la producción de un cacao fino y de aroma, a niveles iguales o superiores al CCN51 con mayor precocidad (INIAP,2016 a.). Las zonas recomendadas para este clon son la parte media y alta de la cuenca del río Babahoyo, noroccidente de Pichincha y norte de Guayas. La forma del fruto es elíptica, con una longitud promedio de 19,17 cm y un ancho promedio de 8,86 cm, se caracteriza por ser de color amarillento. Las semillas del fruto tienen en promedio 2,43 cm de largo y ancho de 1,38 cm. El hábito de crecimiento del árbol es de copa semi – erecta, con floraciones entre el primer y tercer trimestre del año, generando un promedio de 18 mazorcas por planta y un rendimiento promedio de 2 471,16 kg ha^{-1} $año^{-1}$. Su principal característica es que es tolerante a escoba de bruja, moniliasis y mal de machete (INIAP, 2017 b.).

Pruebas experimentales en diferentes zonas productoras de cacao demostraron que los clones INIAP-EETP800 e INIAP-EETP-801 presentan un alto grado de adaptación en la parte media y alta de la cuenca del río Babahoyo, nor-occidente de Pichincha y norte de Guayas, hasta una altura máxima de 600 m s.n.m, zonas donde los potenciales genéticos de los mencionados clones expresan su mejor comportamiento comercial (INIAP, 2014).

Los nuevos clones INIAP-EETP800 e INIAP-EETP-801 disponen de un perfil sensorial que los ubica dentro de los llamados cacaos finos y de aroma. La expresión de sus respectivos aromas y sabores característicos depende del tipo de tratamiento poscosecha otorgado y de las instalaciones disponibles para tal fin. Las tecnologías desarrolladas y disponibles están: el pre-secado, fermentación cuyo tiempo está en dependencia del volumen (3-4 días) y de las facilidades con las que se cuenta (sacos, cajones, montón, etc.), Secado: ya sea natural, con libre exposición al sol, cuyo tiempo puede variar (4-8 días) en dependencia de la intensidad solar y de las instalaciones (tendal, marquesina, etc.) (INIAP, 2017).

4.4. Ecofisiología del Cacao

4.4.1 Temperatura

El cacao no soporta temperaturas bajas, siendo su límite medio anual de 21 ºC ya que es difícil cultivar cacao satisfactoriamente con una temperatura más baja y provocar alteraciones fisiológicas en el árbol por lo que es un cultivo que debe estar bajo sombra para que los rayos solares no incidan directamente y se incremente la temperatura. Esta también determina la formación de flores. Cuando ésta es menor de 21 ºC la floración es menor que a 25 ºC, donde la floración es normal y abundante. Esto provoca que en determinadas zonas la producción de mazorcas sea estacional y durante algunas semanas no haya cosecha, cuando las temperaturas sean inferiores a 22 ºC (Omaña, 2014).

4.4.2. Precipitación

El cacao es una planta sensible a la escasez de agua, pero también al encharcamiento por lo que se precisarán de suelos provistos de un buen drenaje. Un anegamiento o estancamiento puede provocar la asfixia de las raíces y su muerte en muy poco tiempo. Las necesidades de agua oscilan entre 1 500 y 2 500 mm en las zonas bajas más cálidas y entre 1 200 y 1 500 mm en las zonas más frescas o los valles altos (Omaña, 2014)

4.4.3. Viento

El cacao es una planta muy sensible al viento, a medida que la velocidad del viento se incrementa mayor 14 km/h, aumenta la transpiración y probabilidad de daño directo a las hojas, provocando un desecamiento, muerte y caída de las hojas (Paredes, 2003). Él puede provocar estímulos

mecánicos en las plantas, afectando su crecimiento y desarrollo. Según Reis et al. (2018) las hojas más jóvenes son más intolerantes al estrés mecánico provocado, ya que presentan mayores daños macroscópicos y microscópicos y, en consecuencia, mayores cambios moleculares, bioquímicos y ultra estructurales, por tanto, las altas velocidades pueden comprometer seriamente el desarrollo de las hojas jóvenes y afectar su productividad y expresión alterada de transcripciones de genes psba y psbo relacionados con el aparato fotosintético y genes per relacionados con enzimas antioxidantes a una tasa de 4,5 m s-1

4.4.4. Humedad relativa

Sin suficiente agua en el suelo, las plantas se benefician de una alta humedad relativa, aspecto que evita la transpiración foliar excesiva. Niveles superiores al 70 % favorecen el establecimiento del cultivo luego del trasplante, y una media de 75 a 80 % favorece el desarrollo del cultivo, no obstante, niveles mayores al 85 %, con abundante precipitación y altas temperaturas, estimulan la presencia de enfermedades fungosas (Amores *et al.*, 2020).

4.4.5. Altitud

El cacao crece mejor en las zonas tropicales cultivados desde el nivel del mar hasta los 800 m. Sin embargo, en latitudes cercanas al ecuador las plantaciones se desarrollan normalmente en mayores altitudes que van de los 1 000 a 1 400 m s.n.m. La altitud no es un factor determinante como lo son los factores climáticos y edafológicos. Observando valores normales de fertilidad, temperatura, humedad, precipitación, viento y energía solar, la altitud constituye un factor secundario (Paredes, 2003).

4.4.6. Luminosidad y sombreo

Luminosidad.

El cacao es una especie que crece en ambientes del sotobosque con alta precipitación y reducida disponibilidad de luz (Baligar et al., 2008), por ello 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, con un punto de saturación de luz entre 400 y 600 μmol m-2 s -1 (Almeida et al., 2013; Ávila-Lovera et al., 2015). Por estas razones, los cultivos de cacao en todo el mundo generalmente se

establecen en entornos con sombra, como SAF a la sombra de grandes árboles y/o con cultivos anuales y perennes (Somarriba et al., 2012). Sin embargo, los beneficios de los sistemas pueden ser engañosos presentando a la vez ventajas y desventajas (Sepúlveda et al., 2017).

Sin embargo, las diferentes estructuras de estos sistemas difieren significativamente en la intercepción y transmisión de la radiación solar (Durán-Bautista et al., 2015), lo que afecta directamente el crecimiento y el rendimiento del cacao y además pueden no ser suficientes para compensar los costos de producción a corto plazo (Blaser et al., 2017). Por otro lado, la evidencia a demostrado que se puede cultivar cacao sin sombra y actualmente se conoce la existencia de árboles de cacao cultivados exitosamente en plena exposición solar en Ecuador, Brasil y países africanos como Ghana y Costa de Marfil (Jaimez et al., 2013).

Sombreo en el cultivo de cacao.

El árbol de cacao en estado natural vive en asociación biológica con otras especies donde crecen y producen mazorcas bajo la cubierta del bosque tropical. Por lo anterior, los especialistas han caracterizado a esta plantación como muy amiga de la sombra, lo que indica que prospera donde su follaje no está expuesto a plenitud de la luz. 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 (Somarriba, 2005), la excesiva sombra o la presencia de árboles inadecuados pueden afectar el desarrollo de las plantas, redujo la producción de flores y afectar la calidad de los frutos por la incidencia de enfermedades fúngicas y bacterianas (INFOCACAO, 2015), además al cultivarse bajo árboles de sombra se alteran los patrones de distribución de raíces en respuesta a la competencia por agua y nutrientes (Rajab et al., 2018).

Ecuador, al empezar con el cultivo de cacao tipo Nacional, consideró al sistema de sombra como una metodología básica pero indispensable al inicio de la plantación, tradicionalmente se lleva utiliza sombras brindadas por cultivos de plátanos o bananos, árboles frutales o forestales; en las provincias del Guayas y Los Ríos las plantaciones para brindar sombras más utilizadas son: noni, papaya, mango, mamey, guayaba, entre otros (Lanaud, 2012).

La condición de sombra es fundamental durante el desarrollo de la planta, tanto para aspectos fisiológicos como morfológicos. Como se menciona en acápites anteriores, muchas

recomendaciones son en base a sombra sobre el cultivo, tanto en etapas tempranas, o incluso, durante todo el tiempo de la plantación (MAG, 2020). No obstante, existe evidencia que el cultivo de cacao, puede sembrarse y desarrollarse sin sombra (Encalada et al, 2016).

En el primer caso, existen estudios donde se han determinado diferentes aspectos que apoyan que el cacao es una planta tolerante a la sombra, pues, el área foliar aumenta en condiciones de sombreo, al igual que el contenido de clorofila, mecanismo que ayuda a aumentar la fotosíntesis. En pleno sol, la planta está sometida a una mayor transpiración que se puede traducir en estrés hídrico y un envejecimiento acelerado de las hojas, apoyado en resultados que muestran que, en pleno sol, se presenta fotoinhibición, demostrando que la planta tolera y se desarrolla específicamente bajo sombra (Almeida & Valle 2007; De Almeida *et al.*, 2013).

En el segundo caso, varios estudios han demostrado que, aunque algunas plantas presentan fotoinhibición, muchas otras han desarrollado mecanismos de fotoprotección, disminuye el contenido de clorofila en las hojas, pero aumentando el contenido de carotenoides. Otros resultados más profundos, en estudios con plantas expuestas a pleno sol, muestran que no existe daño en los sistemas fotoquímicos esenciales para la fotosíntesis; en plantas expuestas a altos niveles de radiación, e incluso, en el clon CCN51, la tasa fotosintética neta aumentó hasta un 35 % en plantas expuestas a pleno sol, demostrando que el cacao es un cultivo que se puede sembrar sin el establecimiento de sombra (Suárez *et al.*, 2018)

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Ubicación del área de estudio

El proyecto de investigación se llevó a cabo 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 1). La estación tiene una extensión de 103,5 ha, está ubicada en una altitud entre 775 a 1150 m s.n.m. y se encuentra ubicada en las coordenadas 76°47´41” E y 95°85´80,8” N (Armijos y Patiño, 2010).

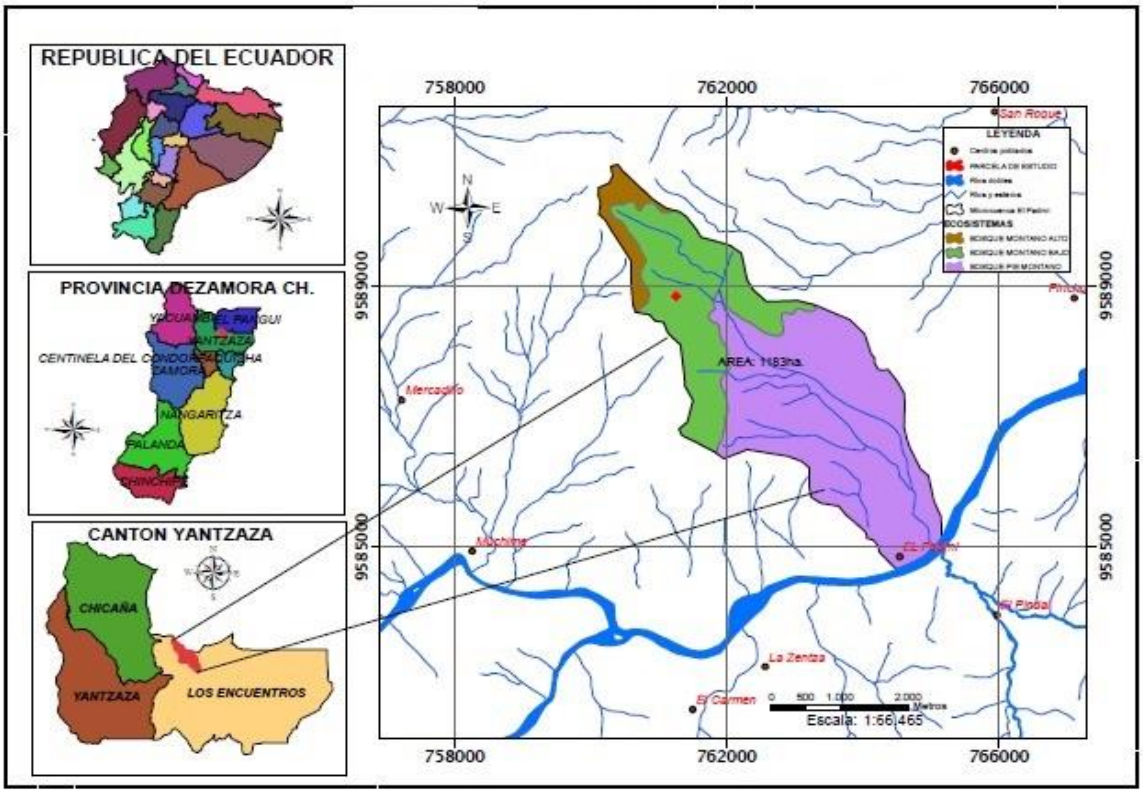

***Figura 1**. Ubicación geográfica del área de estudio (Estación experimental El Padmi).*

El cantón Yantzaza cuenta con un clima cálido-húmedo con una temperatura media anual de 22.7 °C, una precipitación anual de 1 959 mm, el mes más seco agosto y el más húmedo abril, con promedios mensuales de 132 mm y 212 mm respectivamente (Climatedata.org, 2020). La humedad relativa es >84%, con una nubosidad promedio anual de 7 octas y una frecuencia relativa de nubes del 70 % (INAMHI, 2014).

5.2. Materiales

De campo: lampa, bomba de mochila, machete, barreta, piola, cinta métrica, flexómetro, regla metálica, libreta de campo, lápiz, balanza digital, calibrador, balde, guantes, mascarilla, fundas plásticas, fundas de papel, podadora, malla sarán (35 y 80 % de sombra), alambre, martillo, playo, motosierra, cegueta, hielera cooler, papel de cocina.

Insumos: ácido bórico, herbicida agrícola (Glyphosate) Ingrediente activo: glifosato. Nombre común (ISO-I): glyphosate. Grupo químico: ácido fosforoso, insecticida (ATTA-KILL®: Cebo en gránulo)

5.3. Diseño experimental

En la investigación se aplicó un diseño completamente al azar (DCA), con 3 tratamientos y 7 repeticiones, siendo la unidad experimental 1 planta de cacao (Figura 2; Tabla 1), los tratamientos fueron: T1: 0 % de sombra (plena Luz), T2: 35 % de sombra y T3: 80 % de sombra.

Modelo matemático para el DCA

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

Donde:

Y_{ij}. Variable de respuesta.

μ. Media general.

τ_i. Efecto del tratamiento (i: 1, 2, 3).

ε_{ij}. Error experimental

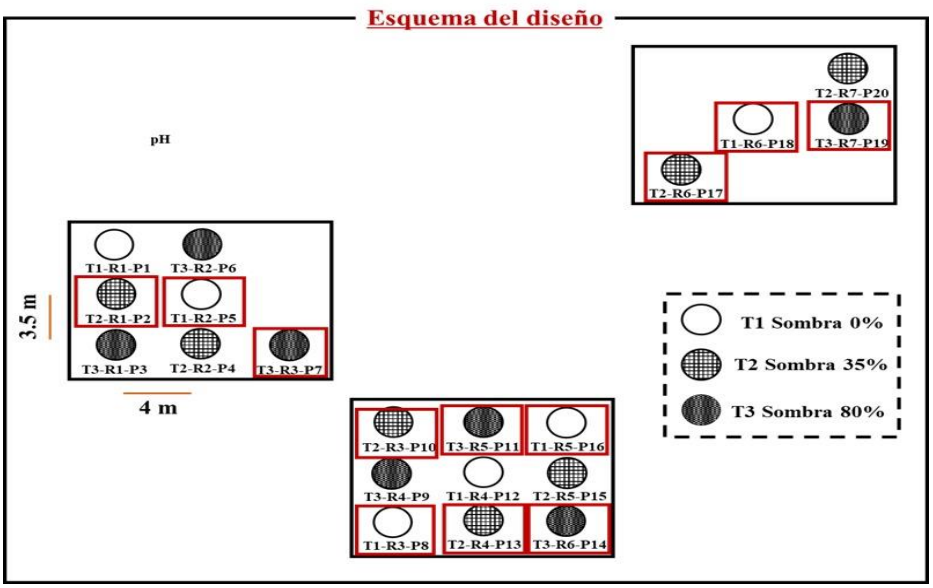

Figura 2. *Esquema de campo del experimento.*

Tabla 1*.Delineamiento del diseño experimental.*

Diseño	**Cantidad**
Número de tratamiento	3
Número de repeticiones	6 - 7
Unidad experimental	Una planta de cacao
Número de Unidades Experimentales	20

5.4. Metodología general

El experimento se realizó en un cultivo establecido de cacao clon EETP800, con plantas de 1 año y 2 meses de edad y sembradas a una distancia de 3,5 m entre filas y 4 m entre plantas, por parte del macro proyecto de investigación de la Universidad Nacional de Loja titulado "Efecto de la radiación fotosintéticamente activa sobre cacao (*Theobroma cacao L.*) en la Región sur del Ecuador y sus implicaciones agronómicas", en un área aproximada de 3 800 m^2. Los clones que se encuentran en dicha plantación son: EETP – 801, CCN51 y EETP – 800; siendo este último, el

clon con el que se trabajó. Estas plantas, provienen del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), el cual puede garantizar el origen y las características de las mismas.

5.4.1. Análisis de pH del suelo

Previo al establecimiento de los tratamientos, se realizó un análisis de suelo, para ello, el muestreo se realizó de forma aleatoria tomando ocho submuestras, las cuales se homogeneizaron y a través del método de los cuartos opuestos se obtuvo una muestra representativa de aproximadamente un kg. Esta fue enviada al Laboratorio de Manejo de Suelos y Aguas de la Estación Experimental "Santa Catalina" del INIAP para el análisis físico y químico (Anexo 3).

Durante un periodo de 9 meses desde marzo hasta noviembre de 2021, cada 20 días se realizó el análisis de pH del suelo, tomando 4 repeticiones por tratamiento (12 muestras) recolectando 200 gr de suelo a 10 cm de profundidad. Las muestras se secaron y se tamizaron, el análisis se realizó en el Laboratorio de Análisis Químico de la UNL.

5.4.2. Análisis de conductividad Eléctrica (CE) del suelo

En las muestras del suelo se realizó el análisis de CE utilizando aproximadamente 100 ml de suelo previamente pasado por un tamiz después se agregó agua destilada agito con una varilla de vidrio o espátula. Después de mezclar se dejó reposar la muestra 24 horas antes de filtrar en un embudo Buchner aplicando vacío. Finalmente se midió la resistencia eléctrica de la suspensión en las escalas dadas por el equipo (conductímetro). La CE se expresó en decisiemens por metro (dS/m).

5.4.3. Variables morfológicas evaluadas durante el desarrollo vegetativo

Durante un periodo de 9 meses, en las 20 unidades experimentales se registraron las siguientes variables morfológicas:

5.4.3.1. Altura de la planta.

Se midió a cada 20 días con un flexómetro desde el cuello p base de la planta hasta el ápice, el dato obtenido se expresó en centímetros (cm).

5.4.3.2. Longitud de brote.

Se seleccionaron y etiquetaron 2 brotes por planta posicionados en el tercio medio de la altura de la planta para medir su crecimiento longitudinal con una cinta. Esta medición se realizó cada 20 días, y se expresó en cm.

5.4.3.3. Área de sección transversal del tronco (ASTT).

Se midió el diámetro del tranco a 5cm desde el suelo con una cinta métrica, esta medición se realizó 2 veces durante todo el ensayo, la primera al inicio y la segunda al final del mismo. Esto permitió calcular el área mediante la fórmula.

ASTT= (πd^2) 4.

Donde:

d= diámetro del tronco (cm)

π= valor constante (3.1416), expresando el dato en cm^2.

5.4.3.4. Área foliar (AF) del brote.

Para el área foliar se tomaron en cuenta las ecuaciones ajustadas del área foliar tanto de largo y ancho de las hojas del clon de cacao EETP800, realizadas por Guamán (2021) en el periodo agosto – diciembre, en estudios de interacción sombra, del mismo macroproyecto de la Universidad Nacional de Loja. Con base en ello, se consideró el ancho de todas las hojas de cada planta de cacao. Y se empleó la siguiente ecuación:

A$\boldsymbol{F}$ = $\mathbf{2,5115}X^{1,9225}$

Donde:

AF = área foliar.

$\mathbf{2,5115}\boldsymbol{X}^{\mathbf{1,9225}}$**=** ecuación realizada por Guamán 2021.

5.4.3.5. Índice de área foliar (IAF).

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

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

Esta variable fueron medidas de todas las UE al final de la fase de campo.

5.4.3.6. Diámetro de copa.

Se realizó cada 21 días, para esta medida se realizó dos mediciones en cruz, siendo el valor promedio, de 30 ambas el que se considera como diámetro de copa, cuya fórmula utilizada fue:

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

5.4.4. Variables fisiológicas evaluadas durante el desarrollo de la planta.

Se midió la concentración de clorofila A (Ca), B (Cb) y la clorofila total (C total), mediante espectrometría utilizando el protocolo de un estudio previo e Rodes y Collazo (2006).

Para ello se tomaron 12 muestras que corresponden a 3 hojas de 3 repeticiones de los distintos tratamientos, estas hojas fueron obtenidas del tercio medio de la planta, para su transporte se lo realizo a través de la ayuda de una incubadora, servilletas y geles para evitar posibles daños mecánicos en las muestras, el proceso que se realizo fue un lavado, secado y se cortó en secciones.

Para la extracción de pigmentos se pesó 0,5 g de hoja, luego se introdujo la muestra en un tubo de ensayo con 6 ml de etanol al 90 % de modo que los segmentos quedaron sumergidos en el solvente orgánico, posterior a ello se llevaron a la incubadora por 20 minutos a baño maría a 80 °C para que los pigmentos fotosintéticos (clorofila) salgan y se disuelvan en el solvente, al culminar este tiempo los segmentos quedaron totalmente decolorados y el solvente de color verde. Los tubos de ensayo se envolvieron en papel aluminio para evitar la penetración de los rayos solares, y

finalmente se sacaron los restos de las muestras de los tubos, se filtraron y centrifugaron y se llevaron al espectrómetro para realizar las lecturas.

Según Mackinney (1941) las ondas para medir la cantidad la absorbancia es 645 y 663 nm, de igual manera se utilizó las fórmulas siguientes:

$$Ca\ \left(\frac{\mu g}{ml}\right) = \left((12{,}7 * A663) - (2{,}69 * A645)\right) \times \frac{vol.\,del\ extracto\ (ml)}{peso\ de\ la\ hoja\ (g)}$$

$$Cb\ \left(\frac{\mu g}{ml}\right) = \left((22.9 * A645) - (4{,}68 * A663)\right) \times \frac{vol.\,de\ extracto\ (ml)}{peso\ de\ la\ hoja\ (g)}$$

$$C\ total\ \left(\frac{\mu g}{ml}\right) = \left((20{,}2 * A645) - (8{,}02 * A663)\right) \times \frac{vol.\,del\ extracto\ (ml)}{peso\ de\ la\ hoja\ (g)}$$

Todo el protocolo que se realizó se trabajó en luz tenue con el fin de no alterar los pigmentos de clorofila. Se medirán la concentración de clorofila A, B y la clorofila total, se medirá una vez al final del ensayo

5.4.4.1 Densidad estomática (DE).

Se refiere al número de estomas por unidad de área. El conteo estomático se realizó por el método de la impronta de acuerdo a la metodología de Barrientos-Priego et al. (2003), el cual consistió en la aplicación de esmalte de uñas transparente en un área pequeña en la superficie abaxial de la hoja. Después de que el esmalte se secó, la capa fue removida delicadamente y se colocó sobre una gota de agua destilada en el portaobjeto para su observación. Considerando 3 repeticiones por tratamiento (9 muestras), se tomó una hoja completamente expandida por brote para muestrear siempre en la zona central del lado abaxial de la lámina y a ambos lados de la nervadura principal entre las nervaduras secundarias (3 muestras/hoja), en este lugar de las hojas se aplicó una capa de esmalte de uñas. De cada aplicación se obtuvo una lámina grabada en la cual se realizaron las observaciones con un microscopio Olympus CX31 con el objetivo 10 X y mediante el uso del programa Micro Cam (versión 5.7) se capturaron las imágenes marcando 3 campos por muestra (6

imágenes por repetición), luego para el conteo de estomas se procedió a marcar en cada microfotografía un área de 120 000 μm^2 siendo esta el área de conteo, el dato final se expresó en número de estomas/mm^2. Se consideró un estoma cuando las dos células oclusivas estuvieron presentes.

5.4.4.2. Análisis Estadístico

Los datos registrados fueron tabulados en una base de datos de Microsoft Excel, para su análisis mediante el software estadístico Infostat versión libre (Di Rienzo et al., versión 2019). Los análisis estadísticos: Análisis de Varianza (ANOVA por sus siglas en inglés), para determinar si existen, o no, diferencias significativas entre los tratamientos; en caso de tener diferencias significativas entre los tratamiento, se realizó una prueba de TUKEY con un porcentaje del 95 % de confiabilidad, para determinar cuál es el mejor tratamiento; y se realizó pruebas de correlación (Índice de Correlación de Pearson 95 %), para identificar como se correlacionan las variables cuantitativas.

6. RESULTADOS

6.1. Variables morfológicas evaluada

6.1.1 Altura de la planta

La altura de las plantas del clon EETP800; en las mediciones realizadas, se observó que no presentó diferencias estadísticas entre los tratamientos ($p > 0,05$) y sigue una dinámica de crecimiento similar bajo los tres niveles de sombreo (Figura 3)

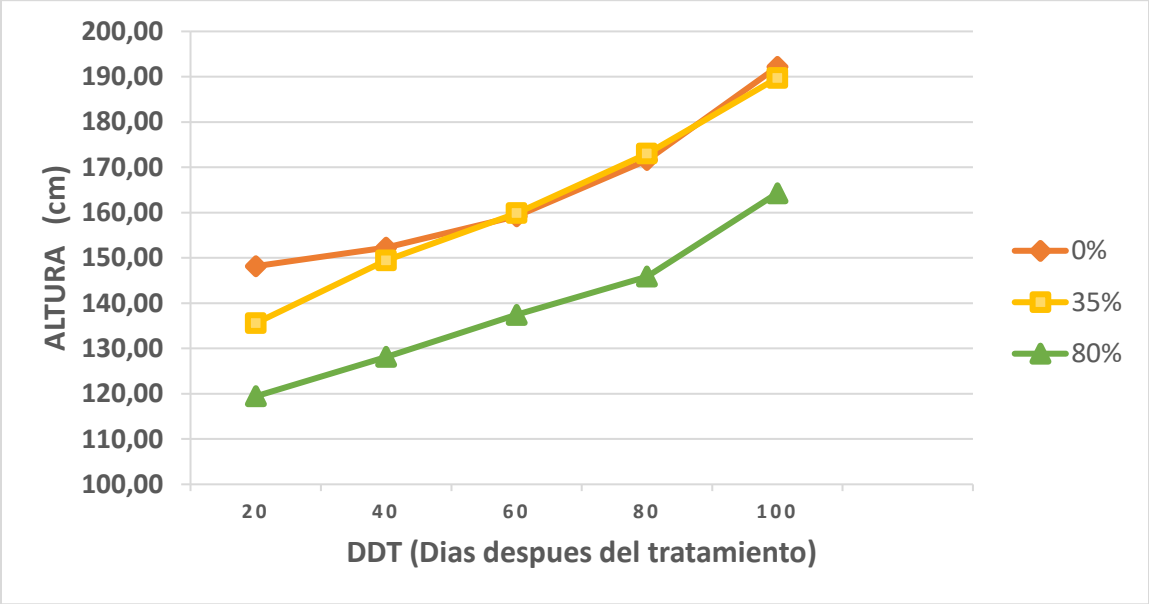

Figura 3. Altura de la planta (cm) del clon de cacao EETP800, bajo tres niveles de sombreo: T1: 0 % de sombra, T2: 35 % de sombra y T3: 80 % de sombra. La figura no presenta diferencias estadísticas.

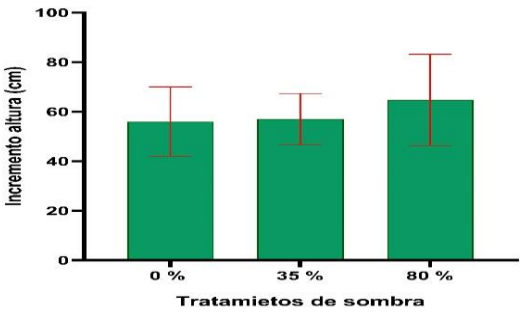

Figura 4. *Incremento de altura (cm) a los 80 D DT del clon de cacao EETP800, bajo tres niveles de sombreo: T1: 0 % de sombra, T2: 35 % de sombra y T3: 80 % de sombra. La figura no presenta diferencias estadísticas.*

6.1.2 Longitud del brote

En lo que respecta a la longitud del brote esta presentó diferencias significativas a los 100 DDT ($p < 0.05$), donde se pudo determinar que el T1, alcanzó una longitud de brote superior a T2 y T3 (Figura 5); de la misma manera, al analizar el incremento de la longitud del brote a los 100 DDT, se observó que el T1 era estadísticamente superior a T2 y T3 ($p < 0.05$) (Figura 6).

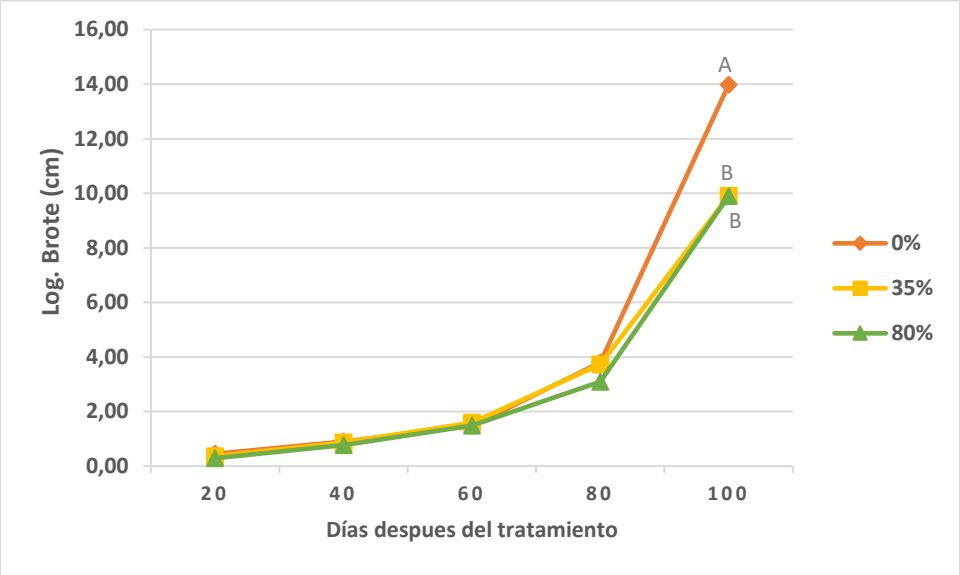

Figura 5. La longitud del brote (cm) del clon de cacao EETP800 bajo tres niveles de sombreo: T1: 0 % de sombra, T2: 35 % de sombra y T3: 80 % de sombra. Letras iguales no representan diferencias estadísticas entre tratamientos.

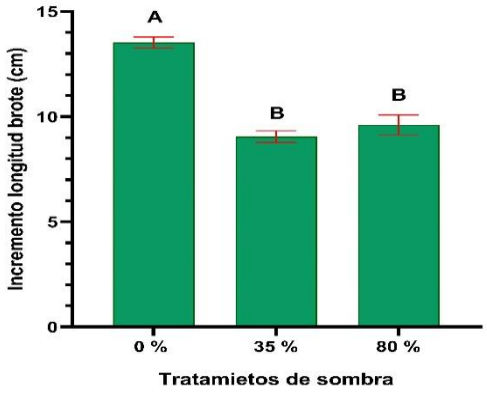

Figura 6. Incremento de la longitud del brote (cm) a los 100 DDT del clon de cacao EETP800, bajo tres niveles de sombreo: T1: 0 % de sombra, T2: 35 % de sombra y T3: 80 % de sombra. Letras iguales no representan diferencias estadísticas entre tratamientos.

6.1.3 Diámetro de copa

En cuanto al diámetro de copa (Figura 7), si se encontró diferencias estadísticas a los 140 DDT ($p < 0.05$), donde se determinó que el 0 % presenta un mayor diámetro con respecto a los 35 % y 80 %.

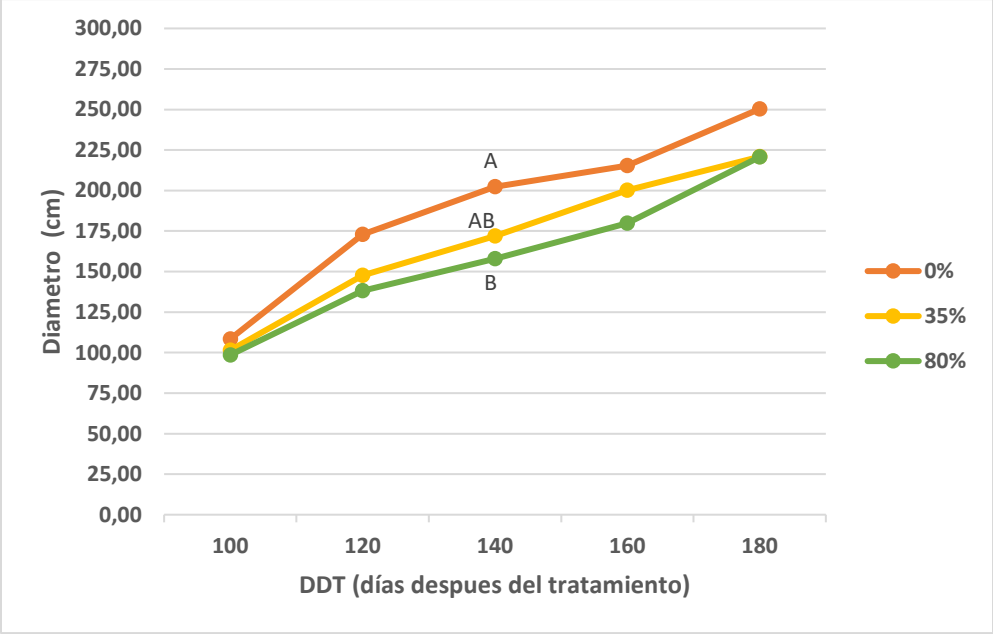

Figura 7.Diámetro de copa del clon de cacao EETP800, bajo tres niveles de sombreo: T1: 0 % de sombra, T2: 35 % de sombra y T3: 80 % de sombra. Letras diferencias en sentido vertical indican que existen diferencias estadísticas significativas Tukey ($p < 0.05$).

6.1.4 Área de sección transversal del tronco (ASTT)

En lo que se refiere a ASTT, no se encontraron diferencias estadísticas significativas, por lo tanto, podemos decir que el nivel de sombra no afecto al crecimiento del área de sección trasversal del tronco, como se muestra en la (Figura 8)

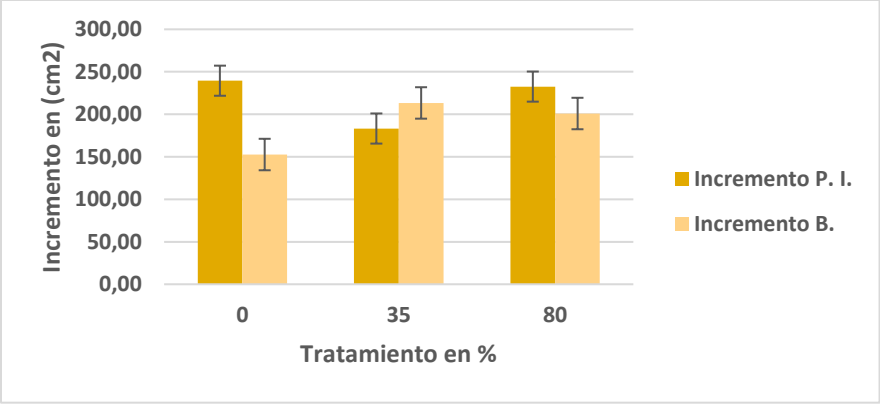

Figura 8. Incremento ASTT del clon de cacao EETP800, bajo tres niveles de sombreo: T1: 0 % de sombra, T2: 35 % de sombra y T3: 80 % de sombra.

6.1.5 Área foliar (AF)

Al analizar los datos de esta variable se pudo determinar que no existieron diferencias estadísticas entre los tratamientos ($p > 0.05$), (Figura 9).

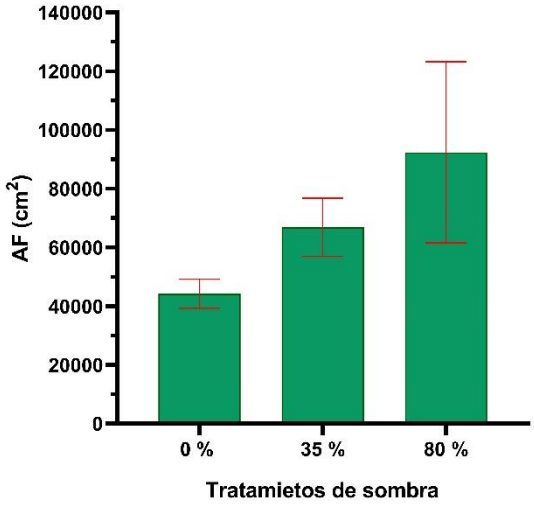

Figura 9. Área Foliar del clon de cacao EETP800, bajo tres niveles de sombreo: T1: 0 % de sombra, T2: 35 % de sombra y T3: 80 % de sombra. La figura no presenta diferencias estadísticas.

4.2.3 Índice de área foliar (IAF)

En lo que respecta a esta variable, se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos ($p > 0.05$) (Figura 10), y describe el mismo comportamiento observado en el AF, donde se observó que los valores de T3 es superiores y el T1 los valores menores.

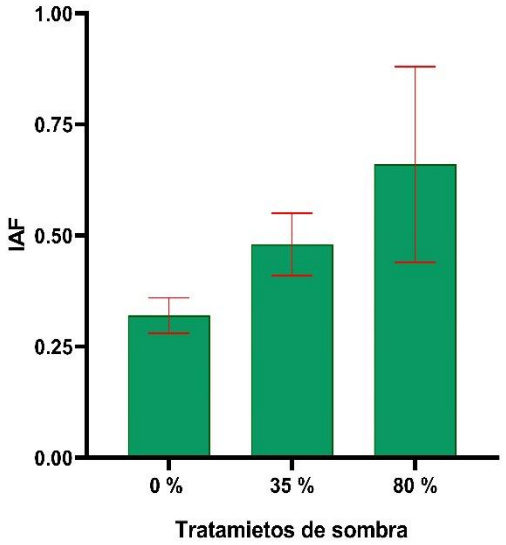

Figura 10. Índice de área foliar del clon de cacao EETP800, bajo tres niveles de sombreo: T1: 0 % de sombra, T2: 35 % de sombra y T3: 80 % de sombra.

Tabla 2. AF y IAF del clon de cacao EETP800, bajo tres niveles de sombreo (T1: 0 %, T2: 35 % y T3: 80 %).

Tratamiento (% sombra)	**Longitude de hoja (cm)**	**Número de hojas**	**AF (m2)**	**IAF**
0	7,32	438,28	4423,10 ns	0,32 ns
35	8,99	425,21	6687,82 ns	0,48 ns
80	8,19	576,30	9239,96 ns	0,66 ns

ns= no significativo

6.2 Parámetros fisiológicos

6.2.1 Concentración de clorofila

Para la concentración de clorofila, se evaluaron la concentración de clorofila A, clorofila B y clorofila Total; cabe señalar, que en los tres análisis no se encontraron diferencias estadísticas (Tabla 3) ($p > 0.05$).

Tabla 3. Concentración de clorofila A, B y Total (ml/g) del clon de cacao EETP800, bajo tres niveles de sombreo (T1: 0 %, T2: 35 % y T3: 80 %).

Tratamiento (% de sombreo)	**ml/g**		
	Clorofila A	**Clorofila B**	**Clorofila Total**
0 %	40.06	17.52	57.56
35 %	53.07	25.72	78.77
80 %	47.78	22.20	69.95

La tabla no muestra diferencias estadísticamente significativas.

6.2.2 Densidad estomática

En lo que respecta a esta variable, se pudo determinar que el T1, presento una mayor cantidad de estomas por milímetro cuadrado, en comparación a los T2 y T3 ($p < 0.05$) (Tabla 4).

Tabla 4. Densidad estomática (estomas mm-2) del clon de cacao EETP800, bajo tres niveles de sombreo (T1: 0 %, T2: 35 % y T3: 80 %).

Tratamiento (% de sombreo)	**Estomas mm^{-2}**
0 %	716.59 **A**
35 %	324.42 **B**
80 %	290.18 **B**

Letras diferentes representan diferencias estadísticas significativas, Tukey ($p<0,05$).

6.3 Análisis de pH y conductividad eléctrica

En lo que respecta al pH (Figura 11), este no presento diferencias estadísticas ($p > 0,05$) entre los tratamientos evaluados. El pH inicial obtenido a través de un análisis de suelo al inicio del ensayo fue de 5,42. Al pasar de los días de aplicación de los tratamientos se tuvo como resultado que el

pH determinado de forma individual por tratamiento no presento diferencias estadísticamente significativas, al final del ensayo se obtuvo un pH entre 5.2 y 5.79.

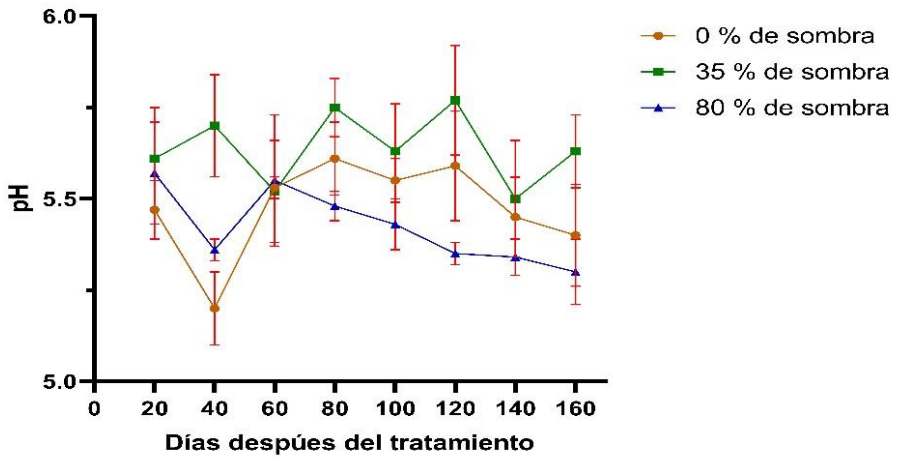

Figura 11. pH del suelo de cultivo clon de cacao EETP800, bajo tres niveles de sombreo: T1: 0 % de sombra, T2: 35 % de sombra y T3: 80 % de sombra. No presenta diferencias estadísticas.

En cuanto a la conductividad eléctrica, esta presentó diferencias estadísticas únicamente a los 60 y 120 DDT ($p < 0.05$); siendo el tratamiento bajo 80 % de sombra el que alcanzo los niveles más altos en la CE (Figura 12).

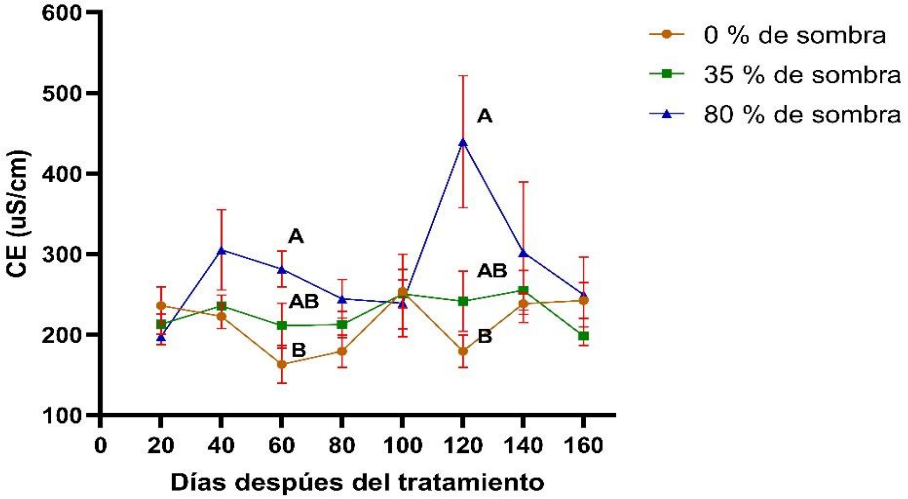

Figura 12. Conductividad eléctrica del suelo de cultivo del clon de cacao EETP800, bajo tres niveles de sombreo: T1: 0 % de sombra, T2: 35 % de sombra y T3: 80 % de sombra. Letras iguales no representan diferencias estadísticas entre tratamientos.

6.4 Correlaciones

Dentro de las correlaciones podemos destacar aquellas entre: número de hojas y AF, concentración de clorofila y densidad estomática que presentan niveles de correlación alto, en forma positiva: Número de hojas y área foliar; y negativa: Densidad estomática y concentración de clorofila (Tabla 5).

Tabla 5. Correlación entre variables cuantitativas.

Variable 1	Variable 2	Coeficiente de correlación de Pearson (r)	p – valor
Altura	Longitud de brote	0.33	0.16
	Diámetro de copa	0.44	0.05
	ASTT	0.35	0.13
	Núm. de hojas	0.19	0.55
	Ancho de hoja	0.11	0.75
	AF	0.16	0.61
	Concentración de clorofila	**-0.34**	0.36
	IAF	0.16	0.62
	Densidad de estomas	0.50	0.03
Longitud de brote	Diámetro de copa	0.45	0.05
	ASTT	0.35	0.13
	Núm. de hojas	**-0.19**	0.56
	Ancho de hoja	**-0.40**	0.20
	AF	**-0.43**	0.17
	Concentración de clorofila	**-0.28**	0.46
	IAF	**-0.42**	0.17
	Densidad de estomas	0.69	**<0.01**
Diámetro de copa	ASTT	0.47	0.03

	Núm. de hojas	-0.47	0.11
	Ancho de hoja	-0.27	0.38
	AF	-0.64	0.02
	Concentración de clorofila	-0.78	0.01
	IAF	-0.64	0.02
	Densidad de estomas	0.28	0.22
ASTT	Núm. de hojas	**-0.08**	0.78
	Ancho de hoja	0.10	0.74
	AF	**-0.14**	0.65
	Concentración de clorofila	**-0.37**	0.31
	IAF	**-0.14**	0.65
	Densidad de estomas	0.23	0.32
Núm. de hojas	Ancho de hoja	**-0.23**	0.45
	AF	0.84	**<0.01**
	Concentración de clorofila	0.39	0.29
	IAF	0.84	**<0.01**
	Densidad de estomas	**-0.23**	0.45
Ancho de hoja	AF	0.22	0.47
	Concentración de clorofila	0.27	0.47
	IAF	0.22	0.48
	Densidad de estomas	**-0.35**	0.26
AF	Concentración de clorofila	0.54	0.13
	IAF	1	**<0.01**
	Densidad de estomas	**-0.45**	0.14

Concentración de clorofila	IAF	0.54	0.13
	Densidad de estomas	**-0.70**	0.02
IAF	Densidad estomática	**-0.44**	0.14

Niveles de significancia p – valor: > 0.05 = no significativo; ≤ 0.05 significativo; < 0.01 muy significativo

7 DISCUSIÓN

En este trabajo de investigación, realizado en un periodo de marzo a noviembre 2021, las plantas que se sometieron a tres niveles de sombra, no mostraron diferencias significativas para los parámetros morfológicos, como son: altura, ASTT, AF e IAF.

En cuanto a la altura, a los 100 días de evaluación después de la aplicación de los tratamientos se registró el mayor valor de altura de planta (192,17), correspondiente al T1 (testigo). Lo cual confirma con lo mencionado por Famuwagun et al. (2017) reportó a los 21 meses de evaluación altos aumentos en la altura del cacao sin sombra en comparación bajo sombra moderada y densa, estos valores se debieron presumiblemente a reducciones en la luz transmitida por la sombra conferida.

Esto se contradice lo dicho por Navarro (2006) que señala que al poner sombra temporal a las plantas de cacao jóvenes les ayuda a acelerar su crecimiento, contribuye a reducir la 53 evapotranspiración y reducir costos de establecimiento y manejo en los primeros años de vida, debido a que producen en pocos meses y parte de la producción puede venderse para garantizar el manejo y enfrentar otras demandas del cultivo de cacao, en estas contradicciones que surgen en los estudios realizados por diferentes autores recae la importancia de esta investigación.

Por lo tanto, el clon EETP800 no se ve afectado bajo condiciones de plena luz ya que presenta una alta capacidad de aclimatación, contradiciendo la suposición de que las plantas de cacao crecen mejor bajo condiciones de sombra. Vialet-Chabrand et al., (2017) Además, se ha informado que, en intensidad de luz baja, al final la planta tiene una tasa de crecimiento lenta, probablemente debido al hecho de que las plantas cultivadas en estas condiciones no pueden utilizar completamente la energía lumínica absorbida para la fijación de carbono. Según Agele et al. (2016) reporta que las plantas de cacao sin sombra bajo irrigación presentan una mayor eficiencia en el uso de radiación en comparación bajo condiciones de sombra más irrigación. En adición, autores como Acheampong et al. (2013) indican que las plantas bajo sombra ligera presentan tasas fotosintéticas tres veces más rápidas que aquellas bajo el tratamiento de sombra intensa, que también se reflejó en el crecimiento de las plantas, demostrando que, con suficiente agua en el

suelo y en ausencia de plagas y enfermedades, el cacao joven se puede cultivar con menos sombra de lo que generalmente se ha recomendado

En cuanto a la longitud de los brotes a los 20 hasta 80 días después de las aplicación de los tratamientos (DDT) no hubo diferencias significativas, mientras que a los 100 DDT, los mayores valores se observaron en plantas con 0 % de sombra a diferencia de las de 35 % y 80 %, esto lo podemos confirmar también con los estudios realizados por, Famuwagun et al. (2017), que el cacao irrigado sin sombra (sol abierto) tuvo mejores resultados en términos de crecimiento (desarrollo de raíces y brotes y acumulación de biomasa). Y los reportes del estudio realizado por, Gómez (2002), encontró que el tamaño de la hoja y la longitud de los entrenudos fueron significativamente reducidos bajo la plena exposición solar, esto debido a la elevada transpiración que ocasiona un estrés hídrico al no disponer de riego continuo.

En cuanto al diámetro de copa medidos a partir de los 120 días, se pudo observar que, a los 140 DDT, donde se determinó que el T1 1.96 m el cual presenta un mayor diámetro con respecto a los T2 1.73 m y T3 1.65 m. Al final del tratamiento el diámetro mayor es de 2.50 m, esto representa un buen crecimiento y formación de la copa, ya que el diámetro de copa se encuentra entre de 4.4 a 5 metros, número promedio de ramas de 3 en plantaciones de 4 a 5 años, Enríquez. (1985). Esta copa o verticilo será la futura armazón del árbol y las ramas primarias serán la futura madera donde se formarán la mayoría de las mazorcas, lo mismo que en el tronco principal, Lutheran World Relief. (2013). El diámetro de copa nos da una idea sobre la proporción de tamaño del árbol en términos generales.

En lo que se refiere a ASTT, no se encontraron diferencias significativas para los tratamientos, esto tanto para la porta injerto como para la bareta, ya que al ser una plantación que ya lleva unos dos años, la acumulación de fotoasimilados en el xilema es más rápida, la planta comienza ya a estabilizarse y engrosar para después llegar a la producción. Además, esto indica una buena adaptación y establecimiento en campo bajo las condiciones ambientales a las que fue sometido en los tres tratamientos, pero en el diámetro de copa se encontraron diferencias significas, donde al 80 y 35 % de sombra no presentaron diferencias significativas, pero al 0 % de sombra se encontró menor diámetro de copa, coincidiendo con lo reportado por Arvelo et al., (2017) “brindar sombra temporal a las plantas de cacao jóvenes les ayuda acelerar su crecimiento, disminuir la

evapotranspiración y generar cubertura ante la radiación solar directa". Por otra parte, Castillo et al. (2021) afirma que la sombra en el cultivo de cacao es necesaria para regular la luminosidad, las condiciones de temperatura que rodean la planta, el viento excesivo y evitar deficiencias de humedad en épocas de sequía. Sin embargo, se debe realizar manejo de podas, porque, en condiciones de excesiva sombra, el cacao apenas sobrevive y en condiciones de poca sombra, se envejece rápidamente y se vuelve poco productivo. De hecho, la producción de este cultivo y la intercepción de luz están estrechamente relacionados cuando la disponibilidad de nutrientes no es limitante.

El ASTT se ha utilizado como indicador para seleccionar genotipos de cacao de alto rendimiento. Según Ofori et al., (2017) La selección de clones con una buena ASTT podría usarse de manera confiable para mejorar la resistencia del cacao al estrés en condiciones marginales de producción.

INTAGRI (2016), el IAF permite estimar la capacidad fotosintética de las plantas y ayuda a entender la relación entre acumulación de biomasa y rendimiento bajo condiciones ambientales imperantes en una región determinada. En el ensayo encontramos que no existieron diferencias estadísticas significativas entre los cuatro distintos tratamientos, pero sin embargo el T3 presentaron valores más altos a diferencia del T1 y T2, Leiva-Rojas et al. (2019), el IAF varía entre 1.5 y 6 dependiendo del genotipo, edad de la planta 36 y manejo agronómico del cultivo. Sin embargo, Banguero-Garcia et al. (2015) encontró que menor índice de área foliar se da pleno luz coincidiendo con el resultado obtenido en plantas de CCN 51 al 0 % de sombra con un promedio de 0.38, misma que puede ser debido a la reducción de número de hojas o tamaño de la planta. Concordando con Salazar et al., (2018) quienes encontraron que los árboles de cacao sometidos a radiación solar directa presentaron un área foliar específicamente baja.

El desarrollo del área foliar no se obtuvo ninguna diferencia significativa en los tres tratamientos. Sin embargo, la eficiencia de la intercepción de la luz resultante de cualquier IAF determinada está influenciada por las características de la hoja como el tipo, el tamaño que fue de 8,19 cm en el T3, la forma y la visualización de las hojas. A valores altos de IAF, se produce un sombreado mutuo; las hojas en el fondo del dosel reciben una intensidad de luz muy baja, mientras que las hojas superiores están expuestas a la luz muy por encima de la requerida para la fotosíntesis máxima (saturación de luz) (Agele et al., 2016).

Para la concentración de clorofila, cabe señalar que no se encontraron diferencias estadísticas, significativa. Mencionan que los valores de clorofila total son regulados por la luz, de modo que en intensidades más elevadas de irradiación las moléculas de clorofila son más expuestas a procesos fotoxidativos y por consiguiente un menor contenido de clorofila (Ardisana et al., 2018).

Para el contenido de clorofila A, B y clorofila total, los mayores valores se encontraron en plantas sometidas a sombra, demostrándose de esta manera que la sombra influye directamente en el contenido de pigmentos fotosintéticos. Esto lo explica Piña y Arboleda, (2010) quienes mencionan que los valores de clorofila total son regulados por la luz, de modo que en intensidades más elevadas de irradiación las moléculas de clorofila son más expuestas a procesos fotoxidativos y por consiguiente un menor contenido de clorofila. Sin embrago, varios autores constataron que la baja disponibilidad de luz induce a un incremento en el contenido de clorofila a fin de aumentar la capacidad de aprovechamiento de la luz disponible y optimizar la fotosíntesis (Suárez et al., 2018; Lennon et al., 2021).

El contenido de pigmentos fotosintéticos, en particular las clorofilas, está relacionado con la adaptación de los genotipos a las condiciones climáticas en que estos se desarrollan, proporcionando información importante sobre la capacidad de aclimatación de las plantas a condiciones de alta luminosidad y sobre los efectos nocivos de la radiación excesiva, además, en varias especies la cantidad de clorofila está relacionada con el rendimiento del cultivo Héctor et al., (2018). Según nos corrobora esta literatura este clon EETP800 es el que mejor adaptación tuvo ah las condiciones en las que se llevó la investigación.

En lo que respecta a la densidad estomática, se pudo determinar que el T1, presento una mayor cantidad de estomas por milímetro cuadrado, en comparación a los T2 y T3 esto lo confirma el estudio realizado por Jaimez et al. (2018) quien realizó un estudio en cacao Nacional cultivado sin sombra en las condiciones climáticas de la costa ecuatoriana, en el cual se demostró valores de conductancia estomática y tasa de asimilación elevados. Estos resultados no están relacionados con el tamaño de las hojas, dado que las hojas expuestas a sombra obtuvieron mayor área, por lo tanto, se dio un cambio en el número de estomas por hoja y no una mayor concentración de estomas en las hojas de menor superficie como se ha reportado en otros cultivos como café Encalada et al., (2016). El rango de estomas estuvo entre 290 a 716 estomas por mm2 de superficie foliar,

encontrándose cierta contradicción con Daymond et al. (2011) en ocho clones de cacao que estuvo entre 788 y 1 081 estomas por mm2.

Harrison et al. (2020) mencionan que la densidad estomática es mayor en los tratamientos a pleno sol debido a que la planta en condiciones de alta intensidad de luz, modifica la anatomía de las hojas para mejorar la fijación y disponibilidad de CO2 en el proceso de fotosíntesis, promoviendo la fijación fotosintética del carbono. Por otro lado, una reducción de la densidad estomática ha demostrado ser un método eficaz para mejorar la tolerancia a la sequía y la eficiencia del uso del agua mediante la reducción de la pérdida de agua de las plantas Bertolino et al., (2019).

En lo que respecta al pH, este no presento diferencias estadísticas entre los tratamientos, y todos se mantuvieron en un rango de pH entre 5.2 y 5,79 que es propio de suelos amazónicos, Bravo et al. (2017) midieron las propiedades de los suelos cultivados de cacao en la región amazónica de Napo y Pastaza encontrando valores entre 5,11 y 5,94. Por otra parte Barrezueta-unda (2019) encontró valores de pH entre 6,46 y 7,72 en suelos costeros de El Oro. Los análisis de pH del suelo no revelaron diferencias significativas entre las plantas sombreadas y a plena luz, lo cual se podría deber a que el pH no está directamente relacionado con la sombra, sino que tiene relación directa con la nutrición y procesos físico químicos propios del suelo. Dostert et al. (2012) que menciona que las plantas de cacao toleran un pH de 5,0 a 7,5, por debajo de estos niveles se debe realizar un encalado del cultivo.

En cuanto a la conductividad eléctrica, Para Bárbaro et al. (2005) la conductividad eléctrica (CE), mide la concentración de sales solubles presentes en la solución del suelo, pues a mayor CE, mayor es la concentración de sales, en un suelo conviene que la CE sea baja. En nuestros resultados en todos los tratamientos se registraron valores de CE inferiores a 1 dS m-1, es decir que el suelo no presentó problemas de sales. Siendo el tratamiento bajo 80 % de sombra el que alcanzo los niveles más altos a los 60 y 120 DDT, la variabilidad en la CE, está sujeta a varias condiciones, presencia de MO, cationes como Ca^{2+}, K^+, Na^+, $NH4^+$ o H^+ que elevan la CE (Patrick, 1985); en el caso particular de este trabajo, el alto contenido de MO (Anexo 3), permitió un incremento en la CE y en el mantenimiento de un estable rango de pH.

Dentro de las correlaciones podemos destacar aquellas entre: número de hojas y AF, concentración de clorofila y densidad estomática que presentan niveles de correlación alto, en forma positiva: número de hojas y AF; y negativa: Densidad estomática y concentración de clorofila.

8. CONCLUSIONES

- Para el cacao clon EETP800, la sombra no influye a su crecimiento en variables como altura, área de sección trasversal del tronco, área foliar, índice de área foliar, en los cuales no mostraron diferencias significativas, esta investigación nos muestra que el clon cacao EETP800 la sombra no influye directamente en dichas variables.
- El clon EETP800 presento mayor influencia en las variables longitud de brote, diámetro de copa, se dio una diferencia significativa lo cual demostró que el T1 (0 % sombra) fue mayor a diferencia de los tratamientos T2 (35 % sombra) Y T3 (80 % sombra).
- Las variables fisiológicas se vieron influenciadas por el factor sombra fue la densidad estomática, en la cual se pudo determinar que el T1 con 716,59 presento una mayor cantidad de estomas por milímetro cuadrado, en comparación a los T2 y T3, en cuanto a la concentración de clorofila no mostro diferencias significativas.
- La sombra no influyo en la CE y el pH del suelo, debido a que son suelos propios de la amazonia, con rangos óptimos para el cultivo de cacao.
- Los resultados sugieren que el cacao clon EETP800 exhibe una aclimatación óptima a condiciones de plena exposición solar, sombra media y/o intensa., adaptándose muy bien a las condiciones del clima amazónico y su potencial cultivo en la zona de estudio

9. RECOMENDACIONES

- Seguir con la investigación hasta llegar a la etapa de procesamiento y a su vez evaluar el rendimiento y producción; de esta manera poder describir que niveles de sombra influyen en el rendimiento de cacao clon EETP800.
- Monitorear periódicamente el pH del suelo, ya que permitirá conocer la acidez que es un factor importante en las reacciones químicas y solubilidad de los nutrientes en las plantas.
- Seguir con registros sobre las variables fisiológicas, productivas y análisis de laboratorio con la finalidad de recopilar mayor cantidad de datos que nos muestre de forma más asertiva la existencia de diferentes variables.

10. BIBLIOGRAFIA

ANECACAO. (2017). Sabor Arriba. 30 años dejando en alto el nombre del CACAO ECUATORIANO. Revista Especializada En CACAO, 12, 44. www.anecacao.co-

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), 1–17. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0195777.

Abad, A., Acuña, C., & Naranjo, E. (4 de 11 de 2019). Revistas UASB. El cacao en la Costa ecuatoriana: estudio de su dimensión cultural y económica Obtenido de https://revistas.uasb.edu.ec/index.php/eg/article/view/1442/1349

Anecacao. (2015). anecacao.com. Obtenido de anecacao.com: http://www.anecacao.com/es/quienes-somos/historia-del-cacao.html.

Amores, F., Ramos, R., Rhon, F., Sotomayor, K., y Vasco, A. (2020). Adaptación de clones de cacao (Theobroma cacao L.) tipo nacional en el piedemonte de Guasaganda, Cotopaxi, Ecuador. Revista Economía y Desarrollo, 9.

Ardisana, E. H., García, A. T., Téllez, O. F., Álava, J. Á., Pin, G. S., & Aguilar, R. L. (2018). Contenido de clorofilas totales en doce clones de cacao (Theobroma cacao L.). La Técnica: Revista de Las Agrociencias. ISSN 2477-8982, 20(1), 11–18.

Armijos, D., & Patiño, A. (2010). Herpetofauna de un Bosque Húmedo Tropical en la Quinta “El Padmi” del Centro de Estudios y Desarrollo para la Amazonía (CEDAMAZ), provincia de Zamora Chinchipe. Cedamaz, 1(1), 57–64.

Arvelo, M., González, D., Delgado, T., Maroto, S., y Montoya, P. (2017). Estado actual sobre 47 la producción, el comercio y cultivo del cacao en América. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura , 283.

Almeida, J., Ávila-Lovera, E., Jaimez, R., Araque, O., Móvil, O., Gonzalez, R., & Tezara, W. (2017). Características fotosintéticas de cuatro clones de cacao en un sistema agroforestal en Barlovento, Edo. Miranda. Investigación y Saberes, 6(3), 1–14.

Almeida, A, Gomes, F., Araujo, R., Santos, R., & Valle, R. (2013). Leaf gas exchange in species of the Theobroma genus. Photosynthetica, 52(1), 16–21. https://doi.org/10.1007/s11099-013-0048-8

Almeida, Alex, & Valle, R. (2007). Ecophysiology of the cacao tree. Brazilian Journal of Plant Physiology, 19(4), 425–448. https://doi.org/10.1590/S1677- 04202007000400011

Alvarado, A. (2017). Estudio económico de la producción de cacao y las principales enfermedades de la variedad ccn-51 en el cantón la troncal. Guayas, Ecuador. pp. 5

Ávila-Lovera, E., Coronel, I., Jaimez, R., Urich, R., Pereyra, G., Araque, O., Chacón, I., & Tezara, W. (2015). Ecophysiological traits of adult trees of criollo cocoa cultivars (Theobroma cacao L.) from a germplasm bank in Venezuela. Experimental Agriculture, 52(1), 137–153. https://doi.org/10.1017/S0014479714000593

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. Journal of Horticultural Sciences, 11(1), 47–56.

Acheampong, K., Hadley, P., & Daymond, A. (2013). Photosynthetic activity and early growth of four cacao genotypes as influenced by different shade regimes under west african dry and wet season conditions. Experimental Agriculture, 49(1), 31–42. https://doi.org/10.1017/S0014479712001007

Baligar, V., Bunce, J., Machado, R., & Elson, M. (2008). Photosynthetic photon flux density, carbon dioxide concentration, and vapor pressure deficit effects on photosynthesis in cacao seedlings. Photosynthetica, 46(2), 216–221. https://doi.org/10.1007/s11099-008-0035-7

Bárbaro, L. A., Karlanian, M. A., & Mata, D. A. (2005). Importancia del pH y la Conductividad 49 Eléctrica en los sustratos para plantas. Instituto de Floricultura CIRN, 3 (1), 1–15.

Barrezueta-unda, S. (2019). Propiedades de algunos suelos cultivados con cacao en la provincia El Oro , Ecuador. Revista de Biotecnología y Cieincias Agropecuarias, 14(1), 155–166.

Barrientos-Priego, A., Borys, M., Trejo, C., & López-López, L. (2003). Índice y densidad estomática foliar en plántulas de tres razas de aguacatero. Revista Fitotecnia Mexicana, 26(4), 285–290.

Banguero-Garcia, Y., Mosquera-Figueroa, G., Toro-Giraldo, S., Leiva-Rojas, E., y RamírezPisco, R. (2015). Physiological response of cocoa (Theobroma cacao L.) seedlings to shade and under an organic amendment application. Bioetnia Volumen 12, 8.

Bravo, C., Ramírez, A., Marín, H., Torres, B., Alemán, R., Torres, R., Navarrete, H., & Changoluisa, D. (2017). Factores asociados a la fertilidad del suelo en diferentes usos de la tierra de la Región Amazónica Ecuatoriana. Revista Electronica de Veterinaria, 18(11), 1–16.

Bertolino, L., Caine, R., & Gray, J. (2019). Impact of stomatal density and morphology on water-use efficiency in a changing world. Frontiers in Plant Science, 10, 225. https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00225

Blaser, W., Oppong, J., Yeboah, E., & Six, J. (2017). Shade trees have limited benefits for soil fertility in cocoa agroforests. Agriculture, Ecosystems and Environment, 243, 83–91. https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.04.007

Cardona, B., & Gutiérrez, M. (2003). Un Acercamiento a la Ecofisiología del Cacao. Actualidad y Divulgación Científica, 6 (1), 64–71.

Castillo, K., Rincón, K., Yela, S., y Ordoñez, H. (2021). Especies forestales con potencial agroforestal en el Consejo Comunitario Alto Mira y Frontera (Tumaco, Colombia). SciELO Analytics. Vol.39. No.1, 15.

CEPAL., STCI. (2015). Diagnóstico de la Cadena Productiva del Cacao en el Ecuador. Comisión Económica para América Latina Y Secretaría Técnica del Comité Interinstitucional para el Cambio de la Matriz Productiva Vicepresidencia del Ecuador. pp.18

Climate-data.org. (2020). Clima Yantzaza. Recuperado en: https://es.climatedata.org/america-del-sur/ecuador/provincia-de-zamora-chinchipe/yantzaza-2549.

Durán-Bautista, E., Ángel-Sánchez, Y., & Suárez-Salazar, J. (2015). Dinámica de la radiación fotosintéticamente activa en arreglos agroforestales con Hevea brasiliensis en el norte de la amazonia colombiana. Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica, 18(2), 365–372.

Daymond, A., Tricker, P., & Hadley, P. (2011). Genotypic variation in photosynthesis in cacao is correlated with stomatal conductance and leaf nitrogen. Biologia Plantarum, 55(1), 99–104.

Dostert, N., Roque, J., Cano, A., Torre, M., & Weigend, M. (2011). Hoja botánica: Cacao. Primera edición. Lima, Perú: Giacomotti Comunicación Gráfica S.A.C. 19 p.

Enríquez, G. (2004). Cacao organico. Guia para productores ecuatorianos. 407 p. Quito, Ecuador: INIAP.

ESPAE (Escuela Superior Politécnica del Litoral). (2016). Estudios industriales orientación estratégica para la toma de decisiones-Industria de cacao. pp. 42. https://www.espae.espol.edu.ec/wp-content/uploads/2016/12/industriacacao.pd-

ESPAE. (Abril de 2016). www.espae.espol.edu.ec/. Obtenido de www.espae.espol.edu.ec/: http://www.espae.espol.edu.ec/wp-content/uploads/2016/12/industriacacao.pdf

ESPAC. (2019). Tabulados de la Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua ESPAC 2019. http://www.ecuadorencifras.gob.ec/estadisticasagropecuarias-2/.

Estrada, W., Romero, X., y Moreno, J. (2011). Guía técnica del cultivo de cacao manejado con técnicas agroecológicas. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) y Confederación de Federaciones de la Reforma Agraria Salvadoreña (CONFRAS), 22.

Encalada, M., Soto, F., Morales, D., Cabrera, T., & Jaramillo, R. (2016). Influencia de la intensidad de luz en la producción de posturas de cafeto (Coffea Arabica L .) en vivero. 18–28

Famuwagun, I., Agele, S. O., & Aiyelari, O. P. (2017). Shade Effects on Growth and Development of Cacao Following Two Years of Continuous Dry Season Irrigation. International Journal of Fruit Science, 18(2), 153–176.

Gómez, A. (2002). Efecto de diferentes intensidades de luz sobre el intercambio gaseoso y desarrollo del cacao criollo Guasare. Postgrado de ecología Tropical.San Juan, Venezuela: Facultad de Ciencias, Universidad de los Andes. 113p.

Harrison, E., Arce, L., Gray, J., & Hepworth, C. (2020). The influence of stomatal morphology and distribution on photosynthetic gas exchange. Plant Journal, 101(4), 768–779.

Héctor, E., Torres, A., Fosado, O., Álava, J., Sancán, G., & León, R. (2018). Contenido de clorofilas totales en doce clones de cacao (Theobroma cacao L.). La Técnica: Revista de Las Agrociencias. ISSN 2477-8982, 20(20), 11. https://doi.org/10.33936/la_tecnica.v0i20.1324

INFOCACAO. (2015). El ambiente y su efecto en el comportamiento de la planta de cacao. Ciencia y Tecnología Al Servicio Del Sector Cacaotero, 5, 1–4

INEC-ESPAC. (2020). Superficie y Producción - Histórico. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC) - Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (ESPAC). http://sipa.agricultura.gob.ec/index.php/sipaestadisticas/estadisticas-productivas

INIAP. (2014). Estación experimental central de la Amazonía: Programa de cacao y café. Informe anual 2014. Joyas de los Sachas. Orellana- Ecuador. pp. 35.

INIAP. (2016). semanticscholar.org. Obtenido de semanticscholar.org: https://pdfs.semanticscholar.org/9e04/b567219524c07afc5fb51fff8617679b79fc.pdf?fbclid=IwAR0YnbCURINvqvzZHr6JISbZuzNuF7CG5RIq_Y_C6A47IflAcRkQ0xBPQCs

INIAP. (2017). repositorio.iniap.gob.ec/. Obtenido de repositorio.iniap.gob.ec/: https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/5240/1/INIAPBEETPP436.pdf

Intagri. (2016). Intagri. (G. México, Editor). Índice de área foliar. Obtenido de https://www.intagri.com/articulos/cereales/el-indice-de-area-foliar iaf#:~:text=El%20%C3%ADndice%20de%20%C3%A1rea%20foliar,tambi%C3%A9n%20expre sado%20en%20m2

INAMHI. (2014). Anuario Meteorológico Nro. 51-2011. Quito-Ecuador. http://www.serviciometeorologico.gob.ec/wpcontent/uploads/anuarios/meteorologicos/Am 2011.pdf

Jaimez, Ramón, 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, 52(2), 253–258.

Jaimez, Ramon, Amores, F., Vasco, A., Loor, R., Tarqui, O., Quijano, G., Jimenez, J. C., & Tezara, W. (2018). Photosynthetic response to low and high light of cacao growing without shade in an area of low evaporative demand. Acta Biologica Colombiana, 23(1), 95–103. https://doi.org/10.15446/abc.v23n1.64962.

Jaimez, R, Araque, O., Guzman, D., Mora, A., Espinoza, W., & Tezara, W. (2013). Agroforestry systems of timber species and cacao: Survival and growth during the early stages. Journal of Agriculture and Rural Development in the Tropics and Subtropics, 114(1), 1–11.

Lanaud, C., Loor Solórzano, R., Zarrillo, S., & Valdez, F. (2012). Origen de la domesticación del cacao y su uso temprano en Ecuador. Nuestro Patrimonio., 55, 12–14.

Lennon, A. M., Lewis, V. R., Farrell, A. D., & Umaharan, P. (2021). Photochemical responses to light in sun and shade leaves of Theobroma cacao L. (West African Amelonado). Scientia Horticulturae, 276, 109747. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109747.

Leiva-Rojas, E., Gutiérrez-Brito, E., Pardo-Macea, C., y Ramírez-Pisco, R. (2019). Comportamiento vegetativo y reproductivo del cacao (Theobroma cacao L.) por efecto de la poda. Revista fitotecnia mexicana (SciELO Analytics), 10.

Lutheran World Relief. (Abril de 2013). Aprendiendo e innovando sobre la poda de cacao y el manejo de árboles acompañantes en sistemas agroforestales. 52 p. Managua, Nicaragua: Lutheran World Relief. Recuperado el 20 de Febrero de 2018, de https://censalud.ues.edu.sv/CDOC-Deployment/documentos/19_Guia_5_Poda.pdf

MAG. (2020). Superficie, Producción y Rendimiento de Cacao Almendra Seca. Ministerio de Agricultura y Gnadería. http://sipa.agricultura.gob.ec/index.php/sipaestadisticas/estadisticas-productivas

Navarro, M., & Mendoza, I. (09 de 2006). Orton. Análisis costo-beneficio del aprovechamiento y la recirculación de los residuos en un sistema productivo de cacao. Obtenido de http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A5288e/A5288e.pdf.

Omaña, D. (22 de Abril de 2014). purocacaounesur.blogspot.com. Obtenido de purocacaounesur.blogspot.com: http://purocacaounesur.blogspot.com/2009/04/morfologia-y-taxonomia.html.

Ofori, A., Padi, F., Acheampong, K., & Lowor, S. (2015). Genetic variation and relationship of traits related to drought tolerance in cocoa (Theobroma cacao L.) under shade and no-shade conditions in Ghana. Euphytica, 201(3), 411–421.

Ofori, A., Padi, F., Akpertey, 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(6), 847–861. https://doi.org/10.1080/15427528.2017.1391914.

Patrick, F. (1985). Suelos en formación, clasificación y distribución. Editorial Continental S. A.

Pacheco, P., Aguilar-Støen, M., Börner, J., Etter, A., Putzel, L., & Diaz, M. del C. V. (2011). Landscape transformation in tropical Latin America: Assessing trends and policy implications for REDD+. Forests, 2(1), 1–29.

Paredes, M. (2003). Manual de cultivo del cacao. (Primera ed). Perú.

Piña, M., & Arbolrda, M. (2010). Efecto de dos ambientes lumínicos en el crecimiento inicial y calidad de plantas de Crescentia cujete. Bioagro, 22(1), 61–66.

Reis, G., Almeida, A., Mangabeira, P., Santos, I., Pirovani, C., & Ahnert, D. (2018). Mechanical stress caused by wind on leaves of Theobroma cacao: Photosynthetic, molecular, antioxidative and ultrastructural responses. PLoS ONE, 13(6), 1–25.

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), 1–13.

Schneider, M., Andres, C., Trujillo, G., Alcon, F., Amurrio, P., Perez, E., Weibel, F., & Milz, J. (2017). Cocoa and total system yields of organic and conventional agroforestry vs. monoculture systems in a long-term field trial in Bolivia. Experimental Agriculture, 53(3), 351–374. https://doi.org/10.1017/S0014479716000417

Solórzano, R. (2019). INIAP-EETP800 ‘AROMA PICHILINGUE’, NUEVA VARIEDAD ECUATORIANA DE CACAO FINO DE ALTO RENDIMIENTO. scielo, 5.

Somarriba, E., Beer, J., Alegre-Orihuela, J., Andrade, H., Cerda, R., DeClerck, F., Detlefsen, G., Escalante, M., Giraldo, L., Ibrahim, M., Krishnamurthy, L., MenaMosquera, V., Mora-Degado, J., Orozco, L., Scheelje, M., & Campos, J. (2012). Mainstreaming Agroforestry in Latin America. Agroforestry - The Future of Global Land Use, 9, 285–311.

Somarriba, E. (2005). ¿Cómo evaluar y mejorar el dosel de sombra en cacaotales? Agroforestería de Las Américas, 41–42, 122–130.

Somarriba, E., & Lopez-Sampson, A. (2018). Coffee and Cocoa Agroforestry Systems: Pathways to Deforestation, Reforestation, and Tree Cover Change. International Bank for Reconstruction and Development / The World Bank, December, 51.

Santos, S., Digan, R. C., Aguilar, M., Souza, C. A. S., Pinto, D. G., Marinato, C. S., & Arpini, T. D. (2014). Comparative Analysis of Methods of Determining Leaf Area in Cocoa Genotypes. Bioscience Journal, 30(3), 411–419.

Suárez, Juan, Ngo, M., Melgarejo, L., Di Rienzo, J., & Casanoves, F. (2018). First typology of cacao (Theobroma cacao L.) systems in Colombian Amazonia, based on tree species richness, canopy structure and light availability. PLoS ONE, 13(2), 1– 20. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0191003.

Suárez, Juan, Melgarejo, L., Casanoves, F., Di Rienzo, J., DaMatta, F., & Armas, C. (2018). Photosynthesis limitations in cacao leaves under different agroforestry systems in the Colombian Amazon. PLoS ONE, 13(11), 1–13

Suárez, J, Melgarejo, L., Durán, E., Di Rienzo, J., & Casanoves, F. (2018). Non-destructive estimation of the leaf weight and leaf area in cacao (Theobroma cacao L.). Scientia Horticulturae, 229, 19–24. http://dx.doi.org/10.1016/j.scienta.2017.10.034

Sepúlveda, W., Ureta, I., Mendoza, C., & Chekmam, L. (2017). Ecuadorian Farmers Facing Coffee and Cocoa Production Quality Labels. Journal of International Food and Agribusiness Marketing, 30(3), 276–290. https://doi.org/10.1080/08974438.2017.1413612

Vera, G. (2017). cocinayvino.com. Obtenido de cocinayvino.com: https://www.cocinayvino.com/mundo-gourmet/tipos-cacao-forastero-criollo-trinitario/

Vialet-Chabrand, S., Matthews, J., Simkin, A., Raines, C., & Lawson, T. (2017). Importance of fluctuations in light on plant photosynthetic acclimation. Plant Physiology, 173(4), 2163–2179.

11. ANEXOS

Anexo 1. *Desarrollo de la fase de campo, durante los 9 meses de evaluación.*

Fotografía 1. Plantas de cacao en tratamiento.

Fotografía 2. Etiquetado de plantas.

Fotografía 3. Medición de longitud de brote.

Fotografía 4. Poda

Fotografía 5. Fertilización.

Fotografía 6. Medición de altura.

Fotografía 7. Medición de ancho de hoja.

Fotografía 8. Recolección de tierra para pH Y CE

***Anexo 2**. Desarrollo de la fase de laboratorio, al final de la evaluación.*

Fotografía 9. Guardado de muestras en una hielera Cooler.

Fotografía 10. Entrega de muestras en el Laboratorio de Bromatología de la UNL.

Fotografía 11. Medición del número de estomas en el laboratorio de Bromatología de la UNL.

***Anexo 3**. Análisis de suelo previo a la aplicación de tratamiento en el cultivo de cacao EETP800 en la estación experimental "El Padmi" de la UNL, Zamora Chinchipe.*

MC-LASPA-2201-01

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

INFORME DE ENSAYO No: 21-0234

NOMBRE DEL CLIENTE: Jimenez Jimenez Elias Joel
PETICIONARIO: Jimenez Jimenez Elias Joel
EMPRESA/INSTITUCIÓN: Jimenez Jimenez Elias Joel
DIRECCIÓN: Esteban Godoy Loja

FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA: 31/03/2021
HORA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA: 12:45
FECHA DE ANÁLISIS: 05/04/2021
FECHA DE EMISIÓN: 09/04/2021
ANALISIS SOLICITADO: 54 + CIC

Análisis		N		P		S		B		K		Ca		Mg		Zn		Cu		Fe		Mn		Ca/Mg	Mg/K	Ca+Mg/K	Σ Bases	MO		CO.	Textura (%)				
Unidad	PH	ppm		ppm		ppm		ppm		meq/100g		meq/100g		meq/100g		ppm		ppm		ppm		ppm					meq/100g	%		%	Arena	Limo	Arcilla	Clase Textural	IDENTIFICACIÓN
21-0903	5,42	Ac	198	A	13	M	10	B	0,15	B	0,35	M	5,99	A	1,07	A	3,2	M	5,5	A	456	A	58,0	M	5,60	3,03	19,98	7,41	7,7	A		37	34	29	FRANCO ARCILLOSO	Elias Lote 1

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

OBSERVACIONES:

*** Ensayos no solicitados por el cliente**

METODOLOGIA USADA			
pH =	Suelo: Agua (1:2,5)	P K Ca Mg =	Olsen Modificado
S,B =	Fosfato de Calcio	Cu Fe Mn Zn =	Olsen Modificado
		B =	Curcumina

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

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

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

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

Firmado electrónicamente por:
JOSE ALONSO LUCERO MALATAY

LABORATORISTA

Firmado electrónicamente por:
IVAN RODRIGO SAMANIEGO MAIGUA

RESPONSABLE DE LABORATORIO

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.
Los resultados arriba indicados solo están relacionados con el objeto de ensayo
Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.
Los resultados arriba indicados solo están relacionados con el objeto de ensayo
NOTA DE DESCARGO: La información contenida en este informe de ensayo es de carácter confidencial, está dirigido únicamente al destinatario de la misma y solo podrá ser usada por este. Si el lector de este correo electronico o fax no es el destinatario del mismo, se le notifica que cualquier copia o distribución de este se encuentra totalmente prohibido. Si usted ha recibido este informe de ensayo por error, por favor notifique inmediatamente al remitente por este mismo medio y elimine la informacion.

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

Activar Windo
Ve a Configuración

MC-LASPA-2201-01

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

INFORME DE ENSAYO No: 21-0234

NOMBRE DEL CLIENTE: Jimenez Jimenez Elias Joel
PETICIONARIO: Jimenez Jimenez Elias Joel
EMPRESA/INSTITUCIÓN: Jimenez Jimenez Elias Joel
DIRECCIÓN: Esteban Godoy Loja

FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA: 31/03/2021
HORA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA: 12:45
FECHA DE ANÁLISIS: 05/04/2021
FECHA DE EMISIÓN: 09/04/2021
ANALISIS SOLICITADO: CIC

N° muestra	K	Ca	Mg	Na	Suma de bases	Saturación de bases	CIC	Identificación de la muestra
	meq/100 g suelo	meq/100 g suelo	meq/100 g suelo	meq/100 g suelo	meq/100 g suelo	(%)	meq/100 g suelo	
21-0903	0,37	6,1	1,16	0,04	7,7	76,7	10,0	Elias Lote 1

RESPONSABLES DEL INFORME

Firmado electrónicamente por:
JOSE ALONSO LUCERO MALATAY

LABORATORISTA

Firmado electrónicamente por:
IVAN RODRIGO SAMANIEGO MAIGUA

RESPONSABLE DEL LABORATORIO

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.
Los resultados arriba indicados solo están relacionados con el objeto de ensayo
NOTA DE DESCARGO: La información contenida en este informe de ensayo es de carácter confidencial, está dirigido únicamente al destinatario de la misma y solo podrá ser usada por este. Si el lector de este correo electronico o fax no es el destinatario del mismo, se le notifica que cualquier copia o distribución de este se encuentra totalmente prohibido. Si usted ha recibido este informe de ensayo por error, por favor notifique inmediatamente al remitente por este mismo medio y elimine la informacion.

Anexo 4. *Certificado de traducción del Abstract.*

CERTIFICACIÓN

En calidad de traductor del resumen de la Tesis titulada **Evaluación de tres niveles de sombra sobre parámetros morfo-fisiológicos en plantas de cacao (*Theobroma cacao L*) clon EETP800 en etapa de crecimiento vegetativo, en la provincia de Zamora Chinchipe, sector El Padmi** de autoría de la señorita egresada de la carrera de Ingeniería Agronómica, **Ana Belen Puchaicela Murquincho**, autorizo su publicación y difusión dentro de la tesis.

Loja, 11 de agosto de 2022

Atentamente:

Lic. Sara Patricia Chanta Jiménez, Mgs 1105366841