



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ
MANUEL FÉLIX LÓPEZ**

DIRECCIÓN DE CARRERA: INGENIERÍA AGRÍCOLA

**INFORME DE TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIA LA
OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO AGRÍCOLA**

MODALIDAD: PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

TEMA:

**CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA Y FISIOLÓGICA DE 9
SELECCIONES ANCESTRALES DE CACAO NACIONAL EN
MANABÍ**

AUTORES:

**ANGÉLICA CAROLINA MACÍAS CLAVIJO
KEVIN GUSTAVO BRAVO CEVALLOS**

TUTOR:

ING. ÁNGEL GUZMÁN CEDEÑO, PhD.

CALCETA, NOVIEMBRE DE 2021

DERECHOS DE AUTORÍA

Angélica Carolina Macías Clavijo y Kevin Gustavo Bravo Cevallos declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional, y que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedemos los derechos de propiedad intelectual a la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual y su Reglamento.



ANGÉLICA CAROLINA MACÍAS CLAVIJO



KEVIN GUSTAVO BRAVO CEVALLOS

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

Ing. Ángel Guzmán Cedeño, PhD. Certifica haber tutelado el trabajo de titulación **CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA Y FISIOLÓGICA DE 9 SELECCIONES ANCESTRALES DE CACAO NACIONAL EN MANABÍ**, que ha sido desarrollada por **ANGÉLICA CAROLINA MACÍAS CLAVIJO y KEVIN GUSTAVO BRAVO CEVALLOS**, previo a la obtención del título de Ingeniero Agrícola, de acuerdo al **REGLAMENTO PARA LA ELABORACIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN DE LA UNIDAD DE TITULACIÓN ESPECIAL**, de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

ING. ANGEL GUZMAN CEDEÑO, PhD

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

Los suscritos integrantes del tribunal correspondiente, declaramos que hemos **APROBADO** el trabajo de titulación **CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA Y FISIOLÓGICA DE 9 SELECCIONES ANCESTRALES DE CACAO NACIONAL EN MANABÍ**, que ha sido propuesto, desarrollado y sustentado por **ANGÉLICA CAROLINA MACÍAS CLAVIJO** y **KEVIN GUSTAVO BRAVO CEVALLOS**, previa la obtención del título de Ingeniero Agrícola, de acuerdo al **REGLAMENTO PARA LA ELABORACIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

ING. LUIS PARRAGA MUÑOZ, Mgs.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

ING. FREDDY MESIAS GALLO, Mgs.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

ING. GONZALO CONSTANTE TUBAY, Mgs.
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

AGRADECIMIENTO

A la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, por haberme permitido formarme como profesional, haberme brindado la oportunidad de adquirir conocimientos prácticos y teóricos que me ayudarán a desenvolverme en el campo laboral. También agradezco a cada una de las personas que forman parte de esta Magna Institución Educativa, que de una u otra manera fueron responsables de aportar en mi formación académica, la cual se verá reflejada en mi vida.

A Dios por acompañarme y guiarme en este largo y fructuoso camino, cumplir mi sueño que tanto he anhelado, por ser mi fortaleza en mis momentos de debilidad, por brindarme una vida llena de salud, aprendizajes, experiencias y sobre todo de felicidad.

A mi hermosa y guerrera madre Edith Amelia Clavijo Tenorio por su apoyo incondicional, por ser mi motor e inspiración de superación, este logro no es solo mío sino también de toda mi familia, quiero que mis hermanos menores me vean como ejemplo a seguir, que todo es posible si luchas por sus sueños; sé que siempre están orgullosos de mi por todo lo que he logrado.

A mi segunda familia, mis padrinos Aurora Benítez y Diego Zambrano por su apoyo incondicional en este proceso de mi formación académica, por haberme brindado un espacio dentro de su vida, compartir su cariño, motivación y consejos que hicieron que cumpla con una de mis metas.

La dirección y acompañamiento de los Ingenieros Milton Bolaños y Paúl Cedeño, por brindarme sus conocimientos y apoyo durante el proceso de investigación de este proyecto, en especial al Doctor Wilmer Tezara por sus enriquecedores aportes que fueron de gran ayuda para poder cumplir con el objetivo de las variables fisiológicas. A mi tutor Ing. Ángel Guzmán Cedeño, por guiarme y haberme brindado el apoyo necesario en este proceso, por su rectitud en su profesión como docente, gracias por su dedicación, motivación y criterio.

A todos los agricultores dueños de las fincas por haberme permitido realizar y concluir mi proyecto de investigación de la mejor manera y sin interés alguno;

gracias por la colaboración a la empresa TOAK, quien también formo parte de este proceso.

Dicen que dos cabezas piensan mejor que una y contigo Kevin Bravo Cevallos hemos logrados ser la dupla perfecta para concluir con este objetivo; gracias por haber sido un excelente compañero de tesis y amigo incondicional, por tenerme la paciencia necesaria y motivarme a seguir adelante en momentos de desesperación. Desde la primera pequeña emoción que me hiciste sentir cuando te conocí, hasta la enorme nostalgia que siento en este momento, gracias por cada sonrisa que plasmaste en mi rostro, por cada lagrima de felicidad y por ser mi hombro en momentos de tristeza; gracias por haberme formado parte de vida y familia.

A mi Familia de corazón me regaló Calceta, Flia. Zamora Sabando, por mi apoyo incondicional sobre todo por ese calor de hogar, en especial agradecer a mi confidente y amiga María Gisela Zamora Sabando por ser una parte muy importante de mi vida y por el apoyo recibido para la realización de esta tesis, por los consejos recibidos en los momentos difíciles de mi vida.

A mi amiga del colegio y de locuras Kayna Hidalgo, gracias por tu apoyo incondicional, por los buenos consejos, y por creer en mí. A mi querido amigo Paul Hernández, por ser mi consejero, por todos estos años de paciencia y comprensión que has tenido para conmigo, gracias por haberme acompañado en todo este trayecto universitario, y por seguir presente de una u otra forma en mi vida.

Son muchas las personas que han formado parte de esta trayectoria en mi vida, a las que me encantaría agradecerles su amistad, apoyo, consejos y compañía en los momentos más difíciles. Algunas están aquí y otras están en mi recuerdo y corazón, son importantes en donde sea que se encuentren, quiero agradecerle por formar parte de mí, por toda la ayuda que me han brindado, sobre todo por sus bendiciones y buenos deseos para mí.

Angélica Carolina Macías Clavijo

A la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, por darme la oportunidad de formar mi aprendizaje académico, de capacitación y práctica. Con el objeto de profundizar, ampliar y consolidar la formación académica en el campo profesional.

A Dios por bendecirme para llegar hasta donde he llegado y por hacer realidad este sueño anhelado.

A mi madre Alexandra Cevallos por ser mi pilar fundamental, este triunfo no es solo mío sino de ella también. A mis familiares que de una u otra manera me brindaron su apoyo.

Agradezco la dirección y acompañamiento de mi tutor Ing. Ángel Guzmán Cedeño, por guiarme y haberme brindado el apoyo necesario en el proceso, por su rectitud en su profesión como docente.

A todos los agricultores dueños de las fincas por permitirme realizar mi trabajo de la mejor manera y por su ayuda sin ningún interés y a la Empresa Toak.

Al Doctor Wilmer Tezara y al Ingeniero Milton Bolaños por brindarme sus conocimientos y apoyo en el análisis de las variables fisiológica para lograr mis objetivos.

Agradezco a Angélica Macías por su paciencia, su apoyo, sus consejos y por ser un pilar fundamental en mi vida, desde el momento en el que llegó a mi vida siempre ha querido lo mejor para mí.

A mi segunda Familia en Calceta, la familia Zamora Sabando por su apoyo incondicional.

Son muchas personas que han formado parte de este proceso, a las que me encantaría agradecerles su amistad, apoyo, consejos y compañía en los momentos difíciles.

Kevin G. Bravo Cevallos

DEDICATORIA

Para mí es una gran satisfacción poder dedicarles este logro, que con mucho esfuerzo, esmero y trabajo han logrado que concluya con éxito mi carrera de tercer nivel:

Le dedico este trabajo a Dios, por brindarme la fuerza, perseverancia, la fe y sobre todo la confianza depositada en mí misma para poder culminar esta etapa de mi vida.

A mi madre y a mis hermanos por ser mi motor fundamental para seguir adelante en este sueño alcanzable, por darme el valor y siempre creer en mí.

A mis padrinos, por su apoyo brindado durante esta etapa de mi vida, ya que son una inspiración y ejemplo para seguir.

Angélica C. Macías Clavijo

Le dedico este trabajo a Dios, por darme fuerzas y fe para culminar esta etapa de mi vida.

A mi mamá por ser mi motor fundamental para seguir adelante en este sueño alcanzable, por darme el valor y siempre creer en mí.

Kevin G. Bravo Cevallos

CONTENIDO GENERAL

DERECHOS DE AUTORÍA	ii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL	iv
AGRADECIMIENTO	v
DEDICATORIA	viii
CONTENIDO GENERAL	x
CONTENIDO DE CUADROS Y FIGURAS	xiii
RESUMEN	xiv
ABSTRACT	xv
CAPÍTULO I. ANTECEDENTES	1
1.1. Planteamiento y formulación del problema.....	1
1.2. Justificación	3
1.3. Objetivos	4
1.3.1. Objetivo general	4
1.3.2. Objetivos específicos.....	4
1.4. Premisa.....	4
CAPITULO II. MARCO TEÓRICO	5
2.1. Origen y distribución del cacao	5
2.2. Situación socioeconómica del cacao	6
2.3. Descripción taxonómica y morfológica.....	8
2.3.1. Taxonomía	8
2.3.2. Morfología	8
2.3.1. Características agronómicas	10
2.4. Complejo de cacao nacional.....	10
2.5. Ecofisiología del cacao	11
2.5.1. Temperatura	12
2.5.2. Precipitación	12

2.5.3. Radiación	12
2.5.4. Vientos	13
2.5.5. Efectos de las inundaciones en el cacao	14
2.6. Características fisiológica en el cultivo de cacao	15
2.6.1. Conductancia estomática (g_s).....	15
2.6.2. Efecto del agua y el estrés térmico sobre la fisiología del cacao	16
2.6.3. Tasa de fotosíntesis (A)	16
2.6.4. Tasa de transpiración (E)	16
2.6.5. Eficiencia de uso del agua (EUA).....	17
CAPITULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO	18
3.1. Ubicación.....	18
3.2. Duración	18
3.3. Características climáticas	18
3.4. Material vegetal	18
3.5. Factores en estudio	19
3.5.1 factor a (localidad).....	19
3.5.2. Factor b (genotipo).....	19
3.6. Tratamientos.....	19
3.7. Diseño y unidad experimental.....	20
3.8. Análisis de datos	20
3.9. Variables de respuestas	20
3.9.1. Mediciones de parámetros fisiológicos	20
3.9.2. Variables morfológicas	21
CAPITULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	24
4.1 variables fisiológicas.....	24
4.2. Caracterización morfológica	29
4.2.1. Características de los genotipos de cacao	29

4.2.2. Características de la hoja.....	31
CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	34
5.1. Conclusiones.....	34
5.2. Recomendaciones.....	34
BIBLIOGRAFÍA.....	35
ANEXOS	

CONTENIDO DE TABLAS Y FIGURAS

CONTENIDO DE TABLAS

- 4.1. Características cualitativas de nueve genotipos de cacao en las localidades de piedra de plata y en la reserva ecológica camarones.....30
- 4.2. Promedio de altura desde el suelo hasta el primer verticilo (cm), y diámetro del tronco (cm) de nueve genotipos de cacao en las localidades piedra de plata y la reserva ecológica camarones.31
- 4.3. Características cualitativas la hoja de nueve genotipos de cacao en las localidades de piedra de plata y en la reserva ecológica camarones.32
- 4.4. Promedio de largo de la hoja (cm), ancho máximo de la hoja (cm), relación largo por ancho (l/a) y largo desde la base de la hoja hasta el punto más ancho de la misma (lba) de nueve genotipos de cacao en las localidades piedra de plata y la reserva ecológica camarones.33

CONTENIDO DE FIGURAS

- 4.1. Tasa de transpiración (e) de nueve genotipos de cacao nacional en dos localidades diferentes.24
- 4.2. Conductancia estomática (g_s) de nueve genotipos de cacao nacional en dos localidades diferentes..25
- 4.3. Tasa de fotosíntesis (a) de nueve genotipos de cacao nacional en dos localidades diferentes.27
- 4.4. Concentración intercelular CO_2 (c_i) de nueve genotipos de cacao nacional en dos localidades diferentes..28
- 4.5. Eficiencia de uso de agua (eua) de nueve genotipos de cacao nacional en dos localidades diferentes..29

RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo determinar las características morfológicas y fisiológicas de nueve selecciones ancestrales de cacao Nacional en la provincia de Manabí. Esta tuvo lugar en la localidad de Piedra de Plata y en la Reserva Ecológica Camarones de la provincia de Manabí. El estudio se desarrolló bajo un diseño de bloques al azar factorial AXB, donde se evaluaron parámetros fisiológicos como la tasa de fotosíntesis (A), tasa de transpiración (E), conductancia estomática (g_s), concentración intercelular de CO_2 (C_i) y eficiencia de uso de agua ($EUA = A/E$). También variables morfológicas como características de la planta y de la hoja. El análisis de datos se lo realizó a través de estadística descriptiva, análisis de varianza separación de medias con la prueba de Tukey al 5% de probabilidad. Los resultados mostraron diferencias estadísticas significativas entre genotipos y localidades para las variables A, E, g_s , C_i y EUA. Los genotipos con mayores tasas fotosintéticas fueron 2, 5 y 6 en la localidad Piedra de Plata y los clones 2, 7 y 9 en la localidad de la Reserva Ecológica Camarones con promedios de 8,04 a 9,26 $\mu mol \cdot mol^{-1}$ producto de la alta g_s , y los clones 4, 2 y 9 poseen mejor EUA. Los genotipos de cacao en las dos localidades poseen características morfológicas similares tanto en morfología de la planta y características de la hoja.

Palabras clave: Tasa fotosintética, intercambio de gases, genotipos, cacao, uso eficiente de agua

ABSTRACT

The objective of the research was to determine the morphological and physiological characteristics of nine ancestral selections of National cacao in Manabí province. This took place in Piedra de Plata town and in the Camarones Ecological Reserve in Manabí province. The study was developed under a random factorial AXB block design, where physiological parameters such as photosynthesis rate (A), transpiration rate (E), stomatal conductance (gs), intercellular CO₂ concentration (C_i) and efficiency were evaluated of water use (EUA = A / E). Also, morphological variables such as characteristics of the plant and the leaf. The data analysis was carried out through descriptive statistics, analysis of variance, separation of means with the Tukey test at 5% probability. The results showed significant statistical differences between genotypes and localities for variables A, E, gs, C_i and EUA. The genotypes with the highest photosynthetic rates were 2, 5 and 6 in the Piedra de Plata locality and clones 2, 7 and 9 in the Camarones Ecological Reserve locality with averages of 8.04 to 9.26 $\mu\text{mol}\cdot\text{mol}^{-1}$ product of the high gs, and clones 4, 2 and 9 have better WUE. The cocoa genotypes in the two locations have similar morphological characteristics in both plant morphology and leaf characteristics.

Keywords: Photosynthetic rate, gas exchange, genotypes, cocoa, efficient use of water

CAPÍTULO I. ANTECEDENTES

1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

El cacao (*Theobroma cacao* L.) es uno de los productos agrícolas de gran importancia comercial a nivel mundial, debido a que el grano constituye la materia prima para diversos productos de gran valor nutritivo (López y Gil, 2017).

En Ecuador existe un tipo de cacao fino de aroma único en el mundo, por sus altas notas florales, denominado “Arriba”, proveniente de la variedad Nacional considerado como cacao Forastero, debido a su genética, morfología de la mazorca y coloración violeta oscuro de sus semillas; aunque en la actualidad se cree que este tipo de cacao se encuentra en el país desde antes de la conquista española (Osorio, 2010).

Loor y Amores (2003), señalan que en Ecuador no existe una variedad Nacional genéticamente pura del cacao, lo que se encuentra es una mezcla de híbridos naturales que se agrupan en el complejo “Nacional x Trinitario” y algunas poblaciones de Criollos ubicados al norte de Esmeraldas.

Sin embargo, en 2015 se analizaron el ADN de 47 árboles antiguos de cacao en Piedra de Plata, Ecuador, en asociación con el Fondo de Preservación de Cacao en Heirloom (HCP). De esta amplia muestra, en el que se analizaron árboles de todas las edades y características, nueve árboles ancestrales resultaron ser 100% puros Nacional (Toth, 2015).

En este sentido, Ecuador es el principal exportador mundial de cacao fino de aroma, debido a su alta calidad, con características distintivas de sabor y aroma, siendo la variedad Nacional la más buscada entre los fabricantes de chocolates, por la calidad sensorial de sus almendras (Vera et al., 2019). En la actualidad, la cadena de valor del cacao en el país tiene gran importancia social y económica, como la generación de trabajo, ingresos económicos y divisas al país, dando sustento alrededor de cien mil familias que practican este cultivo (Comisión Económica para América Latina y el Caribe [CEPAL], 2015).

Según la Organización Internacional del cacao (ICCO, 2019) Ecuador registró

alrededor de 573.516 ha cultivadas de cacao, presentando un crecimiento del 2% respecto al año anterior. Además, el rendimiento nacional para el año 2017 fue de 0,65 t.ha⁻¹, obteniendo un incremento del 24% respecto al 2016. Esto se debe a que en los últimos años existe un aumento de plantaciones especialmente de la variedad CCN-51 y a la reactivación de cultivos de cacao fino de aroma (Ministerio de Agricultura y Ganadería [MAG], 2017).

Continúan manifestando que, los rendimientos nacionales, en comparación con otros países productores, son los más bajos, más aún la provincia de Manabí que presenta rendimientos por debajo de 0,50 t.ha⁻¹ en relación a las demás provincias como Guayas que presenta los mayores rendimientos nacionales con 0,97 t.ha⁻¹, estas diferencias de rendimiento se deben a que, en la provincia de Guayas prevalece más la variedad CCN-51, mientras que en Manabí predominan las variedades del complejo Nacional.

Estos bajos rendimientos en el Ecuador, se debe a graves problemas como el inadecuado y escaso manejo agronómico de los cultivares, el uso de materiales genéticos de baja productividad y la poca adaptabilidad a diferentes zonas, debido a que se cultiva en diversos ambientes edafoclimáticos, ocasionando cambios fisiológicos y morfológicos en el cultivo, además de una alta susceptibilidad a enfermedades (Quiroz y Amores, 2002). Por otro lado, también se atribuye al uso de genotipos de origen genético desconocido, sin seleccionar, mezclados y de poca productividad (Sánchez et al., 2015).

Aunque se tiene información de producción y tolerancia a enfermedades de la mayoría de los clones de cacao, los programas de mejoramiento genético en Ecuador adolecen de información fisiológica en cacao y es escasa la información de características fotosintéticas en cacao ecuatoriano (Tezara et al., 2015, 2017, 2020; Jaimez et al., 2018). Esta información es imprescindible para entender las respuestas potenciales de aclimatación y su relación con las variables de producción de los nuevos clones de cacao a las diferentes regiones agroecológicas del Ecuador (Tezara, 2017).

Además, menciona que a pesar del significativo número de estudios y proyectos de investigación ecofisiológica en cacao, persisten muchas lagunas en nuestro conocimiento sobre los principales procesos fisiológicos asociados al rendimiento de estos cultivos y como son afectados por variables ambientales; que son importantes en el momento de querer incrementar la producción.

Por lo anteriormente descrito se plantea la siguiente interrogante: ¿La determinación de las características morfológicas y fisiológicas de 9 selecciones ancestrales de cacao Nacional permitirá conocer si existen diferencias en los aspectos fisiológicos y morfológicos, específicamente en el intercambio gaseoso entre los materiales evaluados? ¿Además de su potencial morfológico-fisiológico de cada uno de los materiales para futuras investigaciones?

1.2. JUSTIFICACIÓN

El alcance del proyecto fue de contribuir con el conocimiento fisiológico (intercambio gaseoso) y morfológico del cacao Nacional ancestral. La determinación de fotosíntesis y eficiencia de usos de agua (EUA) podrían ser utilizadas como criterio de selección de clones de cacao en los programas de mejoramiento. En trabajos previos se trató de correlacionar medidas fisiológicas (Fotosíntesis, relaciones hídricas y eficiencia uso de nitrógeno (EUN) y EUA con la producción de cacao en sistemas naturales (Tezara et al., 2016; 2020).

Debido a diversos factores que influyen en la producción del cacao Nacional, como factores ambientales, materiales de poca adaptabilidad, ineficientes e inadecuado manejo agronómico, además del poco conocimiento relacionado a las características morfológicas y fisiológica de selecciones ancestrales de cacao Nacional en la provincia de Manabí, donde no han sido ampliamente investigados. Surgió la necesidad de determinar las características morfológicas y fisiológicas de las selecciones realizadas en la zona de Piedra de Plata para conservar este material genético y tener una mayor potencialidad y rendimiento del cultivo en la provincia de Manabí.

Con esta investigación se pretende generar conocimiento e información sobre aspectos fisiológicos del cacao Nacional antiguo seleccionado por investigadores del INIAP, ESPAM y Toak, que fueron evaluados en la provincia de Manabí, en donde las condiciones ambientales son potencialmente aptas para la siembra de este cultivo, se identificó las mejores características tanto morfológicas y fisiológicas de los árboles parentales (ancestrales) y sus respectivos clones, lo cual ha permitido conocer su potencial fotosintético, para promover la investigación y la explotación comercial. Se recomienda continuar estudios en función de las respuestas fisiológica al cambio climático global, tales como: déficit hídrico, altas temperatura y elevadas concentraciones de CO₂, entre otros, y así detectar clones élites con mecanismo que le confieran resistencia o tolerancia a factores de estrés.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

- Determinar las características morfológicas y fisiológicas de nueve selecciones ancestrales de cacao Nacional en la provincia de Manabí.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Describir las características morfológicas de nueve selecciones ancestrales de cacao Nacional en Piedra de Plata y la Reserva Ecológica Camarones
- Evaluar las características fisiológicas de nueve selecciones ancestrales de cacao Nacional en Piedra de Plata y la Reserva Ecológica Camarones

1.4. PREMISA

La determinación de las características morfológicas y fisiológicas de selecciones ancestrales de cacao Nacional permitirá conocer el potencial de cada uno de los materiales para su recomendación en condiciones agroclimáticas similares a las del estudio.

CAPITULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. ORIGEN Y DISTRIBUCIÓN DEL CACAO

Según Motamayor et al. (2008) el origen de esta especie es la región amazónica (cuenca alta del río Amazonas) e incluye países como Colombia, Ecuador, Perú, Bolivia y Brasil. Esta región es donde ocurre la mayor variación de la especie. Se extendió desde Sudamérica hasta México, pero no se sabe si su dispersión ocurrió de forma natural o con ayuda humana. Cómo llegó a Centroamérica, donde se ha cultivado durante al menos 3.000 años, sigue siendo un misterio. (Lachenaud, 2000).

El cacao emigro de Brasil a la colonia portuguesa de Príncipe en 1822 y al Golfo de Guinea en Santo Tomé en 1830. Ghana obtuvo el cacao en 1879 y, en 1951, África Occidental representó el 70% de la producción mundial. El cacao en su estado natural, ubicado en los pisos inferior de los bosques húmedos tropicales de América, y crece más vigorosamente en el rango de 18°N a 15°S del Ecuador por debajo de los 1.500 metros sobre el nivel del mar (Dostert et al., 2012).

Batista (2009), menciona que el cacao es de origen amazónico y la especie se ha extendido y evolucionado en dos grupos de cacao con rasgos fenotípicos y genotípicos bien definidos, como el cacao criollo y forastero. La calidad de este material que los españoles encontraron primero en México y luego en Mesoamérica es una de las razones por las que se ha vuelto tan popular, en esta región están los materiales criollos que tiene el mayor impacto en el crecimiento de los cultivos, ya que en el pasado era la principal fuente para el mejoramiento de este y para producir cacao de alta calidad en la mayoría de las regiones de hoy, además:

- Se cree que el cacao criollo se originó después de su dispersión por las llanuras de Venezuela, cruzando Colombia, continuando hacia Ecuador y al norte de Centroamérica y México.
- Se cree que el cacao forastero es el resultado de la distribución a la tierra en el bajo Amazonas y se extendió al norte de Brasil y las Guyanas.
- El cruce espontáneo entre cacao criollo y cacao forastero produce un tercer tipo de cacao hereditario, llamado cacao trinitario.

Algunos autores consideran que el cacao del Ecuador es un cuarto tipo genético debido a sus características de aroma y sabor, diferenciándose de los grupos mencionado anteriormente, denominándose cacao Nacional ecuatoriano (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura [IICA], 2017).

2.2. SITUACIÓN SOCIOECONÓMICA DEL CACAO

De acuerdo con el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT, 2019), actualmente, la producción de cacao se concentra principalmente en África, en particular en Costa de Marfil, Ghana, Camerún y Nigeria, con un 63,2%. En Asia, principalmente Indonesia y Papua Nueva Guinea, el 17,4% respectivamente y América Latina países como Brasil y Ecuador, Perú, República Dominicana y Colombia, con un 14,1% de la producción mundial.

En el año 2019 la producción mundial incremento un 3,7% (4,81 millones de toneladas), de cacao en grano, debido a una cosecha récord en Costa de Marfil y Ecuador. A nivel de las existencias mundiales de cacao en grano, disminuyeron en 91.000 toneladas, según lo estimó la ICCO, en comparación al año anterior. Destacando que el consumo sigue en aumento, especialmente en Asia por sus beneficios para la salud (Ministerio de Agricultura y Riego de Perú [MINAGRI], 2019).

El principal país cacaotero, Costa de Marfil, registró un importante crecimiento de la producción, que representó el 40,0% de la producción mundial en 2018. Los 10 principales productores de cacao en el mundo concentran el 94% de la producción mundial. Se espera que el mayor productor mundial, Costa de Marfil, tenga una cosecha mayor, aunque los informes recientes sobre problemas climáticos podrían afectar negativamente este suministro. La producción en Ghana, el segundo mayor productor, parece estar estancada, pero la creciente producción en Ecuador está ayudando a contrarrestar los efectos de este estancamiento. Ambos países venden sus cultivos de antemano para determinar los precios de los agricultores, pero también influyen factores políticos y económicos (MINAGRI, 2019).

Según el Banco de Desarrollo de América Latina, (CAF, 2017) entre el 70 y 100%

de la exportación de cacao corresponde a variedades de cacao especiales de países como Ecuador, Bolivia, Colombia, Costa Rica, Perú y México. Por lo que se ha diseñado un mecanismo de inteligencia para abrir el mercado del cacao fino y de aroma, CAF y Minagri proyectan el Observatorio de la Iniciativa Latinoamericana de Cacao (ILAC). A nivel internacional, América Latina es la principal zona de producción de variedades "prime" de cacao, representando alrededor del 80% de la producción mundial, principalmente debido a su diversidad genética. Además, muestra que el cultivo de cacao beneficia directamente a 329,607 productores, pero indirectamente promueve la integración económica y mejora el nivel de vida de 3 millones de latinos.

La directora representante de CAF en Perú, Eleonora Silva, destacó que en el año 2018 la entidad financiera impulsó el desarrollo del cacao como actividad económica sostenible y elemento de integración de los pueblos que lo utilizan desde la Antigüedad, en la región como Perú, Bolivia, Brasil, Costa Rica, Ecuador, República Dominicana y Panamá, agregando que en estos países se cultivan alrededor de 1,7 millones de hectáreas de cacao y se exportan alrededor de 745 toneladas, lo que equivale a alrededor de 985 millones dólares, principalmente en los mercados de Europa y Estados Unidos (Mersladn, 2019).

A lo largo de la historia, el Ecuador ha tenido un producto emblemático, del cual hay un número aceptable de especies. Esto es parte de una tradición agroexportadora y en repetidas ocasiones ha permitido que la economía ecuatoriana crezca y alcance este nivel y además que sea reconocido por la calidad de su cacao. Se habla del cacao en todo el mundo que alguna vez se le llamó "Pepa de Oro", que es una fuente de ingresos para muchas familias en la costa ecuatoriana, en donde la producción está inmersa en Los Ríos (principal productor) 35%, en Guayas 25%, en Manabí 14%, en Esmeraldas 8% y finalmente El Oro con 5%, estos valores corresponden al último estudio de ANECACAO (Chávez y Carbo, 2019).

Pero en la actualidad la producción de cacao en Ecuador ha presentado un crecimiento de su valor comercial, esto debido a la mejora de la producción y calidad ofertada, según datos estadísticos del portal web de ANECACAO en el

año 2016, mostró una disminución del precio por tonelada de exportación en un 30% en comparación al año 2015 el cual llegó a \$1.786 por tonelada, siendo en el año 2016 de \$1.250,2, en el 2017 se recuperó su valor agregado en el mercado incluso superando el valor del 2015 encontrándose a \$2.019 por tonelada y en la actualidad su precio se encuentra en \$2.277, lo cual augura un cierre positivo de su valor en el mercado (Barrezueta y Chabla, 2017).

2.3. DESCRIPCIÓN TAXONÓMICA Y MORFOLÓGICA

2.3.1. TAXONOMÍA

Baudilio y Cumana (2005), describen que el género americano *Theobroma* L. de la familia Malvaceae está integrado por 22 especies en el ámbito mundial, con hábitat restringido a bosques húmedos del Neotrópico. Donde *Theobroma cacao* L. ha sido más descrita taxonómicamente. Esta especie presenta la mayor distribución geográfica, encontrándose descrita de la siguiente manera:

Reino: Plantae

Subreino: Tracheobionta

Tipo: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Subclase: Dilleniidae

Orden: Malvales

Familia: Malvaceae

Subfamilia: Byttnerioideae

Género: *Theobroma*

Especie: *cacao* L.

2.3.2. MORFOLOGÍA

- **Sistema radicular.** - Tiene dos tipos de raíces: una raíz principal pivotante y algunas raíces secundarias de las que emergen los "pelos absorbentes". Las raíces principales se encargan de perforar el suelo proporcionando anclaje y soporte a las plantas. Cuando la textura del suelo es adecuada, la raíz principal puede introducirse hasta dos metros. Las raíces secundarias se ubican en los primeros 30 cm del suelo y son las encargadas de absorber los nutrientes y el

agua necesarios para el normal desarrollo de las plantas, a través de los pelos absorbentes constituidos por abundante cantidad de pequeñas raíces que se distribuyen por la superficie del suelo (García, 2011).

- **Tallo y ramas.** - Las primeras ramas que emergen del tronco principal se denominan primarias de las cuales de éstas derivan otras llamadas secundarias y luego terciarias. La estructura del árbol es formada por las ramas primarias y secundarias. Otro tipo de órgano leñoso llamado chupones emerge del tallo principal, los cuales son conocidos por su crecimiento vertical y la formación de tallos adicionales que también forman otra mesa o molinillo. Estos chupones a veces se elevan por encima de la ramificación primaria del tallo principal, formando capas y provocando un crecimiento de plantas no deseado (García, 2011).
- **Hojas.** - Constan de estipulas, peciolo y limbo; las estipulas tiene como función principal la protección de la yema joven, el peciolo sobresaliente, su longitud varia de 7 a 9 cm en las hojas de ejes ortotrópicos y de 2 a 3 cm en hojas de ramas plagiotrópicas. Presenta en sus extremos unos abultamientos llamados pulvínulos los cuales permiten a la hoja colocarse en diferentes planos según la cantidad de luz requerida (Ballesteros, 2011).
- **Flores.** – Este último autor, señala que las estructuras florales se desarrollan a lo largo del tronco y las ramas en los denominados cojinetes floreales, sostenidos por un pedúnculo de 1 a 3 cm. La flor del cacao tiene una estructura pentamérica, de color blanco o violeta claro, sus dimensiones son de 0.5-1 cm de diámetro y 2-2.5 cm de largo.
- **Frutos.** - Se conocen como 'mazorcas o bayas', que están formadas por una cáscara que contiene almendras, que está rodeada de una sustancia pegajosa o pulpa con un sabor agridulce. El mucilago proporciona las condiciones adecuadas para el proceso de fermentación y para la formación de precursores del sabor y aroma del chocolate. La morfología de los frutos de las variedades es muy diferente según el genotipo (Álvarez, et al., 2002).

2.3.3. CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS

El árbol del cacao es un árbol que crece en forma silvestre en los bosques de Mesoamérica, en la zona entre 26 grados al norte y 26 grados al sur de Ecuador los árboles cultivados son más pequeños, lo que facilita la recolección y el cultivo, no suelen medir más de dos o tres metros. También se encuentran como árboles cultivados en África y Asia tropical. Su tamaño medio suele alcanzar una altura de 6 a 8 metros y puede llegar a los 20 metros cuando crece libremente en sombras fuertes. La copa es densa, de 7 y 9 metros de diámetro. Su tronco es recto y puede desarrollarse de muy diferentes formas dependiendo de las condiciones ambientales. A excepción del cacao nacional de Ecuador y Amelonado africano, en ocasiones alcanzan una altura de 12 metros. Cultivado con mucha luz, el tamaño es más pequeño que con exceso de sombra (Zambrano, 2013).

2.4. COMPLEJO DE CACAO NACIONAL

En Ecuador, existe un grano de cacao único llamado "nacional" en el mundo. El cacao nacional se caracteriza por un tiempo de fermentación corto y puede proporcionar un chocolate suave con buen sabor y aroma. Por este motivo, es premiado internacionalmente, categorizado "Cacao fino de Aroma". Los árboles de cacao se han plantado en todo el país durante dos siglos en el curso superior del río Daule y el curso superior del río Babahoyo. Hasta ahora, todo el cacao se exporta al mundo. Desde entonces, el producto se ha ganado una reputación y comenzó a conocerse como cacao arriba (FAO y el IICA, 2007).

Según la FAO (2011), este cacao presenta características tales como:

- EL cacao tipo Nacional de Ecuador y las variedades del complejo Nacional son denominado tipos especiales por su peculiar aroma y sabor floral.
- El Cacao Nacional o el complejo típico Nacional tiene una mayor abundancia de tipos de Amelonado con un estrechamiento en la base, 10 surcos semi-rugosos y pareados, verde cuando es joven y amarillo cuando está maduro.
- Los frutos del Complejo Nacional de influencia Trinitarios tienen, además de la presencia de frutos de tipo Nacional, varios árboles en edad joven con frutos rojos y rosados cuando maduran, con superficies más rugosas que el

Nacional puro y la presencia de una ligera punta al final del fruto. Además, estas variedades con características criollas mesoamericanas tienen frutos alargados y más gruesos que el Nacional puro y una punta de cinco ángulos.

- Las poblaciones del Complejo Nacional, influenciadas por los amelonados y el calabacillo amazónico, tienen frutos en forma amalonada con surcos menos profundos que el Nacional puro y de superficie casi lisa y de color verde cuando son jóvenes y amarillos en su madurez.
- Tiene propiedades similares al tipo Amelonado Forastero. Sin embargo, solo quedan unas pocas plantaciones puras de este producto predominantemente de plantación del cruce natural con materiales de Venezuela y Trinidad, que denotan el complejo Cacao Nacional Trinitario.
- Es uno de los mejores chocolates del mundo por el sabor y aroma floral del cacao, además de las características de frutas y otros sabores.

2.5. ECOFISIOLOGÍA DEL CACAO

Los determinantes más importantes del rendimiento del cacao están relacionados con: interceptación de luz, fotosíntesis, capacidad de distribución de asimilados fotosintéticos, respiración, morfología de la fruta y fermentación de la semilla, eventos modificables por factores abióticos (Zuidema et al., 2005). Entre los factores climáticos que más influyen en los procesos fisiológicos, desarrollo y producción del cacao se encuentran la luz, la temperatura y las precipitaciones, ya que estos factores se consideran críticos en los procesos de fotosíntesis, respiración y relaciones hídricas de la planta del cacao. (Enríquez, 2006).

Ecofisiológicamente, el *Theobroma cacao* es una planta con alta respuesta a los periodos hídricos por lo que es de naturaleza umbrófila en sus primeros años de vida, luego se adapta a una exposición libre gracias al autosombreamiento de su dosel (Saenz y Cabezas, 2009). Indica Paredes (2003) que el crecimiento, desarrollo y la buena producción del cultivo de cacao están íntimamente relacionados con las condiciones agroclimáticas de la zona donde se cultiva. Es por ello que los factores climáticos influyen en la producción de una plantación; por lo tanto, las condiciones de temperatura y de humedad deben ser

satisfactorias para el cultivo por ser una planta perenne.

2.5.1. TEMPERATURA

De Almeida y Valle (2007) describen el crecimiento y desarrollo del cacao son altamente dependiente de la temperatura, lo cual afecta todos los procesos fisiológicos de las plantas. En donde se ha determinado que para un óptimo desarrollo las temperaturas mínimas mensuales deben oscilar entre 18 y 24°C y las temperaturas máximas deben oscilar entre 26 y 34°C. En el mundo se siembra cacao en zonas que oscilan entre los 19 y los 28°C de temperatura promedio diurna. El efecto de las bajas temperaturas se manifiesta en un crecimiento vegetativo deficiente, tiempos de producción de los cultivos más prolongados, períodos prolongados de crecimiento y maduración de los frutos y, a veces, porcentajes bajos de cuajado (Saenz y Cabezas, 2009).

Ecuador tiene temperaturas promedio anual que se sitúa en torno a los 25 ° C con una temperatura media mensual de 24-26 ° C, que se considera óptima para la producción de cultivo de cacao, sin embargo, hay áreas con temperaturas medias mensuales superiores a 31 ° C e inferiores a 20 ° C que no se consideran aptas para la producción comercial de cacao. (IICA, 2017).

2.5.2. PRECIPITACIÓN

El cacao es una planta que necesita suficiente agua para su proceso metabólico. La precipitación en sí es el factor climático más variable durante el año, por lo que la sequía prolongada afectará su desarrollo, la floración, brotes y frutos. La distribución de una zona a otra es muy diferente, lo que es un factor que determina la diferencia en el manejo del cultivo (Paredes, 2003). El cacao crece en zonas donde la precipitación anual está entre 1. 500 y 3. 800 mm, pudiendo alcanzar el mejor desarrollo de 1. 800 a 2. 600 mm y satisfacer la demanda de agua de los cultivos. Por otro lado, en zonas con fuertes lluvias, el riesgo de problemas fitosanitarios es alto, lo que hace que su manejo sea muy derrochador y costoso (Rojas y Sacristán, 2013).

2.5.3. RADIACIÓN

La intensidad de la luz es otro factor determinante en el cultivo del cacao, especialmente porque influye en la fotosíntesis (Tezara et al., 2017). Mayormente esta especie se las encuentran en áreas como sotobosque el cual es su hábitat natural, por lo pueden tolerar un ambiente como poca luz. Para el establecimiento de esta especie se requiere sombra en la parte superior, típicamente proporcionada por cultivos complementarios como el plátano, ya que estas son particularmente sensibles a los altos niveles de luz (Lahive et al., 2019 De Almeida et al., 2017); sin embargo, los clones de cacao ecuatorianos no muestran esta sensibilidad (Jaimez et al., 2018, Tezara et al., 2020).

Continúan afirmando que esta planta requiere alrededor de 800 a 1. 000 horas de luz al año, se sabe que la planta debe recibir la cantidad de horas de luz según la cantidad de agua y nutrientes presentes en el suelo. Cuando la planta de cacao está en menos sombra, la necesidad de fertilizantes y cuidados fitosanitarios es mayor, y cuanto más joven es la plantación, se vuelve indispensable la presencia de sombra, especialmente cuando el cultivo posee 3 años de edad.

Jaimez, et al. (2008) mencionaron algunos efectos de condiciones lumínicas sobre algunos parámetros fisiológicos de cacao:

- La capacidad fotosintética y contenido de clorofila incrementan paralelamente. así mismo la Rubisco aumenta con la cantidad de clorofila que puede ser usada como indicador del incremento de cloroplastos.
- Plántulas crecen lentamente a plena exposición.
- Hojas sombreadas presentan mayores concentraciones de clorofila.
- Aumentos de fotosíntesis con aumentos de Radiación (Densidad de Flujo fotónico, DFF) hasta valores de 400 a 700 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$.
- La capacidad de las accesiones para crecer en diferentes condiciones está relacionado a factores genéticos.

2.5.4. VIENTOS

Es el factor que determina la tasa de evapotranspiración del agua en la superficie del suelo y la planta. En plantaciones constantemente expuestas a fuertes

vientos, se produce defoliación o caída prematura de hojas. La información sobre el efecto de este factor en la producción y el comportamiento fenológico del árbol es muy escasa; Sin embargo, se ha observado a través de algunas investigaciones que algunos cultivares tienen tolerancia a las corrientes de aire y su resultante pérdida prematura de hojas. (Gonzales, 2009).

En plantaciones donde la velocidad del viento es de 14-15 km/hora y con poca protección por sombra deficiente y ausencia de barreras rompevientos, es común observar defoliación fuerte. Para evitar este efecto perjudicial en la planta, en áreas productoras de cacao con vientos frecuentes, se recomienda utilizar medidas de protección contra el viento y plantar árboles en hileras en el borde de la plantación perpendicular a la dirección del viento. Así se disminuye la velocidad del viento y se evitan daños por defoliación y caída de ramas (Suárez et al., 2015).

2.5.5. EFECTOS DE LAS INUNDACIONES EN EL CACAO

Se ha reportado la condición hipóxica en el cultivo de cacao, producto de fuertes lluvias en lugares con suelos poco profundos, así como suelos hidromórficos y en las márgenes de los ríos después de inundaciones periódicas, durante el período de inundación se han encontrado disminuciones en el crecimiento y en el área de la hoja, la conductancia estomática y las tasas fotosintéticas, así como la epinastia y la caída de la hoja y la formación de lenticelas hipertróficas y raíces adventicias en tallos sumergidos (De Almeida et al., 2016; De Almeida y Valle, 2007).

En investigaciones realizadas por Bertolde (2007) el cual estudió 35 clones de cacao en la fase joven encontró algunos genotipos tolerantes y demostró que no existen relaciones significativas entre las variables fisiológicas en respuesta a las inundaciones y los patrones de heterocigosis. Sin embargo, las inhibiciones del crecimiento en las plantas sometidas a inundaciones del suelo reducen la producción de vainas debido a la extensión del período a la primera floración y la supresión del crecimiento vegetativo.

2.6. CARACTERÍSTICAS FISIOLÓGICA EN EL CULTIVO DE CACAO

2.6.1. CONDUCTANCIA ESTOMÁTICA (g_s)

La apertura de los estomas en las hojas de cacao está relacionada con la humedad relativa del aire (RH) los cuales se mantienen más abiertos a una HR más alta que una más baja, el cierre estomático no controla eficientemente la pérdida de agua probablemente debido a una alta transpiración cuticular lo cual las hojas de cacao no muestran una alta resistencia estomática bajo estrés hídrico y baja HR, pero algunos genotipos con un mecanismo eficiente de regulación estomática muestran una disminución de la transpiración (E) bajo estrés hídrico (De Almeida y Valle, 2007).

Los mismos autores también argumentan que esta podría ser una importante estrategia de aclimatación contra la sequía. Cierta genotipo de cacao con baja humedad relativa podría ser un factor limitante de crecimiento, en tales áreas, el crecimiento se vería afectado negativamente como resultado del cierre del estoma. El uso ineficiente del agua (baja eficiencia del uso del agua, EUA) a baja HR probablemente causaría un déficit de agua en los brotes en condiciones de suministro limitado de agua del suelo.

Suárez, et al. (2017) Señalaron que una mayor conductividad estomática (g_s) generalmente conduce a una mayor tasa fotosintética (A); sin embargo esto favorece el aumento de (E), lo que tiene un efecto negativo sobre el estado hídrico de las plantas, por lo que la importancia ecofisiológica de la g_s , se debe a la relación con el proceso de difusión del CO₂ dentro de las hojas, a partir del ajuste de las aberturas de los estomas, una prioridad es el aumento de carbono en relación con la pérdida de agua. Lombardozzi et al. (2012) mostró que, bajo una amplia gama de condiciones ambientales, existe una estrecha correlación entre (g_s) y (A) porque los estomas responden a cambios ambientales (como radiación y presión de vapor insuficiente).

2.6.2. EFECTO DEL AGUA Y EL ESTRÉS TÉRMICO SOBRE LA FISIOLÓGÍA DEL CACAO

Borjas et al. (2019) afirman que los principales procesos afectados tanto por el aumento de la temperatura como por el estrés hídrico es la fotosíntesis. La (A) es un proceso físico y bioquímico que proporciona a la planta todos los insumos necesarios para que se desarrolle. La (A) está fuertemente correlacionada con (g_s) . Por lo tanto, una fuerte reducción en (g_s) causada por el déficit hídrico, reducirá (A) (Zhang et al., 2017). El cierre estomático responde a una adaptación de la planta para no perder agua; sin embargo, a altas temperaturas, las plantas aumentan pérdida de agua a través de los estomas (transpiración).

2.6.3. TASA DE FOTOSÍNTESIS (A)

La cantidad de CO_2 asimilada por la hoja por unidad de tiempo y superficie de hoja se define como la tasa de fotosíntesis (A) (Quero et al., 2004). La (A) en *T. cacao* responde de manera diferencial a las diferentes intensidades lumínicas presentes en los sistemas y a la genética de cada uno de los cultivares que conllevan a diferentes respuestas del aparato fotosintético (Jaimez et al., 2018; De Almeida et al., 2017). En general mayores (A) están asociadas a mayor capacidad de asimilación de CO_2 , mayor concentración de la clorofila, mayores concentraciones de nitrógeno y proteínas en las hojas, mayor actividad de la Rubisco, mayor desarrollo de los cloroplastos y mejor metabolismo en la planta (Ribeiro et al., 2008).

2.6.4. TASA DE TRANSPIRACIÓN (E)

Es la cantidad de vapor de agua que las plantas liberan al ambiente por unidad de tiempo, y por superficie de la hoja es la tasa de transpiración (E) . Se puede decir que la pérdida de agua es una consecuencia irreparable ligada a la captura de dióxido de carbono. Si una planta sufre de estrés hídrico, puede cerrar sus estomas, pero la consecuencia negativa es que no puede capturar dióxido de carbono, además, no puede fijar la energía lumínica. por lo consiguiente, las plantas tienden a equilibrar estos dos procesos y optimizar la captura de carbono con la menor pérdida de agua posible, es decir, para maximizar la eficiencia del

uso del agua (EUA) (Quero et al., 2004). Para entender esta forma de equilibrio, se calcula la EUA que se define como el cociente entre (A) y (E), es decir ($EUA = A/E$), de forma que nos da la cantidad de agua perdida por las estomas en relación con el carbono asimilado.

Estudios realizados por López et al. (2013) afirman que la (E) acumulada durante el día es de alrededor de 10 a 45 litros por árbol. En vista de las diferentes formas del dosel y el follaje, y la aplicación de las podas en los árboles de sombra, se asemejan las tasas de evapotranspiración de los árboles de cacao y los árboles de sombra.

2.6.5. EFICIENCIA DE USO DE AGUA (EUA)

La EUA es la relación entre gramos de aguas transpirados por un cultivo y gramos de materia seca producidos, esta eficiencia varía de acuerdo con el tipo de cultivo, arquitectura de las hojas, tiempo de apertura y las resistencias estomáticas, debido a que mientras la planta absorbe el CO_2 para realizar la fotosíntesis, se pierde agua por transpiración (Medrano et al., 2007).

Se ha reportado en clones de cacao ecuatoriano, que las mayores (A) en momentos de mayor radiación también ayudan a tener una mayor EUA en todos los clones, lo que muestra un proceso de mejor adaptación de estos clones a una mayor exposición solar (Jaimez et al., 2018).

CAPITULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO

3.1. UBICACIÓN

La investigación se desarrolló en dos localidades de Manabí productoras de cacao Nacional la cuales se describen a continuación:

- Piedra de Plata, ubicada en la parroquia Membrillo perteneciente al cantón Bolívar, Manabí posicionado geográficamente en las coordenadas 0°49' Latitud Sur y 79°52' Longitud Oeste.
- Reserva Ecológica Camarones, localizada en el cantón Jama de la provincia de Manabí posicionado geográficamente en las coordenadas 0°06' Latitud Sur y 80°08' Longitud Oeste.

3.2. DURACIÓN

La presente investigación se realizó desde marzo hasta agosto del año 2020 con una duración de seis meses.

3.3. CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS

A continuación, se presentan las características climáticas de las localidades Piedra de Plata y Reserva Ecológica Camarones:

Tabla 3.1.
Características climáticas

Localidades	Piedra de Plata	Reserva Ecológica Camarones
Precipitación	1500 mm/año	816,6 mm/año
Temperatura	25°C	25,4°C
Humedad relativa	86,5%	87%
Velocidad de viento	1,37 km/h	2 km/h

Fuente: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI, 2014)

3.4. MATERIAL VEGETAL

Se utilizó un lote de cacao 100% puro Nacional, homocigoto de árboles ancestrales de más de 100 años en Piedra de Plata y una parcela de clones con dos años de edad, provenientes de este material ancestral, establecida en la Reserva Ecológica de Camarones.

3.5. FACTORES EN ESTUDIO

3.5.1 FACTOR A (LOCALIDAD)

- Piedra de Plata
- Reserva Ecológica Camarones

3.5.2. FACTOR B (GENOTIPO)

- Clon 1
- Clon 2
- Clon 3
- Clon 4
- Clon 5
- Clon 6
- Clon 7
- Clon 8
- Clon 9

3.6. TRATAMIENTOS

Tabla 3. 2.

Descripción de los tratamientos

Tratamientos	Código	Combinaciones
1	A1B1	Piedra de Plata + clon 1
2	A1B2	Piedra de Plata + clon 2
3	A1B3	Piedra de Plata + clon 3
4	A1B4	Piedra de Plata + clon 4
5	A1B5	Piedra de Plata + clon 5
6	A1B6	Piedra de Plata + clon 6
7	A1B7	Piedra de Plata + clon 7
8	A1B8	Piedra de Plata + clon 8
9	A1B9	Piedra de Plata + clon 9
10	A2B1	Reserva Ecológica Camarones + clon 1
11	A2B2	Reserva Ecológica Camarones + clon 2
12	A2B3	Reserva Ecológica Camarones + clon 3
13	A2B4	Reserva Ecológica Camarones + clon 4
14	A2B5	Reserva Ecológica Camarones + clon 5
15	A2B6	Reserva Ecológica Camarones + clon 6
16	A2B7	Reserva Ecológica Camarones + clon 7
17	A2B8	Reserva Ecológica Camarones + clon 8
18	A2B9	Reserva Ecológica Camarones + clon 9

3.7. DISEÑO Y UNIDAD EXPERIMENTAL

Para el ensayo se utilizó un diseño de bloques completos al azar con arreglo factorial A x B, con 18 tratamientos y 5 repeticiones con un total de 90 unidades experimentales. Para la unidad experimental en la Reserva Ecológica Camarones se tomaron 5 plantas al azar a las que se le realizaron las evaluaciones, mientras que la localidad de Piedra de Plata considerando que solo existe una planta por clon se escogió una rama por planta (unidad experimental) a las cuales se llevó el registro de datos.

A continuación, se detalla el esquema del ADEVA:

Tabla 3.3.
Esquema ANDEVA

Fuente de variación	Grados de libertad	
Tratamientos	17	
Localidad		1
Genotipo		8
L x G		8
Bloques	4	
Error experimental	68	
Total	89	

3.8. ANÁLISIS DE DATOS

El análisis de datos se realizó a través de estadística descriptiva, análisis de varianza (ANOVA), y la separación de medias con la prueba de Tukey al 5% de probabilidades de error.

3.9. VARIABLES DE RESPUESTAS

3.9.1. MEDICIONES DE PARÁMETROS FISIOLÓGICOS

Se evaluó el intercambio gaseoso: tasa de fotosíntesis (A), tasa de transpiración (E), conductancia estomática (g_s), concentración intercelular de CO_2 (C_i) y eficiencia de uso de agua ($EUA = A/E$), para ello se utilizó un analizador infrarrojo de gases portátil modelo CIRAS 2 (PP Systems, Hitchin, RU.).

Todas las medidas se realizaron en hojas adultas completamente expandidas y sanas de 5 árboles individuales de cada clon de cacao ($n=5$) en la Reserva de Camarones, mientras que las medidas realizadas en Piedra de Plata se

realizaron en 5 hojas de cada árbol ancestral.

Las mediciones de las condiciones ambientales para determinar el intercambio gaseoso se lo realizaron en el horario de 8:00 am y 12:00 am, horas donde ocurren ocurre el mayor intercambio de gases de acuerdo a investigaciones realizadas por De Almeida et al. (2016), Baligar et al. (2008), Ávila et al. (2016), además, donde se consistieron los siguientes parámetros:

- Concentraciones de CO₂ ambiental (C_a) 410 ± 10 ppm
- 21% de O₂
- Temperatura 28 ± 1,3°C
- Densidad de flujo fotónico saturante (DFF) 1000 μmol m⁻² s⁻¹
- Gradiente vapor de agua hoja – aire (VPD) 13,6 ± 0,73 mbares

3.9.2. VARIABLES MORFOLÓGICAS

Las mediciones de las variables morfológicas estuvieron basadas en la metodología de Engels et al. (1980).

➤ ARQUITECTURA DE LA PLANTA

Para determinar esta variable se realizaron mediciones del ángulo de las ramas del árbol con relación a un eje central hipotético. Si es igual o menor de 90°, se designó como erecta; si el ángulo está entre 90 y 135°, la denominación fue intermedia; y si el ángulo es mayor de 135° se le determinó como pendulosa.

➤ FORMACIÓN DE LA RAMIFICACIÓN

Se observó el tronco principal del árbol, fijándose en la primera ramificación, constatando si en este punto existe solo una rama o si por el contrario forma dos o más: 1 Simple: una sola rama; 2 Intermedia: dos ramas y 3 Verticilada: 3 o más.

➤ ALTURA DESDE EL SUELO HASTA EL PRIMER VERTICILO O RAMIFICACIÓN (cm)

Con una cinta métrica, se procedió a medir la altura desde el suelo hasta el primer verticilo, en aquellos casos en que el mismo haya sido eliminado se ubicó

la cicatriz dejada por éste, y se midió desde el suelo hasta dicha cicatriz.

➤ **DIÁMETRO DEL TRONCO A 10 CM DEL SUELO (cm)**

Con una cinta métrica se midió 10 cm a partir del suelo en el tronco de la planta, luego en dicho punto, se realizó la medición del grosor del tronco.

➤ **VIGOR DE LA PLANTA**

Se determinó la apariencia general de los árboles de cacao, se tomaron observando varios árboles los cuales se compararon con un patrón preestablecido, se tuvo en cuenta el follaje, la estructura de las ramas, la forma del tronco y sus estructuras productivas. 1: débil, 2: intermedia y 3: vigorosa.

3.9.2. CARACTERÍSTICAS DE LAS HOJAS

➤ **LARGO DE LA HOJA (cm)**

Con una regla se midió el largo de la hoja desde el punto de inserción del pecíolo hasta el ápice.

➤ **ANCHO MÁXIMO DE LA HOJA (cm)**

Con una regla se buscó el punto más ancho de la hoja, para ello se desplazó a través de la misma localizando el punto con el ancho máximo.

➤ **RELACIÓN LARGO ANCHO (L/A)**

Se dividió el valor obtenido del largo, entre el valor obtenido del ancho.

➤ **LARGO DESDE LA BASE DE LA HOJA HASTA EL PUNTO MAS ANCHO DE LA MISMA (LBA)**

Con una regla se midió desde el punto de inserción del pecíolo hasta el punto más ancho de la hoja.

➤ **FORMA DE LA HOJA**

Se determinó calculando la relación entre la longitud de la lámina foliar (L) y la longitud de la hoja desde la base hasta la parte más ancha de la misma (LBA).

Si $L/LBA = < 2$ ovoide, $L/LBA = 2$ Elíptica y $L/LBA > 2$ Obovada.

➤ **BASE DE LA HOJA**

Se clasificó por el ángulo interno que conforma el margen de la hoja con la nervadura central: 1= $< 90^\circ$ aguda, 2= $90^\circ 150^\circ$ obtusa, 3= $151^\circ 180^\circ$ redondeada, 4= cordiforme.

➤ **ÁPICE DE LA HOJA**

Se observó el ápice de la hoja y se analizará si es: 1=agudo, 2=acuminado largo y 3= acuminado corto.

CAPITULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. VARIABLES FISIOLÓGICAS

➤ Tasa de transpiración (E)

La tasa de transpiración (E) de genotipos de clones de cacao jóvenes y arboles ancestrales en dos localidades muestran diferencias estadísticas significativas entre genotipos y localidades ($p < 0.05$), los clones 9, 8 y 5 en la localidad Piedra de Plata mostraron mayor E con valores hasta $4,50 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, mientras que, los clones 1 y 2 presentaron menor E con $2,5 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, a diferencia de los clones jóvenes en la localidad de la Reserva Ecológica Camarones que presentaron menores tasa de E con rangos de $1,8$ a $2,5 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ (Figura 4.1.).

Investigaciones realizadas por Jaimez et al. (2018) reportaron una E mayores a $3,8$ a $6 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ bajo dos PPDF de 400 y $1000 \mu\text{mol fotones m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, lo cual se asemeja a los resultados obtenidos en la localidad Piedra de Plata en los clones 9, 8 y 5.

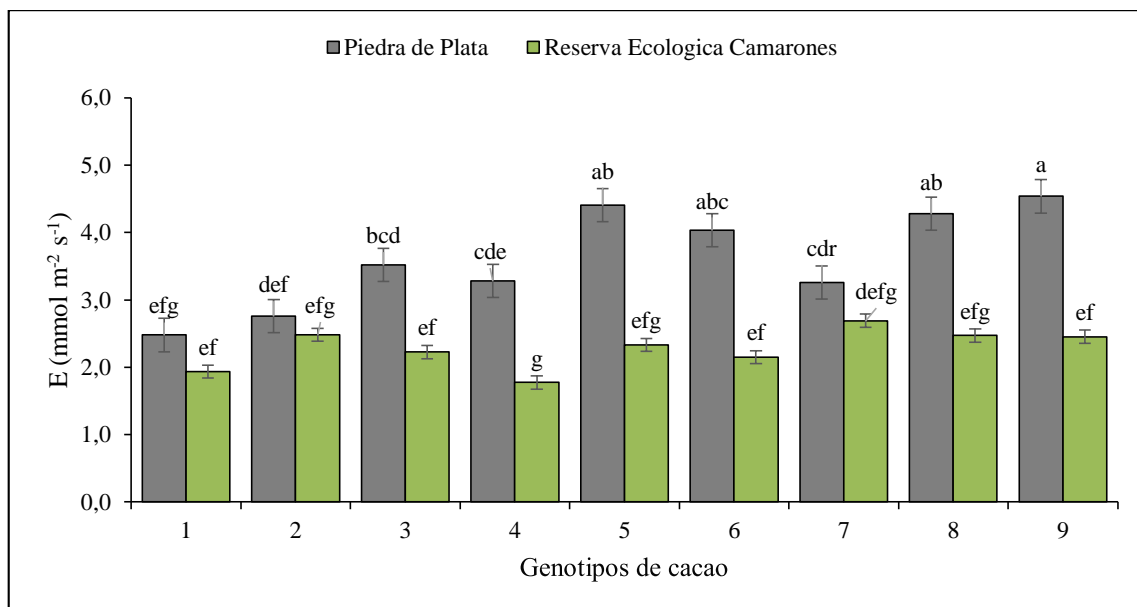


Figura 4. 1. Tasa de transpiración (E) de nueve genotipos de cacao nacional en dos localidades diferentes. Letras distintas indican diferencias significativas entre genotipo x localidad ($p < 0,05$).

De acuerdo, a García y Moreno (2015) la tasa de transpiración de los clones de cacao varía de acuerdo al contenido de humedad del suelo, además indican que a un mayor contenido de humedad presentan mayores E de 7,84 y 6,91 $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ a diferencia de los clones que se sometieron a estrés hídrico con 1,21 y 4,48 $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, con lo mencionado anteriormente, la localidad Piedra de Plata posee una precipitación de 1500 mm/año, por tal razón los resultados de la investigación muestra una mayor tasa de transpiración. Agudelo et al. (2018) afirman que ante una mejor condición de humedad en el suelo hay un menor cierre parcial de estomas lo que permite una mayor actividad de intercambio gaseoso.

➤ Conductancia estomática (g_s)

El análisis de varianza para la conductancia estomática (g_s) presentó diferencias estadísticas significativa entre genotipo y localidad ($p < 0,05$). Los genotipos ancestrales que se encuentran en Piedra de Plata obtuvieron mayor g_s siendo los genotipos 9, 6, con mayores g_s de 243 y 216 $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, respectivamente y los genotipos 4, 2, 3, 5 y 7 mostraron menores g_s que van desde los 127 a 169 $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, en comparación con los clones jóvenes evaluados en la Reserva Ecológica Camarones, los cuales presentaron g_s bajos con rango desde 59 a 125 $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (Figura 4.2).

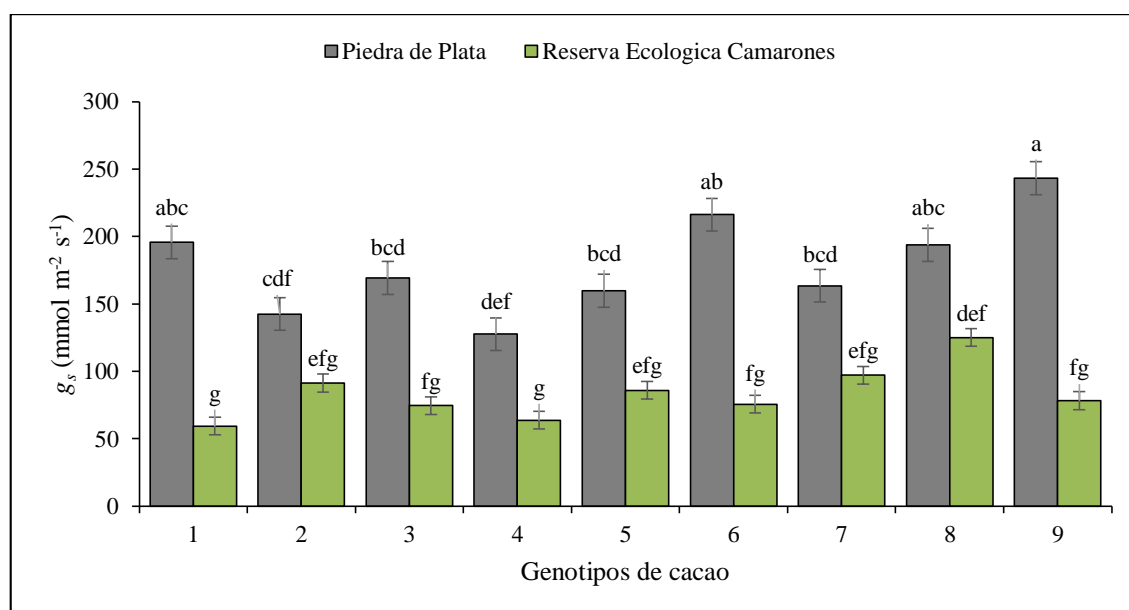


Figura 4.2. Conductancia estomática (g_s) de nueve genotipos de cacao nacional en dos localidades diferentes. Letras distintas indican diferencias significativas entre genotipo x localidad ($p < 0,05$).

Los valores de g_s observados por Tezara et al. (2020) en clones de cacao nacional obtuvieron rangos de 149 a 300 $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, estos resultados son similares a los observado en esta investigación en los árboles ancestrales de la localidad Piedra de Plata y menores a los reportados en cacaotales viejos forasteros y criollos bajos valores de g_s que van desde 50 a 200 $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. (Tezara et al., 2016).

Mientras que Jaimez et al. (2018) observaron datos superiores a 180 $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ similares a los reportado en Piedra de Plata, estos datos de g_s dan como resultado una mayor disponibilidad de CO_2 para la carboxilación por Rubisco durante el ciclo de Calvin y, por lo tanto, una mayor producción de A y carbohidratos.

➤ Tasa de fotosíntesis (A)

Los árboles ancestrales evaluados en Piedra de Plata y los clones jóvenes en la Reserva Ecológica Camarones mostraron diferencias estadísticas significativa entre localidad por genotipo ($p < 0,05$) en la tasa de fotosíntesis A, evidenciando que los clones 2 y 5 en la localidad Piedra de Plata se observan valores mayores de A con 8,70 y 9,26 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ y en los demás clones se observan resultados intermedios que van desde 4,50 a 7,0 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. En la Reserva Ecológica Camarones los clones 9, 7 y 2 presentaron valores de 8,50 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ mientras que los demás clones se evidenciaron resultados intermedios de 4,50 a 7,0 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (Figura 4.3).

Tezara et al. (2020) en su investigación sobre la actividad fotosintética de 10 clones de cacao nacional mostraron valores similares en lo reportado en esta investigación con valores hasta 10 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. Las plantas de cacao que crecen en las costas ecuatoriana son más capaces de usar más eficientes la radiación solar, siendo este rasgo una ganancia genética (Jaimez et al., 2018). Según Tezara et al. (2016) los valores de la A esta asociado directamente con la g_s . En general mayores tasas fotosintéticas están asociadas a mayor capacidad de asimilación de CO_2 , mayores concentraciones de la clorofila, nitrógeno y proteínas en las hojas, mayor actividad de la Rubisco, mayor desarrollo de los cloroplastos y mejor metabolismo en la planta (Ribeiro et al., 2008).

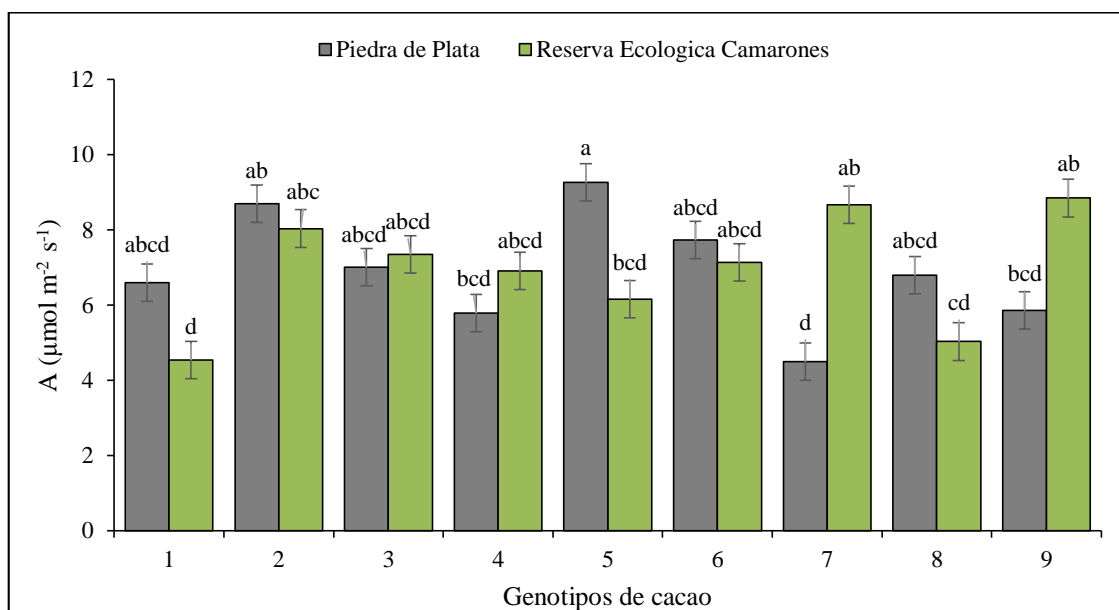


Figura 4.3. Tasa de fotosíntesis (A) de nueve genotipos de cacao nacional en dos localidades diferentes. Letras distintas indican diferencias significativas entre genotipo x localidad ($p < 0,05$).

➤ Concentración intercelular CO_2 (C_i)

La figura 4.4 muestra que el clon 8 en la Reserva Ecológica Camarones evidenció la mayor C_i con $393 \mu\text{mol mol}^{-1}$ mientras que los demás clones presentan valores menores con rangos de 173 a $235 \mu\text{mol mol}^{-1}$. Los genotipos ancestrales en la localidad de Piedra de Plata evidencian resultados desde 265 hasta $358 \mu\text{mol mol}^{-1}$ siendo el clon 7 quien presentó los valores más altos, datos similares fueron presentados por Tezara et al. (2016) en cacao tipo forasteros y criollos con valores de $315 \mu\text{mol mol}^{-1}$.

La C_i es considerada una característica fisiológica influenciada por factores ambientales como la disponibilidad del agua, de la luz y de la energía, entre otros, en presencia de cantidades adecuadas de luz, altas concentraciones de CO_2 permiten mantener tasas fotosintéticas altas (Taiz y Zeiger, 2010). El análisis de varianza para la concentración intercelular CO_2 (C_i) evidenció diferencias estadísticas significativas ($p < 0,05$) entre los genotipos estudiados en las dos localidades.

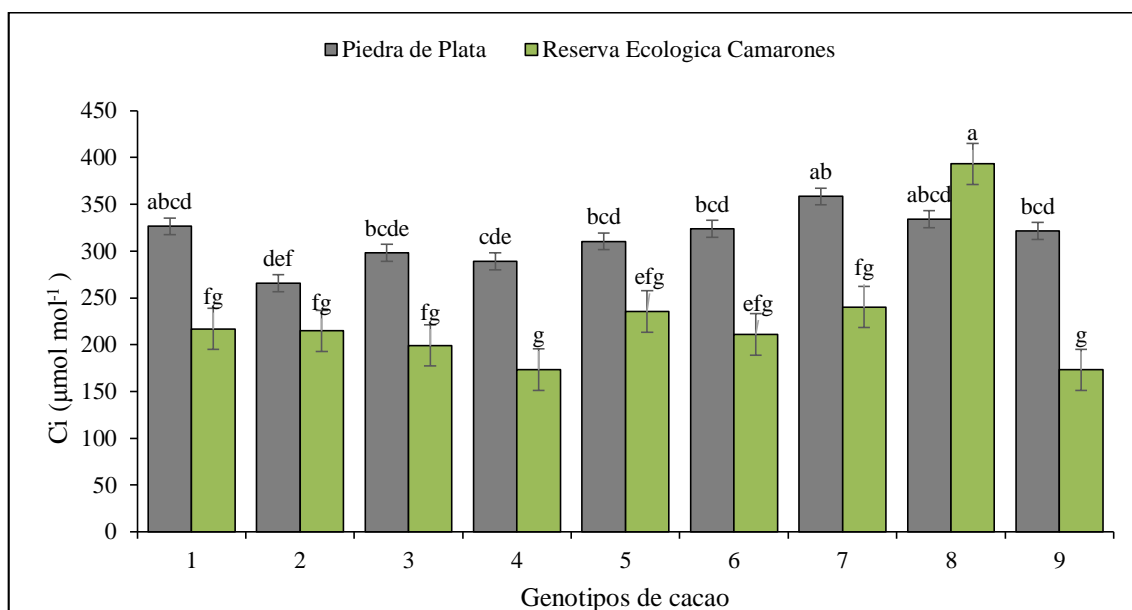


Figura 4.4. Concentración intercelular CO₂ (Ci) de nueve genotipos de cacao nacional en dos localidades diferentes. Letras distintas indican diferencias significativas entre Genotipo x Localidad ($p < 0,05$).

➤ Eficiencia de uso de agua (EUA)

La figura 4.5 indica que el clon 4 en la Reserva Ecológica Camarones presentó la mayor EUA con 4,37 mmol CO₂ mol H₂O⁻¹, mientras, que los demás clones obtuvieron una EUA de 2,54 a 3,45 mmol CO₂ mol H₂O⁻¹; datos similares fueron reportados por De Almeida et al. (2017) en cuatro clones de cacao en un sistema agroforestal.

Los clones ancestrales evaluados en la localidad Piedra de Plata presentaron menores resultados de EUA en todos los clones con resultados de 1,30 a 3 mmol CO₂ mol H₂O⁻¹, estudios realizados por Jaimez et al. (2018) en cultivares de cacao nacional reportaron resultados similares a esta investigación. Los datos de EUA observado de 9 clones de cacao nacional se asemejan a lo reportado por Tezara et al. (2020).

Un EUA alto está relacionado a una tasa de transpiración baja y a una tasa fotosintética alta lo que sugiere que podrían tener un buen comportamiento en regiones con disponibilidad limitada de agua (Tezara et al., 2016), además los altos valores de EUA observados en los clones de cacao Nacional evaluados, en las condiciones climáticas de la costa ecuatoriana, abren la posibilidad de cultivar cacao sin sombra en esta región; pero EUA alto no siempre implica una mayor

capacidad fotosintética, ya que es la tasa neta de fotosíntesis a la relación de transpiración (A/E), por lo que se puede obtener un EUA alto por un mantenimiento en A y una disminución en g_s y por lo tanto una baja pérdida de agua por transpiración (E) (Jaimez et al., 2018). Por lo mencionado anteriormente se encontraron diferencias significativas en el uso eficiente del agua entre los clones de cacao nacional y en las localidades, por las condiciones meteorológicas diferentes que presenta cada sector.

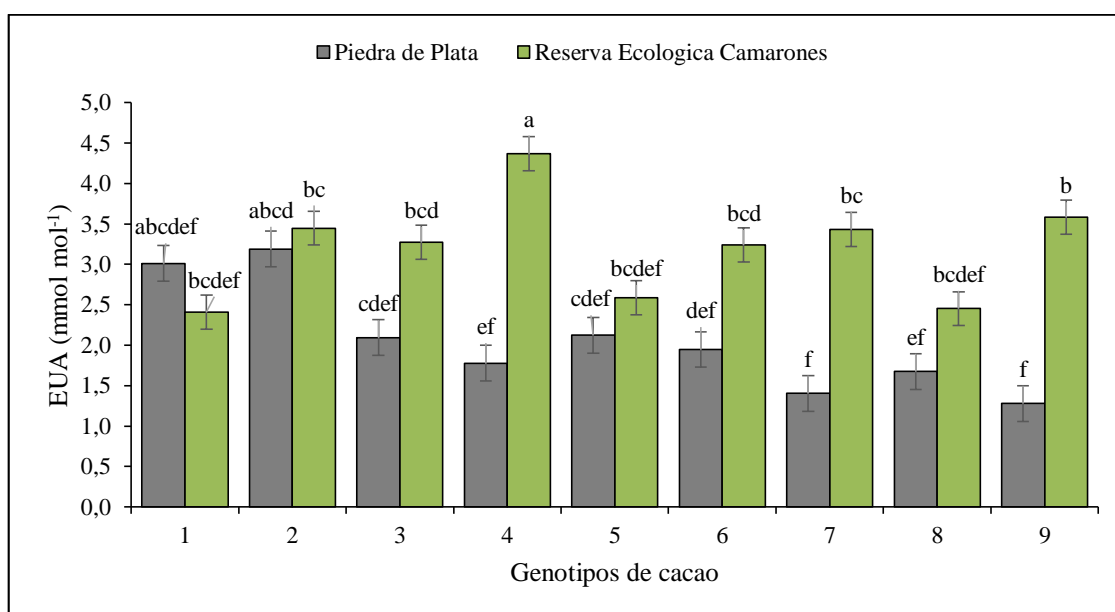


Figura 4.5. Eficiencia de uso de agua (EUA) de nueve genotipos de cacao nacional en dos localidades diferentes. Letras distintas indican diferencias significativas entre Genotipo x Localidad ($p < 0,05$).

4.2. CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA

A continuación, se muestran los resultados de las características morfológicas que presentaron cada uno de los genotipos evaluados, en las localidades de Piedra de Plata y la Reserva Ecológica Camarones.

4.2.1. CARACTERÍSTICAS DE LOS GENOTIPOS DE CACAO

Dentro de los descriptores morfológicos de arquitectura de la planta, los resultados obtenidos muestran que el 86,7% de los genotipos evaluados evidenciaron una arquitectura erecta en las dos localidades, a diferencia del 13,3% de plantas que mostraron una arquitectura intermedia.

En la forma de ramificación el 67,7% posee una forma simple, el 25,6% contiene

una forma intermedia y el 6,7% una forma verticilada (Anexo 3.1.). El 81,1% de los genotipos en estudio presentó un vigor de la planta intermedio y solo el 18,9% evidenciaron un vigor débil de la planta (Tabla 4.1). Según Jaimez et al. (2008) los diferentes genotipos de cacao expresan sus potencialidades fisiológicas y morfológica de acuerdo con el comportamiento del ambiente en los que se encuentre.

Tabla 4.1. Características cualitativas de nueve genotipos de cacao en las localidades de Piedra de Plata y en la Reserva Ecológica Camarones.

Localidad	Genotipo	Arquitectura de planta (%)		Forma ramificada (%)			Vigor de planta (%)	
		Erecta	Intermedia	Simple	intermedia	Verticilada	Débil	Intermedia
Piedra de plata	1	100	0	100	0	0	0	100
	2	100	0	100	0	0	100	0
	3	100	0	100	0	0	0	100
	4	100	0	100	0	0	100	0
	5	0	100	0	100	0	0	100
	6	100	0	0	100	0	100	0
	7	100	0	100	0	0	0	100
	8	100	0	0	100	0	0	100
	9	100	0	100	0	0	0	100
Reserva Ecológica Camarones	1	100	0	80	20	0	20	80
	2	60	40	60	0	40	0	100
	3	100	0	40	60	0	20	80
	4	100	0	80	0	20	0	100
	5	100	0	60	40	0	0	100
	6	80	20	80	0	20	0	100
	7	60	40	80	20	0	0	100
	8	60	40	60	20	20	0	100
	9	100	0	80	0	20	0	100
Media		86,7	13,3	67,7	25,6	6,7	18,9	81,1

Nota: Cada columna representa los porcentajes de cada uno de los descriptores para cada genotipo en las dos localidades.

La tabla 4.2 presenta los resultados de altura de la planta hasta el primer verticilo y diámetro del tronco, los genotipos en la localidad Piedra de Plata poseen una altura desde los 102 cm hasta los 266 cm (Anexo 1-A) siendo el genotipo 3 el que mostró mayor altura, y el genotipo 2 presentó una altura menor, mientras que en la localidad de la Reserva Ecológica Camarones se evidencia altura desde los 15,9 cm hasta los 46,2 cm.

En lo que se refiere a diámetro del tronco el genotipo 2 de la localidad Piedra de

Plata evidenció el menor diámetro con 42 cm y el clon siete con un diámetro mayor de 62 cm. Los árboles en la localidad de la Reserva Ecológica Camarones poseen diámetro desde 13,2 a 19,6 cm. Cabe recalcar que la diferencia de las mediciones entre localidades se debe a que en Piedra de Plata por ser árboles ancestrales poseen una altura y diámetro mayor que los árboles jóvenes en la Reserva Ecológica Camarones.

Tabla 4.2. Medias de altura desde el suelo hasta el primer verticilo (cm), y diámetro del tronco (cm) de nueve genotipos de cacao en las localidades Piedra de Plata y la Reserva Ecológica Camarones.

Localidad	Genotipo	Tratamientos	Altura desde el suelo hasta el primer verticilo (cm)	Diámetro del tronco (cm)
Piedra de plata	1	1	112	58
	2	2	102	42
	3	3	266	56
	4	4	150	46
	5	5	168	61
	6	6	203	58
	7	7	165	62
	8	8	163	60
	9	9	195	47
Reserva Ecológica Camarones	1	10	19,0	15,5
	2	11	33,8	13,9
	3	12	15,9	13,2
	4	13	28,9	17,0
	5	14	46,2	19,6
	6	15	29,7	14,1
	7	16	32,2	16,2
	8	17	27,5	15,9
	9	18	19,0	15,5

4.2.2. CARACTERÍSTICAS DE LA HOJA

La tabla 4.3 presenta los descriptores morfológicos para la hoja de nueve genotipos en dos localidades, el 93,3% de los genotipos evaluados presentan una forma de la hoja ovoide, mientras que en la base de la hoja 91,1% presenta una base de la hoja aguda y el 73,3% presenta un ápice de la hoja con acuminado largo. Estas características se ilustran en el anexo 3-H.

Tabla 4.3. Características cualitativas la hoja de nueve genotipos de cacao en las localidades de Piedra de Plata y en la Reserva Ecológica Camarones.

Localidad	Genotipo	Forma de la hoja (%)			Base de la hoja (%)			Ápice de la hoja (%)		
		Obovada	Ovoide	Elíptica	Aguda	Obtusa	Redondeada	Acuminado largo	Acuminado corto	Agudo
Piedra de Plata	1	20	60	20	100	0	0	80	0	20
	2	20	80	0	100	0	0	100	0	0
	3	20	80	0	60	0	40	100	0	0
	4	0	100	0	60	40	0	80	20	0
	5	0	100	0	100	0	0	40	40	20
	6	0	100	0	100	0	0	40	60	0
	7	0	100	0	100	0	0	100	0	0
	8	0	100	0	100	0	0	60	40	0
	9	0	100	0	100	0	0	40	40	20
Reserva Ecológica Camarones	1	0	100	0	100	0	0	100	0	0
	2	0	100	0	100	0	0	100	0	0
	3	0	100	0	60	40	0	80	20	0
	4	0	100	0	100	0	0	60	40	0
	5	20	80	0	100	0	0	80	20	0
	6	0	100	0	100	0	0	60	40	0
	7	0	100	0	100	0	0	100	0	0
	8	20	80	0	60	20	20	40	60	0
	9	0	100	0	100	0	0	60	40	0
Media		5,6	93,3	1,1	91,1	5,6	3,3	73,3	23,3	3,3

Nota: Cada columna representa los porcentajes de cada uno de los descriptores para cada genotipo en las dos localidades

La tabla 4.4 muestra los promedios del largo de la hoja (cm), ancho máximo de la hoja (cm), relación larga por ancho (L/A) y largo desde la base de la hoja hasta el punto más ancho de la misma (LBA) de nueve genotipos de cacao en las localidades Piedra de Plata y la Reserva Ecológica Camarones, además se evidenció diferencias estadísticas significativa de acuerdo con el análisis de varianza. El genotipo 7 en la localidad Piedra de Plata presentó un largo de la hoja superior a los demás genotipos, con 36 cm (Anexo 4-E) a diferencia de los demás que varió desde 27 cm hasta 33 cm. En la variable ancho de la hoja el genotipo 5 obtuvo mayores resultados con 11,2 cm en la localidad Piedra de Plata, (Anexo 3-E) mientras que en los demás genotipos se obtuvieron rangos desde 8,6 hasta 10,9 cm. En la relación L/A el genotipo siete obtuvo mayor L/A con 3,6 a diferencia del genotipo 4 el cual presentó la menor L/A con 2,6 y los demás genotipos en las dos localidades presentaron valores intermedios.

Tabla 4.4. Medias de largo de la hoja (cm), ancho máximo de la hoja (cm), relación largo por ancho (L/A) y largo desde la base de la hoja hasta el punto más ancho de la misma (LBA) de nueve genotipos de cacao en las localidades Piedra de Plata y la Reserva Ecológica Camarones.

Localidad	Genotipo	Tratamientos	Largo de hoja (cm)	Ancho máximo de hoja (cm)	L/A	LBA
Piedra de Plata	1	1	31,6 ab	10,3 ab	3,1 abc	16,3 ab
	2	2	30,9 ab	9,5 ab	3,3 ab	16,1 ab
	3	3	30,4 ab	9 ab	3,4 ab	16,6 ab
	4	4	33 ab	10,9 ab	3 abc	17,6 ab
	5	5	29,3 ab	11,2 a	2,6 c	16,4 ab
	6	6	30,5 ab	9,6 ab	3,1 abc	16,2 ab
	7	7	36 a	10,1 ab	3,6 a	20,6 a
	8	8	34,2 ab	10,4 ab	3,3 ab	19,2 ab
	9	9	28,5 ab	9,7 ab	2,9 bc	16,6 ab
Reserva Ecológica Camarones	1	10	27,8 b	8,6 b	3,2 ab	15,3 b
	2	11	27,9 b	8,9 ab	3,1 abc	15,2 b
	3	12	27,5 b	9,1 ab	3,0 abc	15,8 ab
	4	13	27,2 b	8,9 ab	3,1 abc	14,9 b
	5	14	27,6 b	9,7 ab	2,8 bc	15,5 b
	6	15	28,4 ab	8,9 ab	3,2 ab	15,5 b
	7	16	29,6 ab	9,3 ab	3,2 abc	15,5 b
	8	17	28,2 ab	9,5 ab	2,9 bc	15,12 b
	9	18	28,5 ab	9,3 ab	3,1 abc	16,74 ab
Probabilidad ANOVA			0,0019	0,0143	0,0001	0,0079
CV (%)			11,42	11,34	7,72	13,2

CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- Las características fisiológicas de las nueve selecciones ancestrales de cacao nacional mostraron diferencias significativas entre los genotipos y localidades. Los genotipos de la localidad Piedra de Plata mostraron una E entre 2,50 y 4,50 $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ g_s de 130 a 250 $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, A de 4,50 a 9,26 $\mu\text{mol mol}^{-1}$ y EUA de 1.8 a 3 $\text{mmol CO}_2 \text{ mol H}_2\text{O}^{-1}$. Los clones de la localidad Reserva Ecológica Camarones presentaron una E de 1.77 a 2.48 $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, g_s de 60 a 125 $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, A de 4,54 a 8,85 $\mu\text{mol mol}^{-1}$ y una EUA de 2,45 a 4,37 $\text{mmol CO}_2 \text{ mol H}_2\text{O}^{-1}$.
- Los genotipos que presentaron mayores tasas fotosintéticas fueron 2, 5 y 6 en la localidad Piedra de Plata y los clones 2, 7 y 9 en la localidad de la Reserva Ecológica Camarones con promedios de 8,04 a 9,26 $\mu\text{mol mol}^{-1}$.
- Las nueve selecciones ancestrales de cacao Nacional en Piedra de Plata y en la Reserva Ecológica Camarones presentaron características morfológicas similares, con una arquitectura de la planta erecta, forma de la ramificación simple y un vigor intermedio, en lo que es altura de planta hasta el primer verticilo y diámetro de tronco, los árboles ancestrales en Piedra de Plata poseen una altura promedio de 170 cm y un diámetro de 54 cm. De igual forma en la Reserva Ecológica Camarones poseen alturas y diámetros similares entre sí.
- Las hojas de los árboles de cacao Nacional en ambas localidades presentan una forma ovoide, base aguda, ápice con acuminado largo además poseen un largo de hoja de 30 cm y un ancho de 10 cm.

5.2. RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar evaluaciones futuras de estos genotipos en diferentes épocas, y poder apreciar el mayor potencial de estos en condiciones ambientales diferentes, además de realizar evaluaciones de producción y correlacionar los parámetros fisiológicos con los productivos.

BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez, C., Pérez, E. y Lares, M. (2002). Morfología de los frutos y características físico-químicas del Mucílago del cacao de tres zonas del Estado Aragua. *Revista Agronomía Trop.* 52(4): 497-506. Recuperado el 15 de Diciembre de 2019 de: http://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S0002-192X2019-0002-0000006&script=sci_arttext&lng=e con dos años de edad.
- Agudelo, G., Cadena, J., Almanza, P. y Pinzón, E. (2018). Desempeño fisiológico de nueve genotipos de cacao (*Theobroma cacao* L.) bajo la sombra de tres especies forestales en Santander, Colombia. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas* 12(1): 223-232. Recuperado el 14 de julio de 2020, de <http://www.scielo.org.co/pdf/rcch/v12n1/2011-2173-rcch-12-01-223.pdf>
- Ávila, E., Coronel, I., Jaimez, R., Urich, R., Pereyra, P., Araque, O., Chacón, L. & Tezara, W. (2016). Ecophysiological traits of adult trees of Criollo cocoa cultivars (*Theobroma cacao* L.) from a germplasm bank. *Experimental Agriculture* 52: 137-15. Recuperado el 20 de Enero de 2020 de <https://www.cambridge.org/core/journals/experimental-agriculture/article/ecophysiological-traits-of-adult-trees-of-criollo-cocoa-cultivars-theobroma-cacao-l-from-a-germplasm-bank-in-venezuela/5BF6AB2ED1B4D42DAFE8C3BC38926FD0>
- Baligar, V., Bunce, J., Machado, R. & Elson, M. (2008). Photosynthetic photon flux density, carbon dioxide concentration and vapour pressure deficit effects on photosynthesis in cacao seedlings. *Photosynthetica* 46(2):216–221. Recuperado el 20 de Enero de 2020 de <https://link.springer.com/article/10.1007%252Fs11099-008-0035-7>
- Ballesteros, W. (2011). Caracterización morfológica de árboles elite de cacao (*Theobroma cacao* L.) en el municipio de Tumaco, Nariño, Colombia. Tesis de la Facultad de Producciones Agrícolas Universidad de Nariño, San Juan Pastos. Recuperado el 15 de diciembre de 2019 de <http://sired.udenar.edu.co/2953/>
- Barrezueta, S. y Chabla, J. (2017). Caracterización social y económica de la producción de cacao en la provincia del Oro [archivo PDF]. Recuperado el 15 de Diciembre de 2019 de https://www.researchgate.net/publication/321883849_Caracteristicas_sociales_y_economicas_de_la_produccion_de_cacao_en_la_provincia_El_Oro_Ecuador_Social_and_economic_characteristics_of_the_cocoa_in_the_province_of_El_Oro_Ecuador
- Batista, L. (2009). Guía Técnica El Cultivo de Cacao. Santo Domingo, República Dominicana: Centro para el Desarrollo Agropecuario y Forestal, Inc. (CEDAF). Recuperado el 10 de Diciembre de <http://www.cedaf.org.do/publicaciones/guias/download/cacao.pdf>
- Baudilio, R. y Cumana, J. (2005). Revisión taxonómica del género *Theobroma*

(Malvaceae) en Venezuela. *Revista Acta Botánica Venezuelica*. 28(1)
Recuperado el 15 de Diciembre de
<https://www.redalyc.org/pdf/862/86228107.pdf>

Bertolde, F. (2007). Respuestas fisiológicas a la inundación de sustrato y la diversidad genética molecular de los clones de *Theobroma cacao* L. Ilhéus, Universidad Estatal de Santa Cruz, disertación M.Sc. Recuperado el 20 de Diciembre de 2019 de <http://nbcgib.uesc.br/genetica/admin/images/files/FABIANA%20ZANELATO%202007.pdf>

Borjas, R., Mendoza, V., Julca, A. & Lupino, P. (2019). Efeito do déficit hídrico e do aumento de temperatura sobre variáveis produtivas fisiológicas e bioquímicas do "cacao" *Theobroma cacao* L. *Arnaldoa*, 26(1), 287-296. Recuperado el 20 de Diciembre de 2019 de http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2413-32992019000100012

CAF (Banco de Desarrollo de América Latina). (2017). Latinoamérica produce el 80% del cacao prime del mundo [archivo PDF]. Recuperado el 15 de Diciembre de 2019 de <https://www.caf.com/es/actualidad/noticias/2017/11/latinoamerica-produce-el-80-del-cacao-prime-del-mundo/>

CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe). (2015). diagnóstico de la cadena productiva del cacao en el Ecuador. Recuperado el 18 de Octubre de 2019 de: <https://www.vicepresidencia.gob.ec/>

Chávez, R. y Carbo, S. (2019). Estudio socio-económico del cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) En la parroquia Febres Cordero, cantón Babahoyo Los Ríos-Ecuador. Tesis de la Facultad de Ingeniería Agronómica Universidad Técnica de Babahoyo, Babahoyo. Recuperado el 15 de Diciembre de 2019 de <https://www.eumed.net/rev/oel/2019/02/cultivo-cacao-ecuador.html>

CIAT (Centro internacional de Agricultura Tropical). (2019). Análisis de la cadena productiva del cacao. Reporte N° 2. Recuperado el 15 de Diciembre de 2019 de <https://alliancebioiversityciat.org/>

De Almeida, A. & Valle, R. (2007). Ecophysiology of the cacao tree. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 19(4), 425-448. Recuperado el 15 de Diciembre de 2019 de https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1677-04202007000400011&script=sci_arttext

De Almeida, J. Tezara, W. & Herrera, A. (2016). Physiological responses to drought and experimental water deficit and waterlogging of four clones of cacao (*Theobroma cacao* L.) selected for cultivation in Venezuela. *Agricultural Water Management*. 171, 80–88. Recuperado el 20 de Diciembre de 2019 de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378377416300968>

- De Almeida, J., Ávila, E., Jaimez, R., Araque, O., Móvil, O., González, R. y Tezara, W. (2017). Características fotosintéticas de cuatro clones de cacao en un sistema agroforestal en Barlovento, Edo. Miranda. *Investigación y Saberes*. 3(3): 3-21. Recuperado el 15 de Diciembre de 2019 de <https://docplayer.es/95338206-Caracteristicas-fotosinteticas-de-cuatro-clones-de-cacao-en-un-sistema-agroforestal-en-barlovento-edo-miranda.html>
- Dostert, N., Roque, J., Cano, A., Torre, M. y Weigend, M. (2012). Hoja botánica: Cacao. Lima, Peru: Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú N° 2012-06345. Recuperado el 10 de Diciembre de 2019 de https://www.researchgate.net/publication/321796507_Hoja_botanica_Cacao_-_Theobroma_cacao_L
- Enríquez, G. (2006). Fenología y fisiología del cultivo del cacao. En: Seminario taller Internacional, producción, calidad y mercadeo de cacaos especiales. Quevedo, Ecuador. p. 3. Recuperado el 15 de Diciembre de 2019 de <https://aprenderly.com/doc/3207554/fenolog%C3%ADa-y-fisiolog%C3%ADa-del-cultivo-del-cacao-gustavo-a.-e...>
- Engels, M., Bartley, G. & Enriquez. (1980). Cacao Descriptor, Their State and Modus Operandi. Turrialba 30: p 209 – 218. Recuperado el 20 de Enero de 2020 de <http://201.207.189.89/handle/11554/5843>
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). (2011). Cacao ecuatoriano, fino y de aroma floral [archivo PDF]. Recuperado el 15 de Diciembre de 2019 de <http://www.fao.org/fileadmin/templates/olq/documents/Ecuador/ppp2/5-PLIEGODECONDICIONES1.pdf>
- FAO y el IICA (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación E Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura). (2007). Denominación de Origen cacao arriba [archivo PDF]. Recuperado el 15 de Diciembre de 2019 de http://www.fao.org/fileadmin/templates/olq/documents/Santiago/Documents/Estudios%20de%20caso/Cacao_Ecuador.pdf
- García, J. y Moreno, L. (2015). Respuestas fisiológicas de *Theobroma cacao* L. en etapa de vivero a la disponibilidad de agua en el suelo. Sugerencias para su mejoramiento en Venezuela. *Acta Agron.*, 65 (1): 44-50 Recuperado el 8 de Agosto de 2020 de https://revistas.unal.edu.co/index.php/acta_agronomica/article/view/48161
- García, M. (2011). “Estudio Agromorfológico y fisicoquímico de ecotipos de cacao cultivados en los municipios de Usulután y California del Departamento de Usulután en El Salvador.” Tesis de la Facultad de Agricultura e Investigación Agrícola Universidad Dr. José Matías Delgado, Antiguo Cuscatlán. Recuperado el 15 de Diciembre de <https://cidoc.marn.gob.sv/documentos/estudio-agromorfologico-y->

fisicoquimico-de-ecotipos-de-cacao-cultivados-en-los-municipios-de-usulután-california-y-tecapán-del-departamento-de-usulután-en-el-salvador/

- Gonzales, F. (2009). Ecofisiología de cacao. [archivo PDF]. Recuperado de Recuperado el 20 de Diciembre de 2019 de <https://es.scribd.com/document/357878682/Ecofisiologia-Del-Cacao-Public>
- IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura). (2017). Manual técnico del cultivo de cacao: prácticas latinoamericanas / San José, Costa Rica. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). Recuperado el 10 de Diciembre de 2019 de <http://repositorio.iica.int/bitstream/11324/6181/1/BVE17089191e.pdf>
- ICCO (Organización Internacional de Cacao). (2019). Production of cocoa beans by country. Recuperado el 18 de Octubre de 2019 de: <https://www.statista.com/statistics/263855/cocoa-bean-production-worldwide-by-region/#:~:text=About%2070%20percent%20of%20the,the%20world%C2%B4s%20cocoa.>
- INAMHI (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología). (2014). Anuario meteorológico. [archivo PDF]. Recuperado de <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/wp-content/uploads/anuarios/meteorologicos/Am%202011.pdf>
- Jaimez, R., Tezara, W., Coronel, I. y 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. Recuperado el 15 de Diciembre de 2019 de <http://www.sidalc.net/repdoc/A7723e/A7723e.pdf>
- Jaimez, R., Amores, F., Vasco, A., Loor, R., Tarqui, O., Quijano, G., Jiménez, J. & Tezara, W. (2018). Photosynthetic response to low and high light of cacao growing without shade in an area of low evaporative demand. *Acta biológica colombiana* 23(1): 95-103. Recuperado el 10 de Noviembre de 2019 http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-548X2018000100095
- Lachenaud, P. (2000). *Theobroma cacao*. *Revista Species Plantarum*. 2(782): 253–258. Recuperado el 10 de Noviembre de 2019 de <https://agritrop.cirad.fr/479202/>
- Lahive, F., Hadley, P. & Daymond, A. (2019). The physiological responses of cacao to the environment and the implications for climate change resilience. A review. *Agron. Sostener. Dev.* 39: 5. Recuperado el 15 de Diciembre de 2019 de <https://link.springer.com/article/10.1007/s13593-018-0552-0>

- Lombardozzi, D., Sparks, G., Bonan, & Levis, S. (2012). Ozone exposure causes a decoupling of conductance and photosynthesis: implications for the Ball-Berry stomatal conductance model. *Oecologia* 169:651-659. Recuperado el 20 de Diciembre de 2019 de <https://link.springer.com/article/10.1007/s00442-011-2242-3>
- Loor, R. y F. Amores. (2003). Explorando la variabilidad del cacao tipo Nacional para identificar clones elite. *Revista Sabor Arriba*. 2(4): 18–19. Recuperado el 16 de Octubre de 2019.
- López, M. y Gil, R. (2017). Características germinativas de semillas de *Theobroma cacao* L. (Malvaceae) “cacao”, *Arnaldoa*. 24(2), 309-618. Recuperado el 16 de Octubre de 2019 de http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S2413-32992017000200012&script=sci_arttext
- López, R., Ojeda, W., López, A., y Catalán, E. (2013). Método de pulso de calor y flujo de savia para medir la transpiración en el cultivo de cacao. *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas*. 7(2): 85-96. Recuperado el 15 de Enero de 2020 de <https://www.redalyc.org/pdf/4555/455545057007.pdf>
- MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería). (2017). Resumen estadístico de cacao. Boletín Situacional N° 3. p. 5. Recuperado el 16 de Octubre de 2019 de: <https://fliphtml5.com/ijia/jhbq/basic>
- MINAGRI (Ministerio de Agricultura y Riego de Perú). (2019). Commodities cacao. Boletín de publicación trimestral N° 12. Recuperado el 15 de Diciembre de 2019 de <https://www.midagri.gob.pe/portal/analisis-economico/analisis-2019?download=15778:commodities-cacao-abr-jun-2019>
- Medrano, H., Bota, J., Cifre, J., Flexas, J., Ribas-Carbó, M. y Gulías, J. (2007). Eficiencia en el uso del agua por las plantas. *Investigaciones Geográficas* 43:63-84. Recuperado el 15 de Enero de 2020 de <https://www.redalyc.org/pdf/176/17604304.pdf>
- Motamayor, J., Lachenaud, P., Mota, J., Loor, R., Kuhn, D., Brown, J., y Schnell, R. (2008). Diferenciación poblacional geográfica y genética del árbol del chocolate amazónico (*Theobroma cacao* L). *PloS uno*, 3(10), e3311. Recuperado el 15 de Noviembre de 2019 de <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0003311>
- Mersladn, A. (2019). Ecuador busca duplicar la exportación de cacao al 2030. *Diario El Universo*, pp-8. Recuperado el 18 de Diciembre de <https://www.eluniverso.com/noticias/2019/06/17/nota/7382016/ecuador-busca-duplicar-exportacion-cacao-2030-1500-millones-2030/>
- Osorio, R.A. (2010). Estudio del efecto de *Trichoderma harzianum* en el control de *Moniliophthora roreri* en plantas de *Theobroma cacao* en la provincia de Esmeraldas Tesis de la Facultad de Ingeniería Química y Agroindustria

Escuela politécnica Nacional, Quito. Recuperado el 16 de Octubre de 2019 de <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/2339>

- Paredes, I. (2003). Manual del cultivo de cacao. Ministerio de Agricultura Programa para el Desarrollo de la Amazonia Proamazonia. Boletín N° 3 p, 2. Recuperado el 15 de Diciembre de 2019 de <http://canacacao.org/wp-content/uploads/Cultivo-del-Cacao-Amazonas-Peru-2004.pdf>
- Quero, J., Marañón, T. y Villar, R. (2004). Tasas de fotosíntesis en plántulas de alcornoque y roble en distintos microsítios dentro del sotobosque. *Almoraima*. 31, 101-110 Recuperado el 28 de Diciembre de 2019 de: https://www.academia.edu/download/48751774/Tasas_de_fotosntesis_en_plntulas_de_alco20160911-4813-11jewpr.pdf
- Quiroz J. y F. Amores (2002). Rehabilitación de plantaciones tradicionales de cacao en Ecuador. *Manejo Integrado de Plagas*. 63, 73-80. Recuperado el 26 de Octubre de 2019 de <http://201.207.189.89/bitstream/handle/11554/6771/A2105e.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Ribeiro, M., da Silva, J., Aitken, W., Machado, R. & Baligar. V. (2008). Nitrogen use efficiency in cacao genotypes. *J. Plant Nutr.* 31(2), 239-249. Recuperado el 28 de Diciembre de 2019 de <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/01904160701853720>
- Rojas, F. y Sacristán, J. (2013). Guía ambiental para el cultivo del cacao. Federación Nacional de Cacaoteros. Segunda edición. 127 pp. Recuperado el 15 de Diciembre de 2019 de https://www.fedecacao.com.co/site/images/recourses/pub_doctecnicos/fedecacao-pub-doc_05B.pdf
- Saenz, B. y Cabezas, M. (2009). Un acercamiento a la ecofisiología del cacao. *Innovación y cambio tecnológico*. 6(1): 44-50. Recuperado el 15 de Diciembre de 2019 de <https://repository.udca.edu.co/handle/11158/2604>
- Sánchez, F., Medina, M., Díaz, G., Ramos, R., Vera J., Vásquez, V., Troya, F., Garcés, F. y Onofre, R. (2015). Potencial sanitario y productivo de 12 clones de cacao en Ecuador. *Rev. fitotec. mex.* 38(3), 265-274. Recuperado el 30 de Octubre de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=s0187-73802015000300005
- Suárez, G., Soto, F., Garea, E. y Solano, O. (2015). Caracterización agroclimática del macizo montañoso Nipe-Sagua-Baracoa, en función de la zonificación agroecológica para el cacao (*Theobroma cacao* L.). La Habana. CU. *Revista Cultivos Tropicales*. 36(1): 23-28. Recuperado el 20 de Diciembre de 2019 de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362015000100003

- Suárez, J., Duran, E., Rojas, J. y Ortiz, N. (2017). Pigmentos fotosintéticos y conductancia estomática en ecotipos de copoazú (*Theobroma grandiflorum* Willd. Ex. Spreng K. Schum. *Agron. Mesoam.* 28(1):199-206. Recuperado el 20 de Diciembre de 2019 de https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S1659-13212017000100015&script=sci_arttext
- Taiz, L. y E. Zeiger. (2010). *Plant physiology*. 5th ed. Sinauer Associates, Sunderland, MA Recuperado el 15 de Agosto de 2020 de [https://www.scirp.org/\(S\(351jmbntvnsjt1aadkposzje\)\)/reference/referencespapers.aspx?referenceid=1273207](https://www.scirp.org/(S(351jmbntvnsjt1aadkposzje))/reference/referencespapers.aspx?referenceid=1273207)
- Tezara, W., Valencia E., Reynel V., Bolaños M. y Blanco H. (2020). Actividad fotosintética de diez clones de cacao nacional y su relación con el rendimiento. *Revista ESPAMCIENCIA* 11(1):19-27. Recuperado el 3 de Agosto de 2020 de http://190.15.136.171:4871/index.php/Revista_ESPAMCIENCIA/article/view/202
- Tezara, W. (2017). Características ecofisiológicas y productivas del café y cacao En: Bases Agronómicas, Fisiológicas y Tecnológicas del café y cacao. Eds: W Tezara & E Escalante. pp. 12-27. Editorial CIDE, Ecuador. Recuperado el 4 de Noviembre de 2019.
- Tezara, W., De Almeida, J., Bolaños, M. y Reynel V. (2017). Capacidad fotosintética del cacao: Ecuatorianos vs Venezolanos. Memorias Convención Internacional agroforestal. pp. 56-962. ISBN 978-859-7215-29-5. Recuperado el 4 de Noviembre de 2019.
- Tezara, W., De Almeida, J., Valencia, E., Cortes, J. y Bolaños, M. (2015). Actividad fotoquímica de clones élites de cacao (*Theobroma cacao* L.) ecuatoriano en el norte de la provincia Esmeraldas. *Investigación y Saberes* 4(3): 37-52. Recuperado el 4 de Noviembre de 2019 de http://revistasdigitales.utelvt.edu.ec/revista/index.php/investigacion_y_saberes/article/view/90
- Tezara, W., Herrera, A., De Almeida, J., Bolaños, M. y Reynel, V. (2016). Respuestas ecofisiológicas y productiva del cacao venezolano y ecuatoriano al estrés. *Memorias del Instituto de Biología Experimental* 8: 121-124. Recuperado el 4 de Noviembre de 2019.
- Toth J. (2015). Análisis genético y morfológico de cacao Nacional en Piedra de Plata Recuperado el 16 de Octubre de 2019 de <https://toakchocolate.com/blogs/news/genetic-and-morphology-analysis-of-nacional-cacao-in-piedra-de-plata>
- Vera, F., Moran, E. y Álvarez, A. (2019). Comportamiento agronómico, sanitario y productivo de 41 cruces interclonales de cacao en la cuenca alta del río Guayas. *Universidad, Ciencia y Tecnología.* 4, 4-15. Recuperado el 16 de Octubre de 2019 de

<https://uctunexpo.autanabooks.com/index.php/uct/article/view/23>

- Zambrano, M. (2013). Evaluación de tres métodos de propagación clonal, bajo dos tipos de cubierta, utilizando dos variedades de cacao (*Theobroma cacao* L.) genéticamente diferentes, en su fase de prendimiento definitivo a nivel comercial en Santo Domingo de los Tsáchilas". Santo Domingo de los Tsachilas: Tesis de grado. Recuperado el 15 de Diciembre de 2019 <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/897>
- Zhang, G., Zhang, Z., Zhao, Y., Ren, Q. y Wang, W. (2017). Wheat TaPUB1 modulates plant drought stress resistance by improvement antioxidant capability. *Scientific reports*, 7(1),1-13 Recuperado el 28 de Diciembre de 2019 de <https://www.nature.com/articles/s41598-017-08181-w>
- Zuidema, P., Leffelaar, P., Gerritsma, W., Mommer, L., & Anten, N. (2005). A physiological production model for cocoa (*Theobroma cacao*): model presentation, validation and application. *Agric. Syst.* 84:195-22. Recuperado el 15 de Diciembre de 2019 de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308521X04001325>

ANEXOS

ANEXO 1. RECONOCIMIENTO E IDENTIFICACIÓN DE LOS ARBOLES EN PIEDRA DE PLATA- MEMBRILLO



1-A Reconocimiento de clones



1-B Placas de identificación de clones

ANEXO 2. RECONOCIMIENTO EN IDENTIFICACIÓN DE CLONES EN LA RESERVA ECOLÓGICA CAMARONES- JAMA



2-A Reconocimiento del sitio Camarones



2-B Identificación de clones

ANEXO 3. REGISTRO DE VARIABLES MORFOLÓGICAS EN PIEDRA DE PLATA

3.1 ARQUITECTURA DE LA PLANTA



3-A Altura de planta hasta el primer verticilio

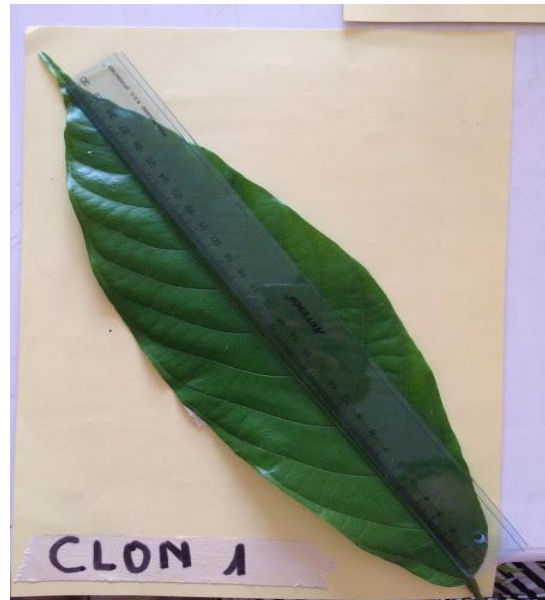


3-B Arquitectura de la planta

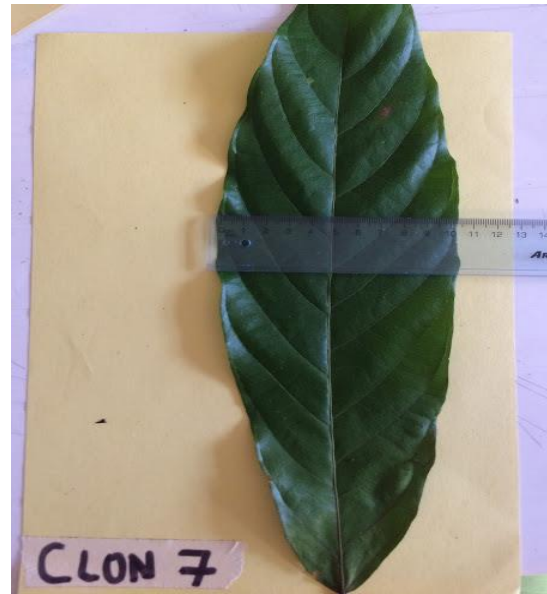
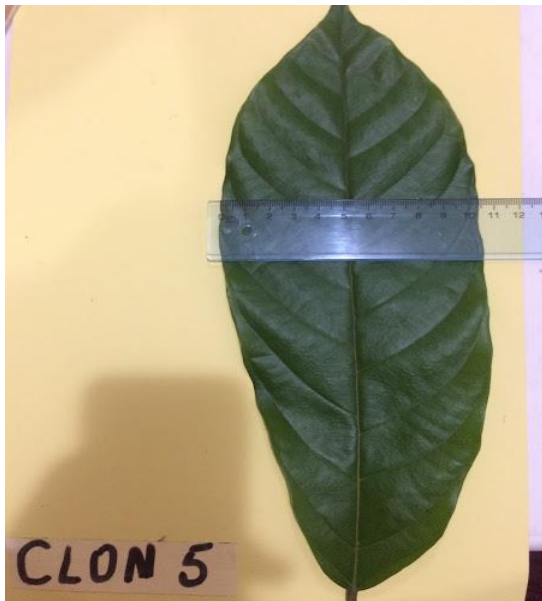


3-C Diámetro del tronco a 10 cm del suelo

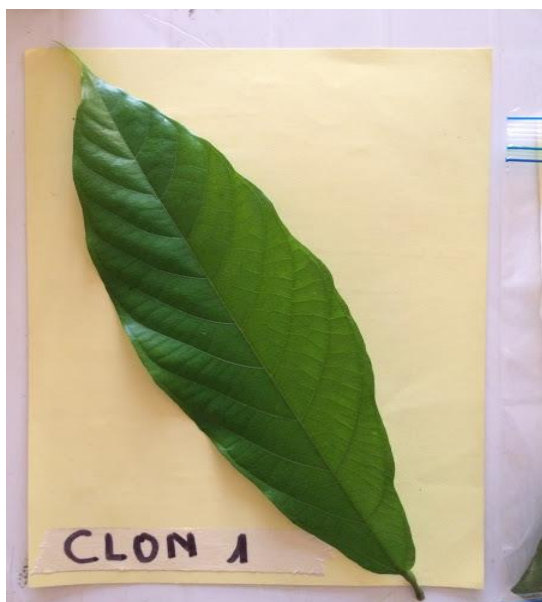
3.2 CARACTERISTICAS DE LAS HOJAS



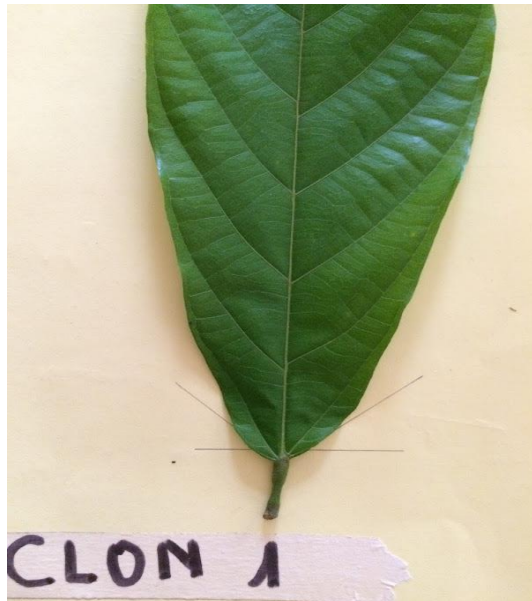
3-D ancho de la hoja



3-E largo y ancho máximo de la hoja



3-F Largo desde la base de la hoja hasta el punto más ancho de la misma



3-G Base de la hoja



3-H Ápice de la hoja

ANEXO 4. REGISTRO DE VARIABLES MORFOLÓGICAS EN RESERVA ECOLÓGICA CAMARONES- JAMA

4.1 ARQUITECTURA DE LA PLANTA



4-A Arquitectura de la planta



4-B Altura del suelo hasta el primer verticilio



4-C Diámetro del tronco a 10 cm del suelo

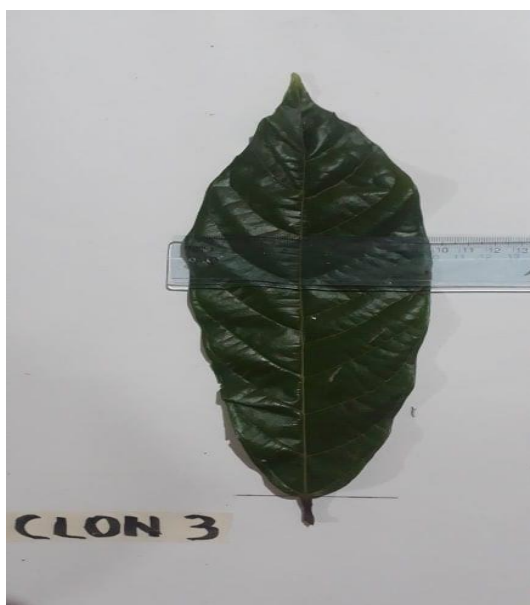


4-D Vigor de la planta

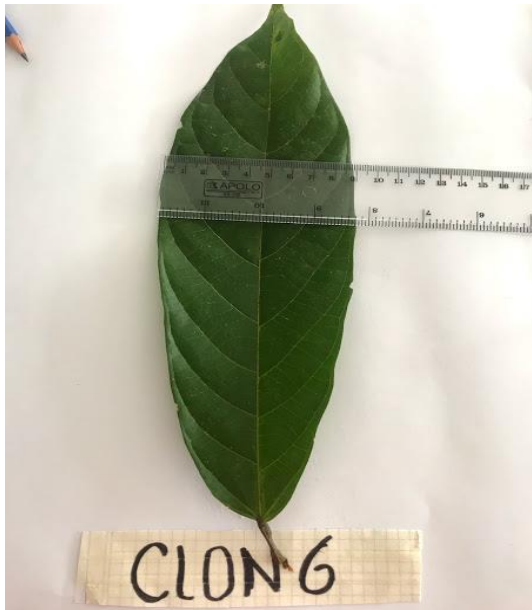
4.2 CARACTERISTICAS DE LAS HOJAS



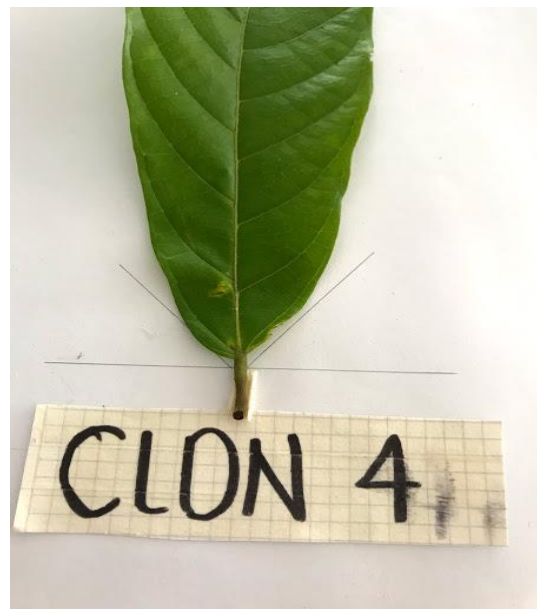
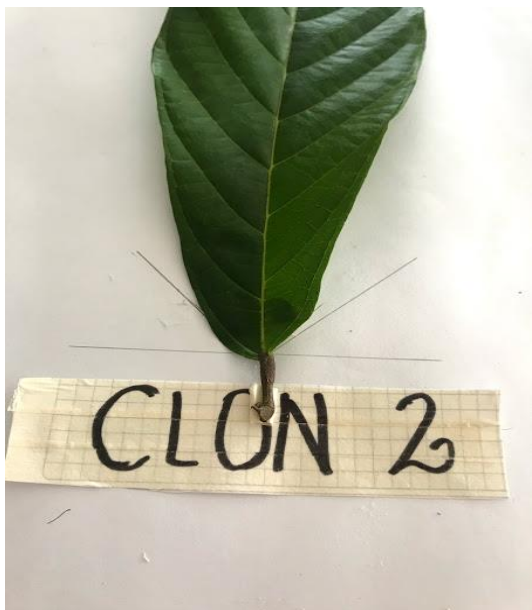
4-E Largo de la hoja



4-F Ancho de la hoja



4-G Largo desde la base de la hoja hasta el punto mas ancho de la misma



4-H Base de la hoja



4-I Ápice de la hoja

ANEXO 5. REGISTRO DE DATOS FISIOLÓGICOS



5-A Analizador infrarrojo de gases portátil modelo CIRAS 2



5-B Calibración del Analizador infrarrojo de gases portátil modelo CIRAS 2



5-C Selección de hojas para evaluación



5-D Evacuación de variables fisiológicas