



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA



TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Presentado al H. Consejo Directivo, como requisito previo a la obtención del título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

TEMA:

“Caracterización morfológica en las zonas de producción de cacao (*Theobroma cacao* L.) tipo Nacional en el cantón Babahoyo provincia de Los Ríos, Ecuador”

AUTOR:

Luis Alexander García García

TUTOR:

Ing. Agr. Luis Antonio Alcívar Torres, MSc.

BABAHOYO – LOS RÍOS – ECUADOR

2020



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHYO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA



TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Presentado al H. Consejo Directivo, como requisito previo a la obtención
del título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

TEMA:

“Caracterización morfológica en las zonas de producción de cacao
(*Theobroma cacao* L.) tipo Nacional en el cantón Babahoyo provincia de
Los Ríos, Ecuador”)

TRIBUNAL DE SUSTENTACION:

Ing. Agr. Rosa Guikken Mora Mg.AI
PRESIDENTE

Ing. Agr. Marlon López Izurita, MSc
PRIMER VOCAL

Ing. Agr. Emma Lombeida García, MSc
SEGUNDO VOCAL

DEDICATORIA

El presente trabajo investigativo lo dedico principalmente a mis padres y a Dios por guiarme en este camino, por brindarme conocimiento y fuerza para así de esta manera cumplir un sueño más en mi vida.

A mis padres; Luis Alberto García Ramos y Maricela de Jesús García Bravo por el apoyo recíproco y absoluto que me han brindado siempre, ellos que todo el tiempo me aconsejan en todo, que nada en esta vida es fácil, y se hace un sacrificio para llegar donde uno quiere superando obstáculos y barreras que nos impiden llegar a nuestro sueño.

A mis Hermanos, por apoyarme moralmente en las ocasiones que me tocaba realizar trabajos en los campos

A mis Tíos, porque me alentaban cada día en este largo proceso, por decir si se puede; el proceso es largo, pero tú lo vas a alcanzar.

AGRADECIMIENTO

Al finalizar este trabajo quiero utilizar este espacio para manifestar mis mayores agradecimientos a Dios por sus bendiciones cada día, además por brindarme fuerzas, sabiduría y perseverancia para culminar con éxito una meta.

A toda mi Familia García García que me han demostrado su cariño.

A todas las Autoridades de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Babahoyo, por ser mi segundo hogar y por permitir concluir una meta deseada de mi vida.

A mi Director de Tesis Ing. Antonio Alcívar Torres por compartir sus conocimientos a lo largo de este proceso guiado con paciencia y motivación.

A mi amigo; Alexander Coloma Bajaña, por apoyarme en mi trabajo.

Así mismo expreso mi gratitud a mis compañeros del aula, por haber compartido momentos inolvidables alegrías y molestias, ya que sin ellos no hubiera como dialogar.

La responsabilidad por la investigación, análisis, resultados, conclusiones y recomendaciones presentadas y sustentadas en este componente práctico del Trabajo de Investigación son de exclusividad del autor

.....

Luis Alexander García García

RESUMEN

Este trabajo se realizó en la provincia de Los Ríos (Ecuador) en los cantones: , Babahoyo y , con el objetivo de caracterizar morfológicamente las zonas de producción de cacao (*Theobroma cacao* L.) tipo Nacional. Se trabajó con una población de 150 árboles de cacao tipo nacional. Para esta investigación se utilizaron una lista específica de 32 variables, tomando como referencia descriptores morfológicos y agronómicos para el cacao de la Cocoa Research Unit University of West Indians. Se realizaron análisis de correlaciones y conglomerados para identificar y estudiar las diferencias y semejanzas entre subgrupos dentro del cacao tipo Nacional. Como resultados se pudo evidenciar la estabilidad de los caracteres morfológicos ya que que no existieron diferencias fenotípicas en los individuos evaluados de cacao, ya que sobre el 80 % de las variables evaluadas no superaron un CV > al 50 %, lo que indica que la especie tuvo escasa variabilidad entre la población evaluada. Con respecto al coeficiente de correlación, los resultados muestran relación entre las variables en donde se pudo determinar que se relacionan como número de ramas con ancho de lámina foliar; De igual forma se evidencio relación entre número de ramas con forma de la hoja. En el caso del análisis de conglomerados, el resultado de este análisis permitió agrupar, por similitud de sus características, a los árboles evaluados en 4 clases I (azul), II (amarillo) III (verde), IV (rojo).

Palabras claves: Descriptores, población, variables, grupos

SUMMARY

This work was carried out in the province of Los Ríos (Ecuador) in the cantons: , Babahoyo and , with the aim of morphologically characterizing the National type cocoa production areas (*Theobroma cacao* L.). We worked with a population of 150 national type cocoa trees. For this research, a specific list of 32 variables was used, taking as reference morphological and agronomic descriptors for cocoa from the Cocoa Research Unit University of West Indians (University of the West Indies 2015). Conglomerate and correlation analyzes were performed to identify and study the differences and similarities between subgroups within the National type cocoa. As results, it was possible to demonstrate the stability of the morphological characters since there were no phenotypic differences in the evaluated cocoa individuals, since over 80% of the evaluated variables did not exceed a $CV > 50\%$, which indicates that the species it had little variability among the evaluated population. Regarding the correlation coefficient, the results show a relationship between the variables where it could be determined that they are related as the number of branches with leaf blade width; Similarly, a relationship between the number of leaf-shaped branches was evident. In the case of the cluster analysis, the result of this analysis allowed grouping, by similarity of their characteristics, the trees evaluated into 4 classes I (blue), II (yellow) III (green), IV (red).

Key words: Descriptors, population, variables, groups

ÍNDICE

ÍNDICE DE TABLAS	XII
ÍNDICE DE GRÁFICOS	XIII
1. Problema	3
1.1. Idea de Investigación	3
1.2. Marco Contextual	3
1.2.1. Contexto Internacional.....	3
1.2.2. Contexto Nacional	4
1.2.3. Contexto Local.....	5
1.2.4. Contexto Institucional	6
1.3. Situación problemática	6
1.4. Planteamiento del problema	6
1.4.1. Problema General.....	6
1.4.2. Subproblemas o derivados	6
1.5. Delimitación de la investigación	7
1.6. Justificación	7
1.7. Objetivos de la investigación	7
1.7.1. Objetivo General	7
1.7.2. Objetivos específicos.....	7
2.1. MARCO TEORICO	8
2.1.1. Introducción del cacao	8
2.1.2. Historia del cacao	8
2.1.3. Origen y taxonomía	11
2.1.4. Botánica del cacao	11
2.1.4.1. Planta	11
2.1.4.2. Sistema radicular.....	11
2.1.4.3. Tallo y ramas	12
2.1.4.4. Hojas	12
2.1.4.5. Flores	13
2.1.4.6. Fruto	14
2.1.4.7. Semilla	14
2.1.4.8. Germinación de la semilla	15
2.1.5. Tipos de cacao en el Ecuador	15

2.1.5.1.	Los criollos.....	15
2.1.5.2.	Los forasteros amazónicos	15
2.1.5.3.	El Trinitario.....	16
2.1.5.4.	Clon CCN-51	16
2.1.5.5.	Cacao Nacional	17
2.1.6.	Labores culturales	17
2.1.6.1.	Preparación del Suelo.....	17
2.1.6.2.	Propagación Vegetativa.....	18
2.1.6.3.	Propagación por Semilla	19
2.1.6.4.	Siembra.....	19
2.1.6.5.	Control de Malezas.....	20
2.1.6.6.	Sombrío.....	20
2.1.6.7.	Materia orgánica	22
2.1.6.8.	Riego	22
2.1.6.9.	Drenaje	22
2.1.7.	Requerimientos Nutricionales de la Planta	22
2.1.8.	Podas	23
2.1.8.1.	Poda de formación.....	23
2.1.8.2.	Poda de mantenimiento	24
2.1.8.3.	Poda sanitaria	24
2.1.8.4.	Poda de rehabilitación.....	24
2.1.8.5.	Poda del sombrío	25
2.1.9.	Condiciones Climáticas	25
2.1.9.1.	Temperatura.....	25
2.1.9.2.	Precipitación.....	25
2.1.9.3.	Suelo.....	25
2.1.9.4.	Humedad Relativa	26
2.1.9.5.	Luminosidad	26
2.1.9.6.	Altitud	26
2.1.9.7.	Viento.....	27
2.1.10.	Control de Plagas	27
2.1.10.1.	Pulgones, (<i>Aphididae</i>).....	27
2.1.10.2.	Hormigas arrieras, (<i>Atta</i>).....	27
2.1.10.3.	Xyleborus sp.	27

2.1.10.4.	Chinches del cacao, (<i>Cimex lectularius</i>)	28
2.1.10.5.	Cochinillas, (<i>Dactylopius coccus</i>)	28
2.1.10.6.	Monalonium, (<i>Monalonion dissimulatum</i>)	28
2.1.11.	Control de Enfermedades	28
2.1.11.1.	Moniliasis, (<i>Moniliophthora roreri</i>)	28
2.1.11.2.	Mazorca negra, (<i>Phytophthora palmivora</i>)	28
2.1.11.3.	Escoba de bruja. (<i>Crinipellis pernicioso</i>)	29
2.1.11.4.	Mal de Machete (<i>Ceratocytis cocoafunesta</i>)	29
2.1.12.	Cosecha y postcosecha	30
2.1.12.1.	La cosecha	30
2.1.12.2.	Herramientas para la cosecha	30
2.1.12.3.	Tumba y recolección	30
2.1.12.4.	Postcosecha	31
2.1.13.	La tarea de comercialización	32
2.1.13.1.	Ventas	32
2.1.14.	Productos procesados	32
2.1.14.1.	Industrialización	32
2.1.15.	Proecuador y Anecacao	33
2.1.15.1.	Comercio Internacional	33
2.1.16.	Exportaciones y precios	34
2.1.16.1.	Mercado Exterior	34
2.1.	Marco Conceptual	34
2.2.1.	Caracterización	34
2.2.	MARCO REFERENCIAL	36
2.2.1.	Antecedentes investigativos	36
2.2.2.	Categorías de análisis	36
2.2.3.	Postura teórica	37
2.3.	Hipótesis	37
2.3.1.	Hipótesis general	37
2.3.2.	Hipótesis específicas	37
2.3.3.	Variables	38
3.	MATERIALES Y MÉTODOS	38
3.1.	Metodología de la Investigación	38
3.2.	Modalidad de investigación	38

3.3. Tipo de Investigación	38
3.4. Métodos, técnicas e instrumentos	39
3.4.1. Métodos.....	39
3.4.2. Técnicas.....	39
3.4.3. Variables a evaluar.....	39
3.4.5. Instrumentos	43
3.5. Población y muestra de investigación.	45
3.5.1. Población.....	45
3.5.2. Muestra.....	45
4. RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN	46
4.1. Georreferenciación de las fincas evaluadas	46
4.1. Variabilidad de la especie	46
4.2. Correlación de Pearson	47
4.3. Análisis de componentes principales	49
4.4. Análisis de conglomerados	50
4.2. Conclusiones específicas y generales	52
4.2.1. Específicas.....	52
4.2.2. General.....	52
4.3. Recomendaciones específicas y generales	52
4.3.1. Específicas.....	52
4.3.2. General.....	53
5. PROPUESTA TEÓRICA DE APLICACIÓN	54
5.1. Propuesta de aplicación de resultados	54
5.1.1. Alternativa obtenida.....	54
5.1.2. Alcance de la alternativa	54
5.1.3. Aspecto de la alternativa	54
5.1.3.1. Antecedentes	54
5.1.3.2. Justificación	55
5.2.2. Objetivos	55
5.2.2.1. General.....	55
5.2.2.2. Específicos.....	55
5.3.3. Estructura general de la propuesta.....	55
5.3.3.1. Título.....	55
5.4. Resultados esperados de la alternativa	56

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Variabilidad de descriptores cuantitativos en Cacao. FACIAG 2020.	47
Tabla 2. Correlación de Pearson en Cacao. FACIAG 2020.	48
Tabla 3. Análisis de componentes principales en Cacao. FACIAG 2020.	49

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Análisis de componentes Bitplot	50
Gráfico 2. Dendrograma del análisis de distancia entre cuatro descriptores en Cacao, con base en el método de ligamiento Euclídea. FACIAG 2020.	51

INTRODUCCIÓN

En el Ecuador actual se cultivan algunos tipos de cacao, pero la variedad conocida como “Nacional” es la más buscada entre los fabricantes de chocolate, por la calidad de sus granos y la finura de su aroma (Anecacao 2015).

El cacao es una fruta tropical, sus cultivos se encuentran mayormente en el Litoral y en la Amazonía. Es un árbol con flores pequeñas que se observan en las ramas y producen una mazorca que contiene granos cubiertos de una pulpa rica en azúcar. La producción de cacao se concentra principalmente en las provincias de Los Ríos, Guayas, Manabí y Sucumbíos (Guerrero 2015).

En los principios del 1600 ya había plantaciones pequeñas de cacao a orillas del río Guayas que posteriormente se expandieron a orillas de sus afluentes el Daule y el Babahoyo, río arriba, por lo cual se originó el nombre de cacao de arriba. La variedad que dio origen a este tipo específico de cacao es el denominado Nacional (Forastero amazónico), siendo esta muy conocida por su aroma floral (Anecacao 2015).

Las áreas donde mayormente se sembró cacao fueron en los cantones de Vinces, Babahoyo, Palenque, Baba Pueblo Viejo, Catarama y de la provincia de los Ríos; en Naranjal, Balao y Tenguel en la Provincia del Guayas y en Machala y Santa Rosa en la Provincia de El Oro (Guerrero 2015).

Inicialmente en el Ecuador se cultivó cacao Nacional el cual pertenecía al tipo Forastero amelonado, posteriormente se introdujo desde Venezuela y Trinidad el cacao Trinitario de color amarillo y morado, dando lugar a un cruzamiento natural entre la variedad local y la introducida, formándose así el complejo Nacional-Trinitario.

En la época entre los 80 y 90 el cacao en el Ecuador fue un cultivo de importancia económica y social siendo este en épocas de independencia uno de las principales fuentes de financiamiento convirtiéndose en soporte económico de gran parte de población de la costa ya sea de manera directa o indirectamente como generador de trabajo (Torres 2012).

En el país se cultivan dos tipos de cacao: el Cacao CCN-51 y el denominado Cacao Nacional. Es un Cacao Fino de Aroma conocido como “Arriba”, desde la época colonial (Guerrero 2015). El cacao es uno de los rubros de mayor relevancia en la estructura agrícola productiva de Ecuador y es la fuente de ingreso para miles de familias campesinas.

La caracterización es necesario para tener en conocimiento las características que lo diferencian de los demás tipos de cacao y con ello poder sugerir acciones que permitan actualizar el conocimiento de la diversidad genética del cacao en una zona. La caracterización es la descripción de la variación que existe en una colección de germoplasma y que permite diferenciar las accesiones de una especie, sea en términos de característica morfológica mediante el uso de descriptores.

Por lo tanto, el objetivo de este estudio es caracterizar las fincas cacaoteras de cacao tipo Nacional en las zonas de estudio de la provincia de Los Ríos.

La investigación generará información de gran relevancia determinando las limitaciones, conocimiento e información sobre los caracteres que influyen en la productividad del cultivo, en condiciones propias de diferentes zonas de la provincia.

CAPITULO I

1. Problema

1.1. Idea de Investigación

La presente investigación permitirá generar información sobre la caracterización morfológica en las zonas de producción de cacao (*Theobroma cacao* L.) tipo Nacional en el cantón Babahoyo provincia de Los Ríos, Ecuador.

1.2. Marco Contextual

1.2.1. Contexto Internacional

A nivel internacional, la investigación sobre caracterización morfoagronómica in situ de cacao criollo (*Theobroma cacao* L.) en lugares de prevalencia natural y su incidencia en la selección de germoplasma promisorio, se ejecutó en el periodo de julio a diciembre 2016, en los municipios de Arcatao, Chalatenango; Tenancingo, Cuscatlán; San Luis Talpa y San Pedro Nonualco en La Paz y Ciudad Delgado en San Salvador – El Salvador (centro américa), caracterizando un total de 47 árboles de cacao productivos. Se utilizaron descriptores morfoagronómicos propuestos por la Cocoa Research Unit University of West Indians (Trinidad y Tobago), el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias de México (INIFAP), y el Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas de Venezuela (INIA). Para la interpretación de datos se utilizó una estadística simple y análisis multivariado. Como resultados se encontraron 10 árboles de cacao con características del tipo “criollo de aroma fino”, con el 100% de semillas de color blanco, cuatro árboles con contenidos de grasa en semilla arriba del 50%. La variabilidad genética cuantitativa de los árboles seleccionados estuvo determinada por el 36.36% de los descriptores y mostraron coeficientes de variación mayores del 30%. Los análisis de componentes principales se evaluaron por el método de clúster, identificando 11 conglomerados que reunieron características de 27 árboles. Finalmente se elaboró un catálogo de los árboles caracterizados (López & Deras 2017).

1.2.2. Contexto Nacional

En el país se han realizado investigación sobre “Caracterización morfológica del cacao (*Theobroma cacao* L.), en la cuenca del río Nangaritzza, provincia de Zamora Chinchipe”, de naturaleza científica, efectuada con el propósito de aportar al fortalecimiento de la cadena del cacao en la región sur del Ecuador, tuvo como objetivos localizar los cultivos de cacao con mejor respuesta a las condiciones de manejo agronómico, para caracterizarlos morfológicamente; realizar la caracterización morfológica de los árboles de cacao seleccionados aplicando descriptores para el árbol, fruto y semilla; georreferenciar los ecotipos de cacao encontrados, en base a la caracterización morfológica realizada y socializar los resultados con la comunidad involucrada.

Se emplearon los métodos inductivo, deductivo, científico y analítico, que permitió identificar, muestrear, organizar, procesar y analizar la información, con apoyo de la encuesta y la observación directa; para obtener información tanto del productor como del cultivo de cacao.

En los resultados, se verifico que la tenencia de lotes de cacao está mayoritariamente en propietarios de la etnia mestiza, con nivel de formación primaria. El área de terreno de cada productor está entre 1 y 5 hectáreas, ubicadas en zonas de valle, con suelo bien drenado. El 59% del cacao es manejado sin sombra, con edades entre 3 y 5 años, con una uniformidad del 50%, la sombra de los cacaotales sobrepasa los 9 metros de altura.

Los cacaotales son establecidos por injerto, con material proveniente de otros finqueros, del tipo nacional. El potencial productivo de las plantas está en promedio entre 10 y 20 mazorcas, aunque existen plantas con más de 50 mazorcas. Para la caracterización morfológica se seleccionaron los mejores árboles y de ellos los mejores frutos para la toma de datos correspondientes

En Nangaritzza se presentó el fruto con mayor peso promedio (1077 gr), así como el mayor espesor de caballete (2,01 cm) y más semillas vanas (4 semillas); Paquisha presentó los frutos más largos (26,22 cm), de mayor diámetro (34,16 cm), mayor número

de semillas (49 semillas por fruto); en Centinela del Cóndor están los frutos con mayor profundidad del surco y mayor cantidad de semillas íntegras; finalmente en Yantzaza se encontró los frutos con mayor peso de semillas (210,2 gr) y el mejor índice de fruto. Los lotes presentan mayoría de frutos de color amarillo, de forma elíptica, de ápice apezonado, fuerte constricción basal, rugosidad del mesocarpio intermedio y consistencia dura (Jumbo, 2017).

1.2.3. Contexto Local

La investigación realizada por (Coello & Haro 2012) en su trabajo titulado “Caracterización de sistemas agroforestales comúnmente asociados al cultivo de cacao en la zona de Febres Cordero, provincia de Los Ríos: El estudio tuvo como objetivo general: caracterizar los sistemas agroforestales cacaoteros de las fincas de la zona. Los objetivos específicos fueron los siguientes: 1) Realizar diagnósticos participativos a los productores cacaoteros de la zona de Febres Cordero para conocer la situación actual de los aspectos productivos, sociales y económicos; 2) Caracterizar morfológicamente los tipos de cacao bajo sistemas agroforestales presentes en la zona de estudio, 3) Cuantificar la riqueza y abundancia de las especies presentes en los cacaotales, 4) Evaluar el rendimiento del cultivo de cacao bajo los sistemas agroforestales existentes y 5) Beneficio del sistema agroforestal al productor cacaotero.

En la investigación (Coello & Haro 2012) con la utilización de las herramientas de diagnóstico participativo estableció que el mayor problema es la baja producción y falta de créditos para mejorar sus fincas.

Los mismos autores caracterizaron 15 ecotipos los cuales provinieron de las fincas de la zona y 10 clones testigos: Nacional (EET-19, EET-95, EET-96, EET-103); SIL-6 (EET-332); SCA-6 (EET-11); SCA12 (EET-110); IMC-67 (EET-116); ICS-95 (EET-111); y el CCN-51, de la Estación Experimental del Litoral Sur (EELS) y de la Estación Experimental Pichilingue (EETP) del INIAP; registrándose así datos morfológicos de frutos, semillas, flores y hojas.

Se efectuó el análisis estadístico basado en análisis de componentes principales, Prueba de Significación de Duncan, Análisis de Clúster, y Análisis de Correlaciones.

El Análisis de componentes principales estableció que las variables cualitativas discriminantes en este estudio fueron: rugosidad de mazorca, forma de la hoja y ángulo basal (Coello & Haro 2012).

1.2.4. Contexto Institucional

La Universidad Técnica de Babahoyo tiene más de medio siglo de creación institucional, brindando sus servicios a toda la población. La institución tiene varias facultades entre las cuales la Facultad de Ciencias Agropecuarias, y entre las carreras que tiene esta Ingeniería Agronómica, tiene la característica de perfil de egreso y las capacidades de solucionar los problemas del entorno agropecuario, por lo cual la Universidad tiene la competencia para realizar investigaciones sobre caracterizar morfológicamente las zonas de producción de cacao (*Theobroma cacao* L.) tipo Nacional en el cantón Babahoyo provincia de Los Ríos, Ecuador.

1.3.Situación problemática

Desconocimiento de las características morfológicas actuales del cacao Nacional distribuidas en, Babahoyo.

1.4.Planteamiento del problema

La caracterización permite identificar las características propias del cultivo en las zonas evaluadas de los productores de cacao de dichas fincas productoras.

1.4.1. Problema General

No se encuentran registros de las características morfológicas actuales de los cultivos de cacao Nacional distribuidas en la zona de Babahoyo.

1.4.2. Subproblemas o derivados

- No existe información actual de la caracterización morfológica de las fincas productoras de cacao Nacional.

- No es posible plantear mejoras de las fincas productoras de cacao, porque no están evaluadas.

1.5. Delimitación de la investigación

La caracterización se realizará en plantas de cacao mayores a cinco años, distribuidos en las zonas de estudio: Babahoyo.

1.6. Justificación

La presente investigación permitirá actualizar y generar conocimientos sobre las características morfológicas del cultivo de cacao en las zonas de estudio de la provincia de Los Ríos, debido a que hasta la fecha no se han efectuado trabajos similares al propuesto sobre cacao Nacional en condiciones propias de diferentes zonas de la provincia. Por tanto, al realizar esta investigación se obtendrá información sobre los caracteres que influyen en la productividad del cultivo, lo que permitirá establecer criterios de decisiones sobre los programas de manejo de producción en la zona.

1.7. Objetivos de la investigación

1.7.1. Objetivo General

- Caracterizar morfológicamente las zonas de producción de cacao (*Theobroma cacao* L.) tipo Nacional en el cantón Babahoyo provincia de Los Ríos, Ecuador.

1.7.2. Objetivos específicos

- • Determinar las características agromorfológicas de mayor contribución a la diferenciación los tipos de cacao presentes en las zonas de producción en el cantón Babahoyo.
- • Evaluar el rendimiento de los tipos de cacao presentes en las zonas.
- • Georreferenciar los ecotipos de cacao encontrados, en base a la caracterización morfológica realizada.

CAPITULO II

2.1. MARCO TEORICO

2.1.1. Introducción del cacao

El cacao es una fruta tropical, sus cultivos se encuentran mayormente en el Litoral y en la Amazonía. Es un árbol con flores pequeñas que se observan en las ramas y producen una mazorca que contiene granos cubiertos de una pulpa rica en azúcar. La producción de cacao se concentra principalmente en las provincias de Los Ríos, Guayas, Manabí y Sucumbíos. En el país se cultivan dos tipos de cacao: el Cacao CCN-51 y el denominado Cacao Nacional. Es un Cacao Fino de Aroma conocido como “Arriba”, desde la época colonial. Ecuador es el país con la mayor participación en este segmento del mercado mundial (un 63% de acuerdo con las estadísticas de ProEcuador). Otro dato muy importante es que, en el 2011, Ecuador recibió el premio como "mejor cacao por su calidad oral" y "mejor grano de cacao por región geográfica" en el salón du Chocolat en París, Francia (Guerrero 2015).

2.1.2. Historia del cacao

Tradicionalmente se ha sostenido que el punto de origen de la domesticación del cacao se encontraba en Mesoamérica entre México, Guatemala y Honduras, donde su uso está atestiguado alrededor de 2,000 años antes de Cristo (Anecacao 2015).

No obstante, estudios recientes demuestran que por lo menos una variedad de Theobroma Cacao tiene su punto de origen en la Alta Amazonía y que ha sido utilizada en la región por más de 5,000 años.

(Anecacao 2015) sostiene que la cultura del cacao en Ecuador es antigua, se sabe que, a la llegada de los españoles en la costa del Pacífico, ya se observaban grandes árboles de cacao que demostraban el conocimiento y la utilización de esta especie en la región costera, antes de la llegada de los europeos.

Así mismo (Anecacao 2015) señala que en el Ecuador actual se cultivan algunos tipos de cacao, pero la variedad conocida como “Nacional” es la más buscada entre los fabricantes de chocolate, por la calidad de sus granos y la finura de su aroma.

Sin embargo, la llegada de enfermedades severas como la moniliasis o la escoba de bruja, hace unos 100 años, engendró la introducción masiva de cacao extranjero, proveniente particularmente de Venezuela.

Estos cacaos se cruzaban con la variedad local, dando híbridos vigorosos y productivos, pero cuyos frutos tenían una calidad aromática menor que la original. Se pensó entonces que se debería poder encontrar los representantes de esta variedad ancestral, que se estaba paulatinamente perdiendo en el proceso de hibridación y poder así volver a recrear las variedades productivas con un gusto equivalente a la variedad nativa Nacional.

La hipótesis de la existencia de una variedad ancestral pudo ser verificada gracias al análisis de las colecciones antiguas de los diferentes cacaos del Iniap y de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo (UTEQ). Estas colecciones corresponden a los árboles cultivados en toda la zona costera del Ecuador. Mediante los métodos de análisis de ADN desarrollados por el CIRAD, algunos árboles fueron identificados como los ancestros probables de todo el “Pool híbrido” actualmente cultivado en Ecuador. Los estudios de paternidad confirmaron esta hipótesis (Anecacao 2015).

Sin embargo (Anecacao 2015), el origen del cacao Nacional era todavía desconocido, por lo que hubo que recurrir a nuevos análisis de ADN para buscar pistas entre las distintas variedades nativas. Existen poblaciones de cacao salvaje en toda la región amazónica, desde Colombia hasta la Guyana y Brasil.

Desde hace varias décadas se ha hecho la búsqueda de estos tipos en estado natural. El material vegetal producto de esta amplia prospección se conserva actualmente en varias colecciones locales e internacionales. El proyecto de investigación tuvo acceso a estos materiales y pudo efectuar la comparación de las huellas genéticas de ADN del material salvaje con los representantes de la variedad nativa Nacional (Guerrero 2015).

Esta comparación permitirá demostrar el gran parentesco existente con algunos árboles colectados hace más de 30 años en la región amazónica de Zamora Chinchipe, en el sur del Ecuador y los análisis de ADN volvieron a dar su veredicto.

A pesar de que en la actualidad su cultivo se encuentra más desarrollado en la región costera del Pacífico, la región oriental de Zamora Chinchipe resulta ser entonces el centro de origen de la domesticación probable de la variedad Nacional. Los intercambios entre sociedades amazónicas y costeras podrían explicar esta migración que parece ser muy antigua (Anecacao 2015).

“El primer europeo en descubrir los granos de cacao fue Cristóbal Colón, al llegar a lo que hoy es Nicaragua durante su cuarto viaje” (Guerrero 2015).

Más de un milenio antes del descubrimiento de América, las culturas Toltecas, Mayas y Aztecas ya lo cultivaban. Usaban el cacao como moneda, y para preparar una bebida deliciosa, el “xocolat”, como descubría Hernán Cortés, cuando Moctezuma II organizaba banquetes en su honor. Pero por su sabor amargo, tardó casi un siglo en ser introducido en Europa y empleado para hacer una bebida (Anecacao 2015).

Dominado por España, el negocio del cacao fue rentable a mediados del siglo XVI, lo que potenció el cultivo en lo que hoy es la costa ecuatoriana. En 1600 había ya pequeñas siembras a orillas del río Guayas. Este cacao tenía una fama especial por su calidad y aroma floral típico, proveniente de la variedad autóctona que hoy llamamos Aroma Nacional o Sabor Arriba. En 1789, la Cédula Real obtiene la facultad de exportar el cacao desde Guayaquil, en lugar del Callao (Anecacao 2015).

(Anecacao 2015) sostiene que, en las primeras décadas del siglo XIX, más del 50% de la producción de cacao se encontraba en Venezuela. En la década de 1820, los portugueses introducen la pepa de oro en Ghana y otros países del centro de África. En ese entonces, la tercera parte de la producción mundial de cacao era consumida por los españoles. Durante el mismo siglo, se empieza a extender el cultivo en Brasil.

A finales del siglo XIX, los suizos producen el primer chocolate en leche. Los chocolates suizos conquistan cantidades de premios en festivales internacionales, dando origen a la industria que conocemos hoy en día (Anecacao 2015).

2.1.3. Origen y taxonomía

La planta de cacao es un árbol nativo de las regiones tropicales húmedas de la parte norte de América del sur y según algunos estudios realizados de América central; de hecho, todavía hay cierta controversia sobre el origen y domesticación del mismo. El origen de la domesticación, del cultivo, del consumo y por ende de la exportación del cacao se remonta hacia los indígenas, aztecas y mayas en México y Centroamérica, inclusive antes del descubrimiento de América (De La Cruz, 2010).

Desde principios del año 1600 existían ya pequeñas plantaciones de cacao ubicadas a orillas del río Guayas y se expandían hacia orillas del Daule y el Babahoyo. Esta es la variedad que da origen al cacao denominado nacional, que es reconocida mundialmente por su aroma floral, es producido exclusivamente en Ecuador (Pinto 2011).

El árbol de cacao es perteneciente al Orden Malvales, Familia Malvácea, subfamilia Esterculiáceas, Genero Teobroma, especie Teobroma cacao L. la denominación de la clasificación taxonómica científica fue dada por el botánico Carlos Linneo, quien lo llamó Teobroma. La especie Teobroma cacao es la más conocida del género debido a su actual distribución e importancia económica y social en el mundo (Córdoba 2011).

2.1.4. Botánica del cacao

2.1.4.1. Planta

El árbol de cacao es leñoso, puede medir de 4 a 6 m y tiene un crecimiento horizontal y vertical, con brotes orto trópico o chupón que se desarrollan rápidamente. - Las ramas presentan un crecimiento predominantemente plagio trópico o en abanico (Rios 2015).

2.1.4.2. Sistema radicular

El cacao posee una raíz pivotante y puede medir más de 2 metros de profundidad, el cual ayuda para la recolección de los nutrientes y de un amplio sistema superficial de

raíces laterales distribuidas alrededor de 15 cm abajo del área del suelo para su mejor sostenimiento de la planta (Mosquera 2016).

La planta de cacao presenta un sistema radicular alorrizo, ya que tiene una raíz vertical cuyo origen lo constituye la radícula del embrión, alcanza hasta dos metros de profundidad y la función principal es dar anclaje y sostén a la planta; las raíces laterales o secundarias cuyo desarrollo ocurre en los primeros 30 a 50 cm de profundidad, dando origen a una serie de raicillas más finas y muy activas que son utilizadas por la planta para absorber nutrientes y agua, necesarios para realizar los procesos fisiológicos (Dubón 2011).

2.1.4.3. Tallo y ramas

La planta de cacao se diferencia de otras especies por ser cauliflora, ya que forma flores y frutos en el tronco y ramas. Otra característica que presenta la planta es un marcado dimorfismo de crecimiento en las ramas, es decir, primero el crecimiento es vertical, denominado ortotrópico y constituye el tallo y los chupones; seguido de un crecimiento de ramas verticiladas hacia los lados (crecimiento plagiotrópico), que forma una estructura conocida como horqueta, técnicamente conocida como verticilo (Dubón 2011).

El cacao de tipo criollo normalmente desarrolla un verticilo de tres a cinco ramas laterales, las cuales presentan un espacio bien marcado entre sus puntos de origen. En el cacao forastero las ramas laterales del verticilo salen de un mismo punto. En ambos casos, cuando el árbol llega a adulto, las bases de las ramas laterales forman un solo anillo (Zambrano 2010).

2.1.4.4. Hojas

Las hojas son perennes, están colocadas en dos filas una en cada lado de la rama, son grandes, simples, elípticas u ovaladas, mide 20 cm de largo por 4 a 15 cm de ancho, punta larga, levemente gruesas, son de color verde oscuro en el haz y más claro o pálido en el envés, y están sostenidas por un peciolo (Mosquera 2016).

2.1.4.5. Flores

2.1.4.5.1. Biología floral

Según Veraz (1993) citado por López & Deras (2017) las flores de cacao son pequeñas, carecen de nectarios, son de color rosado a blanco y hermafroditas (dos sexos), pentámera, de ovario súpero, esto indica que la flor del cacao está constituida en su estructura floral por cinco sépalos, cinco pétalos, el androceo conformado por diez filamentos de los cuales cinco son fértiles (estambres) y los otros cinco son infértiles (estaminoides), el gineceo (pistilo) está formado por un ovario súpero con 5 lóculos fusionado desde la base donde cada uno puede contener de 5 a 15 óvulos.

2.1.4.5.2. Antesis

La biología reproductiva comienza en la formación del botón floral, el cual inicia su apertura en horas de la tarde y continúa abriendo durante la noche, hasta que termina de abrirse completamente en horas tempranas de la mañana del día siguiente. Una vez abierto el botón floral, las anteras que contienen los sacos polínicos se abren y liberan el polen, y minutos más tarde el estilo y estigma son receptivos a este. El grano de polen del cacao tiene una viabilidad relativamente corta, normalmente 48 horas (Wood, 1982) citado por (López & Deras 2017).

2.1.4.5.3. Fecundación

Según López & Deras (2017) la fecundación se da cuando un insecto lleva el polen del estambre al estigma, luego el polen viaja a través del tubo polínico hasta el óvulo, este proceso puede demorar de 24 a 72 horas en fecundar la flor. Una característica especial de la flor de cacao es su punto de absorción, que provoca su desprendimiento uno o dos días después, si no es fecundada; de un 3% a 5 % llega a fecundarse, de manera que la fecundación no es muy eficiente.

Un factor que influye en el bajo porcentaje de fecundación es la estructura muy singular que posee la flor, cuyo diseño impide la autopolinización, además, las tecas están protegidas o cubiertas por una estructura que forma los pétalos, conocida como cogulla (capuchón petal). Este tipo de morfología convierte al cacao en una especie de

polinización cruzada. Este intercambio de polen de una flor a otra se realiza en un 95% por insectos del género *Forcipomya*, que es un microdíptero muy activo especialmente en horas tempranas de la mañana (Wood 1982) citado por (López & Deras 2017).

2.1.4.6. Fruto

Los frutos de cacao maduran entre 5 y 6 meses después de la polinización. Poseen un mesocarpio de contextura lisa o arrugada que se divide en cinco carpelos interiormente. Los frutos son de tamaño y forma muy variable, generalmente son una baya de 30 cm de largo y 10 cm de diámetro. Tienen forma elíptica y son de diversos colores al madurar (rojo, amarillo, morado y café contienen entre 20 y 40 semillas que están cubiertas de una pulpa mucilaginosa de color blanco, cuyos cotiledones pueden ser de color blanco y/o violetas. Las semillas una vez secas alcanzan pesos entre 0,8 y 1,5 gr cada una (López 2009) citado por (Molina 2012).

2.1.4.7. Semilla

La semilla está cubierta por una pulpa ácida azucarada llamada arilo o mucilago, conocida como baba en nuestro país, el tamaño, forma y color de la semilla puede variar al tipo de cacao, la testa o envoltura es gruesa, con una cutícula dura de bajo de la cual se encuentra los dos cotiledones que protegen al embrión (INTA 2009).

En los frutos se pueden encontrar entre 20 a 60 semillas o almendras, cuyo tamaño y forma varían según el tipo genético. En el cacao criollo las semillas tienen de 3 a 4 cm de largo, casi ovaladas, alargadas, de color blanco o rosado violeta pálido. En el cacao forastero las semillas tienen de 2 a 3 cm de largo con formas aplanadas, redondeadas y de color violeta púrpura. La semilla del cacao está constituida por dos cotiledones y un embrión que está protegido por ambos cotiledones. El endospermo es sumamente reducido y toma la forma de una membrana conocida como testa, la cual es delgada y envuelta en su periferia por una pulpa llamada mucílago, de sabores variables según su procedencia genética, generalmente más azucarados en los tipos criollos y más ácidos en los forasteros (Wood, 1982) citado por (López & Deras 2017).

2.1.4.8. Germinación de la semilla

La semilla de cacao esta lista para germinar desde que el fruto está maduro. La madurez fisiológica de la semilla se alcanza mucho antes que el fruto este maduro. La germinación de la semilla es epigea, se produce generalmente de cuatro a seis días. Los cotiledones salen a la superficie de diez a quince días después de la siembra, aparecen al principio revestido por el tegumento de la semilla que se desprende en seguida, con lo cual pueden abrirse. El hipocótilo y los cotiledones expuestos a la luz enverdecen poco a poco. Las primeras hojas verdaderas aparecen con el desarrollo, de diez a quince días después de la germinación (López & Deras 2017).

2.1.5. Tipos de cacao en el Ecuador

Se han clasificado en tres tipos, tomando en cuenta su origen y sus características genéticas, y el clon CCN- 51 que ha sido obtenido mediante una hibridación y tiene las siguientes características morfológicas (INIAP 2009).

2.1.5.1. Los criollos

Se caracterizan por poseer estaminoides rosados, mazorcas verdes o rojas y las semillas son de color blanco (Mendoza 2015).

El apelativo “criollo” (indígena) fue en su origen atribuido por los españoles al cacao cultivado inicialmente en Venezuela, en América Central y México y cuyos granos de cotiledones blancos proporcionaban un chocolate de superior calidad (Braudeau 1970). El cacao criollo se caracteriza por tener estaminoides rosados, mazorcas verdes o rojas del tipo cundeamor, de superficie rugosa y surcos profundos; posee entre 20 y 30 semillas de color blanco ó crema, alto contenido de grasa, sin astringencia y bastante aroma; son usados en la industria cosmética. Los principales tipos criollos incluyen cacao Pentágona, cacao Real y cacao Porcelana (Arguello *et al.* 2000) citado por (Martínez 2007).

2.1.5.2. Los forasteros amazónicos

Se caracterizan por presentar estaminoides con pigmentación purpura, mazorcas verdes, semillas de color purpura con alta astringencia y bajo contenido de grasas y La

variedad Nacional originaria de Ecuador se caracteriza por ser un cacao fino y de gran aroma y también pertenece a este grupo (Mendoza 2015).

Los cacaos forasteros, conocidos también como cacaos Amazónicos y/o amargos son originarios de América del Sur. Su centro de origen es la parte alta de la cuenca del Amazonas en el área comprendida entre los ríos Napo, Putumayo y Caquetá. Esta población es la más cultivada en las regiones cacaoteras de África y Brasil y proporcionan más del 80 % de la producción mundial. El cacao forastero es muy variable y se encuentra en forma silvestre en la alta (Perú, Ecuador y Colombia) y baja Amazonia (Brasil, Guyanas y a lo largo del río Orinoco en Venezuela), presenta estaminoides con pigmentación púrpura, mazorcas verdes con más de 30 semillas, de color púrpura, con alta astringencia y bajo contenido de grasa. A este grupo pertenecen todos los cacaos comerciales del Brasil, oeste Africano y este de Asia, así como el cacao nacional del Ecuador, y líneas del bajo Amazonas de tipo amelonado que incluye Iquitos, Nanay, Parinari, y Scavina. Tal vez resulte útil hacer una distinción entre los cacaos ordinarios que se establecieron desde hace bastante tiempo en África Occidental y Brasil y los Forasteros Amazónicos que se han originado de colectas recientes (Martínez 2007).

2.1.5.3. El Trinitario

Se caracterizan por presentar semillas de un color morado variable, mazorcas verdes o rojas, su grosor de la cascara es delgada, su número de semillas es de 30 a 45 y su fermentación es de 5 a 6 días (Noriega de la Cruz 2012).

Este grupo se usa como material de injerto para multiplicarlo sin perder sus características, las mejores cruces combinan el sabor del cacao criollo con la rusticidad del Forastero, produciendo cacao de mucha demanda por su aplicación en los chocolates de alto grado de “sabor” (Martinez 2007).

2.1.5.4. Clon CCN-51

Se hace referencia a la historia de la obtención del clon CCN-51 donde fue desarrollado por el agrónomo ambateño Homero Castro Zurita graduado en el año de

1952 como Especialista en cacao en Turrialba-Costa Rica y regresa ese mismo año a su país Ecuador, en donde inicia sus investigaciones científicas (Santos 2012).

En la actualidad el CCN-51 ha ocupado un lugar en la industria y para las zonas cacaoteras ecuatorianas como una alternativa para la renovación de plantaciones de cacao por tener un excelente comportamiento, con una buena productividad y una resistencia a enfermedades (Morante 2014).

2.1.5.5. Cacao Nacional

El árbol llega a medir aproximadamente 8 metros de alto, sus hojas son grandes y colgantes, de forma elíptica u oblonga y de punta larga. Las flores son diminutas, crecen en racimos a lo largo del tronco y de las ramas, son de color rosado o blanco y tienen forma de una estrella de cinco puntas. El fruto del cacao es grande, carnoso y oblongo u ovado, amarillo o púrpuro al madurar, puntiagudo y con surcos longitudinales, el fruto cuelga desde el tronco y puede medir entre 15 y 20 cm. de largo y entre 7,5 y 10 cm. de ancho. Se caracteriza por tener un intenso aroma al consumirlo fresco, tiene una pulpa blanca y babosa; al chupar las semillas se puede sentir una mezcla de sabores entre dulce y ácido, y muy refrescante. En la Amazonía ecuatoriana se produce la variedad de cacao Nacional, cuyas características de sabor, textura, aroma y color, son únicas en el mundo, siendo reconocidas internacionalmente con la clasificación de “Cacao Fino de Aroma”. El sabor floral característico de este cacao se logra únicamente en territorio ecuatoriano gracias a su ubicación geográfica y a la cantidad de luz solar anual que recibe (Ministerio de cultura y patrimonio 2016).

2.1.6. Labores culturales

2.1.6.1. Preparación del Suelo

Según Jumbo (2017), el suelo es el medio fundamental en el desarrollo de cacaotales. Se debe proteger contra los rayos directos del sol ya que éstos degradan rápidamente la capa de humus que puedan contener. Por ello se recomienda un adecuado uso de sombra y el mantenimiento de la hojarasca, no practicar labores profundas y cortar las malas hierbas lo más bajo posible. La hojarasca y la sombra ayudan a mantener humedad durante los meses de sequía.

El cacao es una planta muy sensible a terrenos encharcados por lo que se recomienda el empleo de drenajes adecuados que impidan el anegamiento. Se recomienda la construcción de canales que recolecten y conduzcan el exceso de agua de lluvia para evitar que ésta elimine la hojarasca y el horizonte húmico del suelo (Jumbo 2017).

2.1.6.2. Propagación Vegetativa

El injerto del cacao debe realizarse en patrones vigorosos y sanos obtenidos de semilla, desarrollados en recipientes o en el campo. Los árboles más viejos se pueden injertar, siempre que los injertos se hagan en varetas jóvenes ya presentes o en brotes que se producen después de que las plantas han sido podadas hasta una altura de 30 a 50 cm.

- Injerto por aproximación. Es demasiado laborioso y costoso en la práctica comercial. También se emplea el injerto de astilla o enchapado y el Forkert modificado.
- Injerto con yemas. Es una de las técnicas más empleadas. Las yemas se deben tomar de aquellos brotes que se encuentren en árboles sanos y vigorosos. Las varetas de yemas deben ser aproximadamente de la misma edad que los patrones, pero las yemas deben ser firmes y listas para entrar en desarrollo activo. El injerto en yema no debe hacerse en época de lluvias ya que se puede favorecer el desarrollo de enfermedades fúngicas.
- Empleo de estacas. - En la multiplicación de árboles por estacas o injerto de yemas se obtiene una mayor uniformidad de la plantación, árboles más fuertes y que se pueden podar para darles una mejor estructura, debido a que las ramas tienen más espacio en el cual desarrollar. Se obtienen mejores rendimientos por superficie, concentrando la producción en las zonas más próximas al suelo y por tanto reduciendo los costos de recolección. Los inconvenientes de este tipo de propagación son los elevados costos de obtención y de cuidado de los árboles (Rosas & Cabrera 2010).

2.1.6.3. Propagación por Semilla

Es la forma más antigua y común para el establecimiento de plantaciones de cacao, pero se obtiene una gran variabilidad de árboles, por lo que no se recomienda su utilización salvo cuando se empleen semillas de elevada calidad. En los últimos años se han recomendado las siembras con semilla certificada, debido al buen comportamiento de los árboles provenientes de semilla de polinización controlada, usando clones seleccionados. Estos híbridos han mostrado una gran precocidad en la fructificación y un desarrollo vigoroso de las plantas. La semilla híbrida se produce polinizando en forma controlada manipulando las flores de los clones seleccionados durante la fecundación (Rosas & Cabrera 2010).

2.1.6.4. Siembra

Una vez se ha preparado el terreno, se realiza la siembra según el diseño, época del año, disposición de mano de obra y materiales. Las principales labores para esta etapa son: adecuación del terreno, limpieza de rastrojos o chapia baja, trazado y estaquillado para cacao y árboles acompañantes según distancias de siembra y finalmente, el hoyado para la siembra del cacao y los árboles acompañantes. (De la Cruz *et al.* 2015)

Para la siembra la Agencia Ecuatoriana de Aseguramiento de la Calidad del Agro (AGROCALIDAD, 2009) acota que las distancias a tomar en cuenta para el cultivo de cacao son:

- **Distancia de siembra en cuadro:** para terrenos planos, sembrar a una distancia de 3x3m (Densidad 1111 plantas/ha).
- **Distancia de siembra en triángulo:** para terrenos en pendientes, sembrar a una distancia de 4x3m (Densidad 833 plantas/ha).
- **Otras distancias:** para zonas con baja luminosidad, sembrar a una distancia de 4x4 (Densidad 625 plantas/ha), o sembrar a una distancia de 4x5 (Densidad quedan 500 plantas/ha).

Los hoyos para la siembra del cacao y los árboles acompañantes deben medir 40 x 40 x 40 centímetros, y al fondo, se debe agregar una palada de abono, lombri-humus, bokashi o estiércol seco de vaca. Esto facilitará el desarrollo de las raíces de las plantas.

Primero se siembran las plantas de sombra permanentes como las maderables y los frutales. Después le sigue el cacao, y de último los árboles de sombra temporal como el gandul o musáceas.

Después se rellena el hueco y se hace presión con las manos para no dejar espacios en el interior. En suelos pesados o compactos se hacen hoyos más grandes y hondos, se le agrega mayor cantidad de abono al fondo (Jumbo 2017).

2.1.6.5. Control de Malezas

Se realiza con la finalidad de evitar no solamente la competencia por nutrientes, sino también de agua, espacio y luz. En esta labor se debe emplear el machete que nos permite el corte de malezas al ras del suelo sin dañar las raíces de los cacaotales ya que estas se encuentran muy superficialmente. También se puede emplear la “moto guadaña” en los terrenos que no sea pedregales. Por ningún motivo se deben emplear los “azadones” ya que estos perjudican a las raíces de los cacaotales (Torres 2012).

2.1.6.6. Sombrío

Según Sánchez *et al.* (2014) señala dos tipos de sombra que se pueden aplicar en el cultivo de cacao.

Sombra temporal

El mismo autor Sánchez *et al.* (2014) señala que brindar sombra temporal a las plantas de cacao jóvenes les ayuda a obtener un crecimiento más rápido, contribuye a reducir la evapotranspiración y genera cobertura ante la radiación solar directa. Las especies de sombra temporal se deben plantar con anticipación dependiendo del tipo de especie que se emplee esto puede ser de entre 1 mes a 6 meses antes del trasplante de las plántulas. Estos cultivos solo se quedan en la parcela hasta que el cacao desarrolle

totalmente su follaje, en algunos países la duración de la sombra puede variar entre 2 a 5 años.

Las plantas empleadas como sombra temporal deben tener las siguientes características:

- Ser precoz, rústica y de rápido crecimiento
- Tener porte erecto y presentar resistencia al viento
- Poseer buena copa para disminuir la acción de los rayos solares
- Tener buena aptitud como mejorador de suelo
- No ser huésped de plagas del cacao
- El sistema radicular debe ser poco desarrollado, para evitar competencia
- En lo posible debe tener valor comercial

Sombra permanente

Este tipo de sombra debe sustituir a la sombra temporal cuando el cultivo de cacao se haya desarrollado lo suficiente. La sombra permanente regula la temperatura, humedad y luz dentro del cacaotal. Además, se deben seleccionar árboles que no alojen plagas ni enfermedades que puedan afectar al cacao. Los árboles de sombra permanente mejoran las propiedades del suelo incrementando la materia orgánica y facilitando el drenaje.

En cultivos empleados como sombra permanente se recomienda que tengan las siguientes características:

- Tener una copa que permita el ingreso de los rayos solares
- Tener un sistema radicular profundo, no competitivo con el cacao por agua y nutrientes
- Ser de rápido crecimiento, durable y de buena capacidad de regeneración
- Tener tolerancia a la acción de los vientos
- No debe ser hospedero de plagas que causan daño al cacao (Sánchez *et al.* 2014).

2.1.6.7. Materia orgánica

El cacao requiere suelos muy ricos en materia orgánica, profundos, francos arcillosos, con buen drenaje y topografía regular. El factor limitante del suelo en el desarrollo del cacao es la delgada capa húmica. Esta capa se degrada muy rápidamente cuando la superficie del suelo queda expuesta al sol, al viento y a la lluvia directa. Por ello es común el empleo de plantas leguminosas auxiliares que proporcionen la sombra necesaria y sean una fuente constante de sustancias nitrogenadas para el cultivo (Quiroz 2010).

2.1.6.8. Riego

Se utiliza los porcentajes de sombreo adecuados para evitar una pérdida excesiva de humedad en el suelo. Suministrarse el agua teniendo en cuenta las condiciones del clima y suelo. Alcanzando un promedio anual entre 500 y 1,000 mm de riego al año (MAGAP 2011).

2.1.6.9. Drenaje

Es la capacidad del suelo para eliminar el exceso de agua y está determinado por las condiciones climáticas, inundaciones, topografías y capacidad de retención de agua del suelo.

En zonas bajas y planas con riesgo de encharcamiento o inundación, deben hacerse drenajes para evacuar el exceso de agua y preservar el cultivo (AGROCALIDAD 2009).

2.1.7. Requerimientos Nutricionales de la Planta

ANACAFE (2015) manifiesta que en el trasplante se debe poner abono orgánico o fertilizante en el fondo. Seguidamente a los 3 meses de la siembra es conveniente abonar con un kilogramo de abono orgánico. 100 gramos de un fertilizante como 20-10-6-5- alrededor de cada plantita, en un diámetro de 80 cm aproximadamente.

Durante el primer y segundo año las necesidades por planta son de 60 gr de nitrógeno, 30 gr de P₂O₅, 24 gr de K₂O y 82 gr de SO₄. Del tercer año en adelante, el abonado se debe hacer basándose en un análisis del suelo.

En general se aconseja aplicar los fertilizantes en tres o cuatro aplicaciones, con la finalidad de evitar pérdidas de elementos por evaporación o escurrimiento, facilitándose así a la planta los elementos nutritivos en las épocas más adecuadas para un mejor aprovechamiento (ANACAFE 2015).

Quiroz (2010) menciona que el cultivo de cacao es muy susceptible a la falta de agua y nutrimentos, así “La deficiencia de agua y nutrientes en el suelo, trae como consecuencia una reducción en el tamaño de las mazorcas y de las almendras.”

El autor hace referencia a la alta sensibilidad que tiene el cacao en relación con el agua y los nutrientes, los cuales le sirven a la planta para su metabolismo y generación de los cotiledones de calidad que interesan al productor.

2.1.8. Podas

Sánchez *et al.* (2014) argumenta que en todos los países productores de cacao en América Latina y el Caribe se recomienda practicar podas con el objetivo de conseguir plantas saludables, de alta calidad productiva y con ello fomentar mejores rendimientos. Según (MAGAP, 2011), la planta después de cada poda su estrés, para que no ocurra esto es recomendable la aplicación de VAPOR GARD dosis 1 l/ha en mezcla con SEAWEED EXTRACT 1 l/ha o NEW FOL PLUS 350 g/ha. Es así como, el productor cacaotero puede realizar cinco tipos de podas al cultivo:

2.1.8.1. Poda de formación

Este tipo de poda se realiza durante los dos primeros años del cultivo y tiene por objetivo orientar su estructura; de forma tal, que le permita a la planta aprovechar todo el espacio que se le ha asignado para su crecimiento: eliminando ramas entrecruzadas y agobiadas o con crecimiento hacia el suelo, procurando un adecuado diseño o arquitectura y balance del árbol. Se debe procurar que exista una penetración adecuada de la luz para la producción futura del fruto.

La poda realizada a tiempo, disminuye las condiciones para el desarrollo de plagas y enfermedades. Resulta importante curar las heridas durante la poda, evitar heridas

innecesarias en el árbol; así como, el uso de herramientas adecuadas y su debida desinfección.

Un follaje bien repartido con muchas hojas captando luz es garantía para el desarrollo y futuro del cultivo (Sánchez *et al.* 2014).

2.1.8.2. Poda de mantenimiento

Sánchez *et al.* (2014) manifiesta que la poda de mantenimiento consiste en eliminar ramas muertas o mal ubicadas permitiendo mantener una altura adecuada y estructura equilibrada del árbol. Esto facilitará otras prácticas de manera eficiente. Es adecuado realizar la poda de mantenimiento de tres a cuatro veces al año.

También se recomienda eliminar chupones y realizar limpiezas generales para mantener la sanidad, buen desarrollo del árbol y la cosecha.

El principal objetivo de la poda de mantenimiento del cacaotal es conservar el desarrollo y crecimiento adecuado del cultivo.

2.1.8.3. Poda sanitaria

Según Sánchez *et al.* (2014) este tipo de poda se recomienda para eliminar todas las ramas defectuosas, secas, enfermas, improductivas, desgarradas, torcidas, cruzadas y las débiles que se presenten muy juntas; esto también comprende la recolección y eliminación de frutos dañados o enfermos.

Es recomendable realizar esta labor en cada cosecha que se realice.

2.1.8.4. Poda de rehabilitación

Este tipo de poda tiene como objetivo cambiar la estructura de la planta vieja o mal manejada y convertirla en una planta nueva productiva y tolerante a plagas y enfermedades. Por lo general se realiza en plantaciones de cacao abandonadas o mal atendidas que no han tenido manejo en varios años y sirve para recuperar su capacidad productiva. Básicamente consiste en eliminar las ramas secas, enfermas, rajadas, torcidas, frutos secos y enfermos. La realización de este tipo de poda es importante porque se prepara al árbol de cacao para que cada año brinde una cosecha sana (Sánchez *et al.* 2014).

2.1.8.5. Poda del sombrío

La poda se realiza en las especies de sombra para evitar que ramifiquen a baja altura e impidan el desarrollo de las plantas de cacao. Se podan una o dos veces al año para favorecer el manejo del cultivo. Se cortan las ramas bajas y sobrantes de las plantas de sombra permanente. El adecuado control de la sombra es muy importante para la obtención de buenos rendimientos del cacao, por lo que se recomiendan porcentajes de sombreado de aproximadamente el 30% hasta un máximo del 50% (Sánchez *et al.*, 2014).

2.1.9. Condiciones Climáticas

Según (MAGAP 2011), las condiciones adecuadas para la siembra consiste en lo siguiente:

2.1.9.1. Temperatura.

La más adecuada este alrededor de los 25,5 °C con mínimas de 21 y máximas de 30. Temperaturas muy altas inducen mucha floración, pero ocurre poca fecundación; temperaturas muy bajas disminuyen la floración, con el descenso de 9°C menos entre las horas de la tarde y la noche provoca que las mazorcas sufran de marchitez fisiológica (Chareilly Wilt) citado por (MAGAP 2011).

2.1.9.2. Precipitación

El cultivo requiere de 1.200 a 2.500 milímetros de lluvia bien distribuidas durante el año (ideal >100 mm por mes); por encima de este rango puede haber problema con los hongos que afectan los frutos y por debajo se requiere la aplicación de riego en ciertas épocas del año. La época seca no debe presentar más de tres meses con precipitaciones menores a 60mm. Es conveniente la aplicación de riego si durante dos meses consecutivos la precipitación es inferior a 60mm (MAGAP 2011).

2.1.9.3. Suelo

El suelo para cacao debe tener una profundidad efectiva mínima de 80 cm, pero es mucho más apropiada cuando alcanza 1,5 metros, con estructura porosa y espacios suficientes que permitan la infiltración y drenaje del agua. Al mismo tiempo, debe tener buen contenido de arcilla que permita buena retención del agua. En general los suelos de textura franca a franco arcillosa son los adecuados. Suelos muy arenosos, muy arcillosos

(con mal drenaje interno), con capas rocosas o con nivel de agua superficial (nivel freático alto), deben ser evitados para la instalación del cultivo, ya que las plantas no se van a desarrollar bien y darán cosechas limitadas. Los suelos arenosos no presentan buena retención de humedad ni disponibilidad de nutrimentos. Hay que determinar, además, la necesidad de construir zanjas de drenaje, especialmente en terrenos planos y en suelos pesados (arcillosos), puesto que el cacao no tolera suelos inundables. Por lo tanto, el nivel freático (profundidad a que se encuentra el agua en el suelo) debe estar por debajo de 1,5 metros. En zonas planas se debe sembrar en las áreas de bancos, ya que normalmente presentan suelos de textura media (franco). No se debe sembrar en bajíos y esteros, puesto que presentan texturas finas, son inundables y presentan mal drenaje (MAGAP 2011).

2.1.9.4. Humedad Relativa

Está en relación directa con la distribución de las lluvias y debe ser mayor al 70% bajo las condiciones del litoral ecuatoriano, la humedad relativa oscila entre el 70% a 80%. Un factor determinante que favorece el aumento de la humedad relativa y aumenta el ataque de plagas y enfermedades, es el manejo de la sombra permanente (Roberto 2010).

2.1.9.5. Luminosidad

Según Roberto (2010) considera que una intensidad lumínica menor del 50% del total de luz limita los rendimientos mientras que una intensidad lumínica ligeramente superior al 50% del total de luz lo incrementa.

En algunos países se reportan incrementos relativos del rendimiento, superiores al 180%, después de haber suprimido la sombra permanente, complementándolo con labores agronómicas de fertilización en tenores altos, y la regulación de sistemas de riego (Roberto 2010).

2.1.9.6. Altitud

La altitud está en relación directa con la temperatura, a medida que aumenta la altitud disminuye la temperatura. El rango óptimo se encuentra en los 0 - 750 msnm; fuera de este límite las plantas sufren alteraciones fisiológicas que afectan el potencial productivo lo que se refleja en un menor rendimiento y baja rentabilidad para el productor (Roberto 2010).

2.1.9.7. Viento

En plantaciones expuestas continuamente a vientos fuertes se produce la defoliación o caída prematura de hojas en donde la velocidad del viento es del orden de 4 m/seg, y con muy poca sombra, es frecuente observar defoliaciones fuertes. Comparativamente, en regiones con velocidades de viento del 1 a 2 m/seg no se observa dicho problema (Chagua 2009).

Es preciso utilizar cortinas cortavientos para así evitar daños, se puede hacer esto utilizando especies frutales o maderables y se las dispone alrededor del cultivo de cacao, sin embargo se debe tomar en cuenta que es necesario que corran ligeras brisas entre las plantas de cacao para así renovar masas de aire para un mejor aprovechamiento de CO₂ y también para reducir los excesos de humedad que en muchos casos son la causa de enfermedades fungosas que atacan al fruto (Torres 2012).

2.1.10. Control de Plagas

El cultivo de cacao demanda una lucha intensa contra las plagas, quienes dañan la productividad y calidad de todos los tipos de cacao. Tomando como referencia al Ecuador, las principales plagas de insectos que afectan al cultivo de cacao son (INIAP 2013) citado por (Jumbo 2017):

2.1.10.1. Pulgones, (*Aphididae*)

Succionan la savia de las hojas jóvenes, y se los encuentra de preferencia en ramas, flores, frutos y chupones recientes que crecen bajo sombra, además de ser vectores de enfermedades virales.

2.1.10.2. Hormigas arrieras, (*Atta*)

Las cuales cortan las hojas jóvenes del cacaotero solo las nervaduras de las hojas de los árboles y atacando también los cojinetes florales.

2.1.10.3. *Xyleborus* sp.

El barrenador penetra al interior del tronco de cacao formando galerías en su interior, el mayor daño lo ocasiona al actuar como vector del hongo de la enfermedad del mal de machete.

2.1.10.4. Chinchas del cacao, (*Cimex lectularius*)

Son insectos chupadores que afectan solo la corteza externa de las nervaduras, especialmente la parte inferior de las mismas las cuales no están expuesta al sol, cuando atacan mazorcas jóvenes pueden causar pérdidas por pasmazón.

2.1.10.5. Cochinillas, (*Dactylopius coccus*)

Afectan tallos, frutos, brotes y cojinetes florales, en frutos pueden ocasionar marchitamiento, deformación o retraso en la maduración, muchas veces están en simbiosis con hormigas.

2.1.10.6. Monalonium, (*Monalonium dissimulatum*)

Insectos chupadores que atacan a las mazorcas en cualquier edad y tamaño, ocasionando manchas en las superficies de la mazorca de color café oscuro, cuando el ataque es severo en mazorcas pequeñas produce su muerte.

2.1.11. Control de Enfermedades

Según Pico, *et al* (2012) citado por Jumbo (2017), las enfermedades más importantes del cacao son: Moniliasis (*Moniliophthora roreri*), mazorca negra (*Phytophthora sp*) y escoba de bruja (*Moniliophthora perniciosa*).

2.1.11.1. Moniliasis, (*Moniliophthora roreri*)

Enfermedad causada por el hongo *Moniliophthora roreri*, conocida como monilia, pudrición acuosa y helada; ataca a frutos en cualquier estado de desarrollo siendo más susceptibles cuando menor es su estado de crecimiento. Los síntomas empiezan con pequeñas manchas de color amarillo en mazorcas verdes; también se observan abultamientos y presencia de manchas pardas; en condiciones favorables crece el micelio del hongo formando una felpa blanca, produciendo una gran cantidad de esporas (cuerpos infectivos), que se caracterizan por el color blanco crema (Jumbo 2017).

2.1.11.2. Mazorca negra, (*Phytophthora palmivora*)

Es causada por un complejo de hongos del género *Phytophthora*, que atacan a diferentes partes del árbol de cacao como: cojinetes florales, chupones, brotes, hojas,

ramas, tronco y raíces; el principal daño se presenta en mazorcas en cualquier estado de desarrollo provocando pérdidas considerables a la producción (Jumbo 2017).

En la mazorca la infección aparece en forma de manchas de color café oscuras, iniciándose generalmente en los extremos invadiendo rápidamente toda su superficie; en estado avanzado aparecen minúsculos hilos entrecruzados que constituye el micelio que a simple vista tienen la apariencia de un algodoncillo blanquecino, donde se producen las esporas y otras estructuras reproductivas que actúan como fuentes de contaminación, dentro de la mazorca causan pérdida a la calidad del grano (Jumbo 2017).

2.1.11.3. Escoba de bruja. (*Crinipellis perniciosa*)

Esta enfermedad es causada por el hongo *Moniliophthora perniciosa*, ataca a diferentes partes del árbol como: brotes jóvenes, cojinetes florales, mazorcas y granos. Los síntomas más característicos aparecen en los brotes tiernos presentando crecimiento anormal y agrandamiento en el tejido que inicialmente es de color verde y a medida que avanza la enfermedad se seca, dando la apariencia de una escoba.

Los cojinetes florales también son infectados dando lugar a formaciones tipo estrella, las flores cuando son fecundados forman frutos similares a chirimoyas y zanahorias; las mazorcas sanas en desarrollo también pueden ser infectadas observándose crecimiento anormal (Jumbo 2017).

2.1.11.4. Mal de Machete (*Ceratocytis cocoafunesta*)

La enfermedad puede afectar principalmente a las ramas y troncos de árboles de cacao y de otras especies presentes en la finca. Se presenta inicialmente con marchitamiento de la parte afectada, las hojas se tornan amarillentas, y luego de color café rojizo, hasta secarse. Los árboles afectados pueden llegar a morir al poco tiempo de presentar sus primeros síntomas iniciales. Es característico que las hojas secas permanezcan adheridas a las ramas por cierto tiempo sin desprenderse (Andrade 2009).

López (2009) citado por Molina (2012), señala que esta enfermedad se propaga rápidamente, por lo que es necesario controlar de la siguiente forma:

Quemar los árboles muertos y sus raíces, abrir zanjas de 40 cm de profundidad alrededor del árbol para evitar que los hongos pasen a otras raíces. Durante la poda desinfectar las herramientas al cambiar de árbol al otro.

2.1.12. Cosecha y postcosecha

2.1.12.1. La cosecha

“Es la separación o corte de las mazorcas del árbol y en la recolección de los frutos de cacao maduros, que deben tumbarse y recolectarse cuando hayan alcanzado completa madurez. Esto ocurre a los 5 y 6 meses después de fecundada la flor” (Quiroz 2006).

2.1.12.2. Herramientas para la cosecha

- Machete
- Podón
- Tijeras

2.1.12.3. Tumba y recolección

Antes de tumbarlas y recolectarlas debemos ver si las almendras han alcanzado su madurez fisiológica, las mazorcas cambian de color según su procedencia genética; por ejemplo, el cacao nacional es estado inmaduro es de color verde, en la madurez se pone de color amarillo y las que tiene el color rojizo en su estado inmaduro como la variedad CCN51 cuando maduran, se ponen de color rojo anaranjado (Freire 2006).

Al tiempo que se cortan o tumban las almendras una vez maduras, también hay que ir eliminando aquellas que están dañadas y afectadas por enfermedades como monilia o escoba de bruja. Se tumba y recolecta todas las almendras y se las agrupa en un lugar para su posterior extracción de las semillas de dentro de la almendra (Agricultura 2004).

Una vez se tiene las mazorcas, con el machete se realiza un corte transversal o diagonalmente con un golpe del machete, procurando no cortar la semilla y se extrae las semillas y se las coloca en un saco para luego ser desvenado (Yerovi 2006).

Una vez sacado las semillas de la almendra estas son llevadas a un lugar donde se coloca todas las semillas recolectadas para ser desvenadas, se logra desprender las semillas de la placenta con los dedos de la mano, se coloca las semillas en recipientes

limpios. Se recomienda que las venas y cascara resultantes se esparzan en la huerta o se utilicen para elaborar abonos orgánicos (Freire 2006).

2.1.12.4. Postcosecha

Dentro de la postcosecha hay varios pasos a seguir los cuales describimos a continuación:

Fermentación

“La fermentación es un proceso de reacciones bioquímicas que transforman la materia viva en desechos (procesos catabólicos) de oxidación incompleta natural que se dan en muchos productos alimenticios por acción de agentes microbianos, para obtener, al final, un compuesto orgánico. Estos productos finales son los que caracterizan los diversos tipos de fermentación” (Freire 2006).

Cuando este proceso lo realizamos adecuadamente, se obtiene granos de calidad con color rojizos que tienen el sabor y el aroma típico del chocolate (Navarro 2006).

Hay muchos sistemas de fermentación, en sacos, en montones, pero los mejores resultados de almendras fermentadas se obtienen en cajones de madera, se colocan las almendras dentro de los cajones y se lo cubren con hojas de plátano o banano y se deja reposar durante 48 horas antes de la remoción. Una vez removidas las almendras se cubren nuevamente y se deja reposar otras 48 horas antes de sacar la masa al tendal. El objetivo del volteo es obtener un fermentado uniforme (MAGAP 2011).

Construcción de cajones fermentadores

Preferentemente se debe armar las cajas de madera, deben tener 0,80m x 0,80m y se debe hoyar el fondo de la caja para dejar salir los jugos de las almendras (Freire 2006).

El Secado

Terminado el proceso de fermentación del grano de cacao, es necesario someterlo al proceso de secado, el cual consiste en reducir la humedad con que sale el grano de cacao una vez finalizada la etapa de fermentación (55% aproximadamente) hasta un contenido de humedad final máxima del 7% que es la aceptada durante la fase de comercialización del grano de cacao seco, la cual permite conservar la calidad del grano

durante el almacenamiento y sin riesgo de deterioro por aparición de hongos (Mahecha & Revelo 2015).

2.1.13. La tarea de comercialización

2.1.13.1. Ventas

Guerrero (2015) sostiene que la comercialización de cacao se lleva a cabo a través de asociaciones de productores, intermediarios, comisionistas y exportadores. La estructura de los canales de comercialización de cacao difiere de una región a otra.

Los intermediarios tienen un contacto directo con el agricultor, unos se ubican en las poblaciones de las zonas de producción en las principales provincias; mientras que otros las recorren adquiriendo el grano; y, en muchas ocasiones, comercializan el cacao para otros intermediarios y comisionistas (Guerrero 2015).

En un extremo del espectro encontramos que el canal entre el productor y el exportador tiene por lo menos dos intermediarios: los pequeños acopiadores y los mayoristas.

El mismo autor indica que los pequeños acopiadores compran el grano directamente del agricultor visitando las fincas individuales.

En una etapa posterior, estos acopiadores venden lo adquirido a los mayoristas quienes, a su vez, revenden a los exportadores. En el otro extremo de la cadena de comercialización del cacao, el grano se vende directamente al exportador. Esto se lo hace a través de la participación de asociaciones o cooperativas de productores y, en ocasiones, estas agrupaciones gremiales exportan directamente (Guerrero 2015).

2.1.14. Productos procesados

2.1.14.1. Industrialización

El proceso industrial del cacao se inicia con la limpieza del grano para retirar todo tipo de material extraño; la procesadora tuesta el grano para que sobresalga el sabor y color a chocolate a una temperatura, tiempo y grado de humedad que dependerá del tipo de grano utilizado y el tipo de chocolate que se requiere producir (Guerrero 2015).

Guerrero (2015) señala que el proceso continúa en la descascaradora; se lo alcaliniza para desarrollar el sabor y color; y, se muele para producir licor de cacao. Como

cada empresa manufacturera utiliza más de un tipo de grano en sus productos, es necesario que se los prepare bien para poder mezclarlos en la fórmula. El licor que no se destina a la producción de chocolate para mesa, va a un proceso de filtración mediante el cual se separan las tortas, o sólidos de cacao, de la manteca de cacao.

La cantidad de manteca extraída del licor es controlada por el fabricante para producir diferentes tipos de torta por su contenido de grasa. El proceso toma ahora dos caminos diferentes: la manteca de cacao se utiliza para fabricar chocolate y la torta se pulveriza para producir polvo de cacao. Y entre los productos exportables al final están: cacao en grano, pasta de cacao, polvo de cacao, torta de cacao, manteca de cacao, chocolate y hasta la cáscara y demás residuos (Guerrero 2015).

2.1.15. Proecuador y Anecacao

2.1.15.1. Comercio Internacional

En lo que se refiere al comercio internacional de la llamada 'pepa de oro', como se conoce también al cacao ecuatoriano, existen dos entidades de apoyo a los exportadores, una de iniciativa estatal (ProEcuador) y una de gestión privada (Anecacao).

Según ANECACACO (2015) ProEcuador es el Instituto de Promoción de Exportaciones e Inversiones, parte del Ministerio de Comercio Exterior, encargado de ejecutar las políticas y normas de promoción de exportaciones e inversiones del país, con el fin de promover la oferta de productos tradicionales y no tradicionales, los mercados y los actores del Ecuador, propiciando la inserción estratégica en el comercio internacional.

ANECACAO, en cambio, es la Asociación Nacional de Exportadores de Cacao del Ecuador. Se trata de un ente con personería jurídica que abarca a todos los exportadores de cacao en grano y derivados que hayan manifestado interés en ser parte de esa organización de apoyo y representación internacional. Según sus estadísticas el 60% de la producción nacional es adquirida en los mercados de Estados Unidos de América, México y Holanda.

Ambos organismos dotan de herramientas muy útiles al productor, industrial o exportador al momento de realizar negocios internacionales con esta fruta y sus productos procesados (Anecacao 2015).

2.1.16. Exportaciones y precios

2.1.16.1. Mercado Exterior

Guerrero (2015), manifiesta que los precios del cacao están sujetos a constantes fluctuaciones, las cuales responden a factores de oferta y demanda, tales como nuevas plantaciones, aumento de inventarios, capacidad de molienda utilizada, condiciones económicas de los consumidores, elasticidades de ingreso, entre otras.

Además, se considera que los precios siguen un patrón de largo plazo, ligado al ciclo de producción del cacao que se estima dura entre 15 y 20 años.

El precio internacional del grano se determina de acuerdo con los precios establecidos en la Bolsa de Londres y de la Bolsa de Nueva York.

El mismo autor menciona que usualmente, el cacao se negocia a través de contratos 'forward' por medio de los cuales se acuerdan los precios, cantidades y calidades del grano que deben ser entregados en el momento de expirar el contrato.

Los cacaos finos se negocian en mercados secundarios y obtienen precios superiores a los ordinarios, puesto que se paga un premio por la calidad del grano. Este premio es mayor en la medida en que el precio del cacao ordinario es bajo y disminuye cuando aumenta la cotización internacional del cacao.

Actualmente el precio de una tonelada de cacao en el mercado internacional está en alrededor de USD 3 000. La fuente de la información corresponde a Inside Futures (Guerrero 2015).

2.1. Marco Conceptual

2.2.1. Caracterización

La caracterización es un tipo de descripción cualitativa que puede recurrir a datos o a lo cuantitativo con el fin de profundizar el conocimiento sobre algo. Para cualificar ese algo previamente se deben identificar y organizar los datos; y a partir de ellos, describir (caracterizar) de una forma estructurada; y posteriormente, establecer su significado (sistematizar de forma crítica) (Castro *et al.* 2009).

2.2.2. Caracterización morfológica

Según IPIGRI (2003) citado por Molina (2012), corresponden a los caracteres morfológicos que son relevantes en la utilización de las especies cultivadas. Pueden ser de tipo cualitativo o cuantitativo, e incluyen algunos de los caracteres botánicos-taxonómicos más otros que no necesariamente identifican la especie, pero que son importantes desde el punto de vista de necesidades agronómicas, de mejoramiento genético y de mercadeo y consumo. A manera de ejemplos de estos caracteres se puede mencionar la forma de las hojas; pigmentaciones en raíz, tallo, hojas y flores; color, forma y brillo en semillas; tamaño, forma y color de frutos; arquitectura de planta expresada en hábito de crecimiento y tipos de ramificación.

Por lo tanto, Hidalgo (2003) citado por Molina (2012), Señala que los caracteres morfológicos que son relevantes en la utilización de las especies cultivadas pueden ser de tipo cualitativo o cuantitativo, e incluyen algunos de los caracteres botánicos-taxonómicos más otros que no necesariamente identifican la especie, pero que son importantes desde el punto de vista de necesidades agronómicas, de mejoramiento genético, y de mercadeo y consumo. A manera de ejemplos de estos caracteres se puede mencionar la forma de las hojas; pigmentaciones en raíz, tallo, hojas y flores; color, forma y brillo en semillas; tamaño, forma y color de frutos; arquitectura de planta expresada en hábito de crecimiento y tipos de ramificación. En su gran mayoría, estos descriptores tienen aceptable heredabilidad local, pero son afectados por cambios ambientales.

También argumenta que la variabilidad que sólo se expresa como respuesta a estímulos ambientales bióticos (plagas y enfermedades) o abióticos (estrés por temperatura, agua, nutrientes). En general, la respuesta se expresa en características de tipo cualitativo.

Y señala que en el cacao los órganos más importantes para ser utilizados en la descripción morfológica son la flor y el fruto, por ser menos influenciados por el ambiente, le siguen en importancia las hojas, tronco, ramas, raíces.

Mientras tanto Hernández (2013) citado por López & Deras (2017), expone que la caracterización morfológica de recursos fitogenéticos es la determinación de un conjunto de caracteres mediante el uso de descriptores definidos que permiten diferenciar taxonómicamente a las plantas. Algunos caracteres pueden ser altamente heredables,

fácilmente observables y expresables en la misma forma en cualquier ambiente. Las características morfológicas se utilizan para estudiar la variabilidad genética, identificar plantas y para conservar los recursos genéticos. Por lo tanto, la caracterización es el primer paso en el mejoramiento de los cultivos y programas de conservación.

2.2. MARCO REFERENCIAL

2.2.1. Antecedentes investigativos

Coello & Haro (2012) con su trabajo denominado Caracterización de Sistemas Agroforestales Comúnmente Asociados al Cultivo de Cacao en la zona de Febres Cordero, provincia de Los Ríos, exponen que los sistemas de producción agrícola de las fincas que están basados en las tecnologías de manejo y los aspectos socio-económicos y socio-organizativos dominantes en la zona de influencia del estudio. Con la participación de 16 agricultores cacaoteros de las comunidades de Colombia Alta, Valparaíso, Colombia Baja, Nueva Esperanza, Rosa Elvira, La Admiración y La Envidia. El objetivo general de la investigación fue de caracterizar los sistemas agroforestales cacaoteros de las fincas de la zona. Los objetivos específicos fueron los siguientes: 1). Realizar diagnósticos participativos a los productores cacaoteros de la zona de Febres Cordero para conocer la situación actual de los aspectos productivos, sociales y económicos; 2). Caracterizar morfológicamente los tipos de cacao bajo sistemas agroforestales presentes en la zona de estudio; 3). Cuantificar la riqueza y abundancia de las especies presentes en los cacaotales; 4). Evaluar el rendimiento del cultivo de cacao bajo los sistemas agroforestales existentes y 5). Beneficio del sistema agroforestal al productor cacaotero.

2.2.2. Categorías de análisis

Para realizar este tipo de investigación se tomarán muestra de los siguientes caracteres:

- Hojas
- Flores
- Frutos
- Varetas

2.2.3. Postura teórica

Según la investigación realizada por López & Deras (2017), sobre Caracterización morfoagronómica *in situ* de cacao criollo (*Theobroma cacao* L.) en lugares de prevalencia natural y su incidencia en la selección de germoplasma promisorio, se ejecutó en el periodo de julio a diciembre 2016, en los municipios de Arcatao, Chalatenango; Tenancingo, Cuscatlán; San Luis Talpa y San Pedro Nonualco en La Paz y Ciudad Delgado en San Salvador, caracterizando un total de 47 árboles de cacao productivos. Se utilizaron descriptores morfoagronómicos propuestos por la Cocoa Research Unit University of West Indians (Trinidad y Tobago), el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias de México (INIFAP), y el Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas de Venezuela (INIA). Para la interpretación de datos se utilizó una estadística simple y análisis multivariado (López & Deras 2017).

Para realizar el trabajo de caracterización (Rosas & Cabrera, 2010) realizó este ensayo con el objetivo de conocer y caracterizar morfológicamente el germoplasma de la colección "C" de cacao seleccionados del campo de agricultores; en Tulumayo. El material genético fue constituido por 22 clones; se usaron 12 caracteres cualitativos y 06 caracteres cuantitativos seleccionados del CATIE, tanto para flores, mazorcas y semillas. Los datos obtenidos se procesaron utilizando estadística de tendencia central: promedio (\bar{X}), de dispersión, desviación estándar (S), coeficiente de variación (CV) y rango ($Li-Ls$) (Rosas & Cabrera 2010).

2.3. Hipótesis

2.3.1. Hipótesis general

La determinación de las características morfológicas en el cultivo de cacao a partir de las variables evaluadas, permitirán determinar las características generales en las fincas en el cantón evaluado.

2.3.2. Hipótesis específicas

- La caracterización de la planta de cacao determinará la indiferencia de los cultivos de cacao Nacional para la zona agrícola de la provincia de Los Ríos.
- La caracterización de la planta de cacao permitirá conocer la producción de los cultivos de cacao Nacional propia de su zona.

2.3.3. Variables.

- **Variables independientes:**
Fincas productoras de cacao en la zona evaluada.
- **Variable Dependiente:**
Morfología del cultivo de cacao en la zona avaluada.

CAPITULO III

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Metodología de la Investigación

Se trabajó con plantas de cacao mayores a cinco años, distribuidos en la zona de estudio: Babahoyo. De cada uno de los árboles se tomaron muestras de frutos, hojas, flores y varetas, para lo cual se utilizaron tijeras de podar, cortadores de yemas con extensor, bolsas plásticas, frascos de vidrio y plástico, hielera para el traslado de las muestras al laboratorio.

3.2. Modalidad de investigación

La presente investigación es definida como:

- Investigación de campo, ya que los datos a obtener fueron extraídos de la opinión y experiencia de personas que se dedican a la producción de cacao.
- Investigación Teórica, debido a que conceptos obtenidos de textos bibliográficos de diferentes autores, tales como artículos científicos, capítulos de libros, etc.
- Investigación Descriptiva, debido a que se describió una situación problemática existente en nuestro medio.

3.3. Tipo de Investigación

Descriptiva, Observacional, Inductiva - Deductiva.

3.4. Métodos, técnicas e instrumentos

3.4.1. Métodos

Para esta investigación se utilizó una lista específica de variables, tomando como referencia descriptores morfológicos y agronómicos para el cacao de la Cocoa Research Unit University of West Indians (University of the West Indies 2015), adaptados al catálogo de cultivares de cacao del Perú (García 2012), Catálogo de clones de cacao, seleccionados por el CATIE para siembras comerciales y el Documento características de calidad del cacao de Colombia; Catalogo de 26 Cultivares (Villamil, *et al.* 2013). El material fue codificado, según la variedad (Nacional) y el número con base al orden correlativo de encuentro y caracterización.

3.4.2. Técnicas.

Georreferenciación

De cada finca se obtuvo material e información, el cual fue georreferenciado, con el fin de ubicarlo con mayor facilidad en futuras investigaciones, para ello se utilizó el sistema de posicionamiento global (GPS).

3.4.3. Variables a evaluar.

Descriptores cualitativos y cuantitativos

Los descriptores cualitativos y cuantitativos seleccionados por sus características agro morfológicas en cacao son:

Descriptores cualitativos:

Forma del ápice de la hoja: Se determinó a partir de la forma que toma la hoja en la parte distal y comparado con la clave del descriptor para la hoja: acuminado largo, acuminado corto y agudo.

Forma de la base de la hoja: Se determinó a partir de la forma del limbo, y comparando con la clave del descriptor para la hoja: agudo, redondeado y obtuso.

Color de los brotes en la hoja: Se determinó de forma visual en campo, utilizando la clave del descriptor para la hoja: violetas, rojizos y verde claro.

Color del fruto inmaduro: Se recolectó el fruto en campo y luego se determinó la coloración en laboratorio, utilizando la tabla de Munsell y clave del descriptor para el fruto: verde, verde pigmentado y rojo.

Forma del fruto: Para esta actividad se observó la forma del fruto y se comparó con las figuras respectivas del descriptor las cuales pueden ser: elíptico, oblongo, ovalado, ovado, orbicular y oblado.

Ápice del fruto: Se determinó de forma visual en campo, utilizando la clave del descriptor para el fruto: atenuado, dentado, agudo, apezonado, obtuso y redondeado.

Cáscara del fruto: Se determinó de forma visual en campo la rugosidad, utilizando la clave del descriptor para el fruto: superficial, intermedio y profundo.

Color de la semilla: Se recolectó en campo, luego se extrajo la semilla del fruto y posteriormente se dividió el mucilago de la semilla, determinando así la coloración en laboratorio con ayuda de la tabla de Munsell, para frutales; encontrándose colores: violetas y blancos.

Color de los cotiledones: Se realizó un corte en la base de la semilla, identificándose los colores: blanco, rosado, violeta, morado y moteado.

Forma del corte longitudinal de la semilla: Se realizó un corte longitudinal en la semilla, identificándose las formas: oblonga, elíptica, ovada, irregular.

Forma del corte transversal de la semilla: Se realizó un corte transversal en la semilla, identificándose las formas: aplanada, intermedia, redondeada.

Color de la estructura floral: Para esta actividad se transportó las flores a laboratorio para sus estudios y posteriormente con la ayuda de un estereoscopio se identificó los diferentes colores de las estructuras florales, los cuales son:

- Color del pedicelo: 1 = verde, 2 = verde pigmentado y 3 = rojo.
- Antocianina en la lígula del pétalo: 0 = ausente 1 = presente.
- Antocianina en el filamento estaminal 0 = ausente 1 = presente.
- Antocianina en los estaminodios: 0 = ausente 1 = presente.

- Antocianina en la parte superior del ovario: 0 = ausente 1 = presente.

Constricción basal del fruto: se recolectó el fruto en campo para luego llevarse a laboratorio de gabinete para determinar la forma de la base, utilizando los descriptores morfológicos para fruto: ausente, ligero, intermedio y fuerte (García 2012).

VARIABLES CUANTITATIVAS:

Edad del árbol: La edad fue estimada según el testimonio de los propietarios o personas donde se realizó la colecta de los materiales.

Diámetro del tronco a la altura del pecho (DAP): Se determinó en campo, haciendo uso de una cinta métrica tomando la medida en la parte más alta de la pendiente del suelo, a una altura de 1.30 m.

Altura: Esta variable fue medida a través del método de unidades, para determinación de altura en árboles, el cual se fundamenta en primer lugar en visualizar un objeto con una medida conocida como referencia, colocada al pie del árbol; en segundo lugar, alejarse del árbol a medir, a una distancia que se visualiza la parte más alta del árbol; en tercer lugar, se hace encajar visualmente un objeto con la altura conocida, una vez logrado esto, se eleva el objeto tantas veces sea necesario para cubrir el árbol a medir, de esta forma se calculara la altura (Molina 2012).

Número de ramas: Se determinó de forma visual, realizando un conteo al número de ramas que sobresalen en el árbol de cacao.

Longitud del pecíolo: Para esta actividad se colectó hojas que serán llevadas a laboratorio y así determinar, con regla graduada en centímetros el largo del pecíolo.

Longitud de lámina foliar: Empleando una regla graduada en centímetros, se tomó medida desde la base hasta la punta de la lámina foliar de 15 hojas desarrolladas y completas, que fueron tomadas de la parte media de la copa del árbol.

Ancho de lámina foliar: Utilizando una regla graduada en centímetros, fue tomada la medida de la parte más ancha de la lámina foliar, tomando 15 hojas desarrolladas y completas como muestra, tomada de la parte media de la copa del árbol

Área foliar: Para esta labor, se utilizó un integrador de área foliar y dos acetatos; entre los acetatos se colocó la hoja y se pasa por el integrador, este midió la sombra generada por la hoja al pasar por la lámpara reflectora. Se tomó como promedio 15 hojas desarrolladas.

Número de frutos por árbol: Se realizó un conteo *in situ* de los frutos en el momento de la colecta, para cada uno de los árboles.

Longitud y diámetro de fruto: Para esta actividad se utilizó un pie de rey, midiendo el largo y ancho del fruto de tres a cinco frutos por árbol, para sacar un promedio de estas medidas.

Peso de fruto: Se utilizó una báscula semi analítica, para pesar en gramos y luego transformar a kilogramos.

Número de surcos por fruto: Se realizó un conteo de los surcos de un fruto por cada accesión.

Separación del surco: Se realizó midiendo con un pie de rey, la separación entre surcos que presento cada una de las muestras.

Profundidad de lomo: Se realizó cortando el fruto de forma transversal, midiendo la parte de mayor grosor en la cáscara, con un pie de rey en la muestra, utilizando de tres a cinco frutos por árbol.

Profundidad del surco: Se realizó cortando el fruto de forma trasversal, midiendo la parte de menor grosor, con un pie de rey en la muestra, utilizando de tres a cinco frutos por árbol.

Número de semillas por fruto: Se realizó la extracción de la semilla para posteriormente hacer un conteo directo de los mismos.

Longitud y Diámetro de la semilla: Se tomó los datos con pie de rey en centímetros, con el número de semillas que contiene un fruto.

Peso de la semilla: Para esto se utilizó una balanza semi analítica tomando como promedio, el número de semillas de un fruto.

Número de óvulos por ovario: Se determinó, extrayendo con alfileres, todos los óvulos de una flor, y posteriormente se realizó el conteo con el estereoscopio.

3.4.5. Instrumentos

Para el análisis de variables cualitativas, se usó la estadística descriptiva por medio de tablas; mientras que para las variables cuantitativas se aplicó estadística simple (media, desviación estándar y coeficiente de variación), y análisis multivariado, específicamente: análisis correlación, componentes principales y conglomerados, usando el paquete estadístico *Infostat*, el cual es un sistema global para el análisis de datos.

Análisis multivariado

Es una herramienta estadística que pretende analizar más de dos variables de cada individuo, es decir en sentido estricto, son una extensión de los análisis de una variable a muchas variables de forma aleatoria y que se pueden relacionar (Franco e Hidalgo 2003).

En términos generales, el análisis multivariado son todos aquellos métodos estadísticos que analizan simultáneamente medidas múltiples (más de dos variables) de cada individuo. En sentido estricto, son una extensión de los análisis univariados y bivariados que se consideran como tal si todas las variables son aleatorias y están interrelacionadas.

Análisis de correlación

Conocido como coeficiente de Pearson este ayudo a medir en términos relativos el grado de asociación entre las variables evaluadas en la caracterización del cacao, ya que se recomienda que las unidades de medida de las variables son diferentes, por ejemplo, aparición de botón floral (días), diámetro de tallo (mm), altura (m), pesos (gramos), y contenidos nutricionales (Franco e Hidalgo 2003).

Conocido como coeficiente de Pearson, sirve para medir en términos relativos el grado de asociación entre pares de características, es recomendado cuando las unidades de medida de las variables son diferentes, por ejemplo, aparición de botón floral (días), diámetro de tallo (mm), altura (m), pesos (gramos), y contenidos nutricionales (Franco e Hidalgo 2003).

Análisis de componentes principales

Es un conjunto de variables independientes, las cuales presentan relación entre variables donde se mide información de manera común, que puede transformarlo a otro conjunto llamado componente principal.

Este método realiza una transformación lineal sobre las variables originales y permite generar un nuevo conjunto de variables independientes o componentes principales (Franco e Hidalgo 2003).

Herramienta utilizada para estudiar las relaciones que se presentan entre variables correlacionadas (que miden información común o comunalidad, que puede transformar el conjunto original de variables en otro conjunto llamados componentes principales) (Fuente 2011).

Un análisis de componentes principales tiene sentido si existen altas correlaciones entre las variables (comunalidad), ya que esto es indicativo de que existe información redundante y, por tanto, pocos factores explicarán gran parte de la variabilidad total (Terrádez s.f).

Análisis de conglomerado para casos

Conjunto de variables cuantitativas, donde se agrupan las muestras que son más homogéneas por un lado y muestras que sean distintos entre sí (heterogéneos), (Ferrán 2001). El análisis de conglomerado es una técnica que clasifica las accesiones (arboles) por sus características ya sea que se encuentren similitudes o diferencias entre las muestras, el objetivo es clasificar un conjunto de accesiones y variables en un número pequeño de grupos, donde la formación de estos grupos puede obedecer de forma natural características comunes de las accesiones; es importante aclarar que este análisis se aplica sobre una matriz de distancia y no sobre una de similitud (Franco e Hidalgo 2003).

Dada una muestra de observaciones en un conjunto grande de variables cuantitativas, el análisis de conglomerados es una técnica para agrupar a los elementos de la muestra, denominados conglomerados, de tal forma que, respecto a la distribución de los valores de las variables, por un lado, cada conglomerado sea lo más homogéneo posible y por otro, los conglomerados sean muy distintos entre sí (Ferrán 2001).

El análisis de conglomerados, es un método analítico que se puede aplicar para clasificar las accesiones de un germoplasma en grupos relativamente homogéneos con base en alguna similitud existente entre ellas. El objetivo en este análisis es clasificar un conjunto de “n” accesiones o “p” variables en un número pequeño de grupos, donde la formación de estos grupos puede obedecer a leyes naturales o conjunto de características comunes de las accesiones; es importante aclarar que este análisis se aplica sobre una matriz de distancia y no sobre una de similitud (Franco e Hidalgo 2003).

3.5. Población y muestra de investigación.

3.5.1. Población.

Babahoyo: el cantón Babahoyo en la provincia de los Ríos posee 1557 Upas (Unidad de producción agropecuaria) de cacao. Es capital de la provincia de Los Ríos, esta sobre los 8 msnm. Tiene una población aproximada de total 175 281 habitantes, según los datos del (INEC 2010).

3.5.2. Muestra.

Con el fin de llegar a una muestra representativa, se trabajó con plantas de cacao mayores a cinco años con la toma de muestra de 5 fincas distribuidos en el cantón Babahoyo, especialmente en la parroquia Mata de Cacao.

CAPITULO IV

4. RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

4.1. Georreferenciación de las fincas evaluadas

FINCA	Parroquia	Coordenadas		Área	Propietario
		X	Y		
1	Mata de cacao	670726	9789479	2,5	PABLO LEON
2	Mata de cacao	670554	9789235	1,5	GABRIEL RUIZ
3	Mata de cacao	670907	9789530	1,0	ISIDRO PALMA
4	Mata de cacao	667319	9792384	2,0	CRISTOBAL CARRERA
5	Mata de cacao	670698	9789984	1,5	CELSE DUEÑA

4.1. Variabilidad de la especie

En la presente investigación se pudo evidenciar la estabilidad de los caracteres morfológicos, ya que gran parte de las variables evaluadas o descriptores cuantitativos no superaron el 50 % del coeficiente de variación. A excepción del número de plantas y número de ramas que están ligados a la práctica de la poda. Siendo la Medida de Resumen sugerente que para que haya variabilidad fenotípica en la especie el coeficiente de variación debe superar el $CV > 50 \%$. Así mismo, un $CV < 20 \%$, indica que la especie puede tener poca variabilidad en los caracteres evaluados.

Teniendo en cuenta que el número de fruto promedio por planta se estableció en las 16 mazorcas. Así mismo durante el desarrollo de este trabajo se pudo caracterizar de forma cualitativa a este sistema de producción tomando las variables forma de la hoja, forma del ápice de la hoja, forma de la base de la hoja, color del brote de las hojas y color del fruto de la hoja manteniendo baja variabilidad fenotípica.

Tabla 1. Variabilidad de descriptores cuantitativos en Cacao. FACIAG 2020.

n	Media	D.E.	E.E.	CV	Mín	Máx
150	5.00	2.58	0.21	51.56	2.20	18.00
150	43.77	19.23	1.57	43.95	14.60	224.00
150	5.16	3.60	0.29	69.75	2.00	44.00
150	15.97	7.76	0.63	48.60	7.00	48.00
150	1.92	0.24	0.02	12.51	1.37	3.00
150	25.98	2.33	0.19	8.98	20.12	33.25
150	9.65	1.25	0.10	12.92	7.73	16.08
150	2.76	0.16	0.01	5.63	2.39	3.36
150	14.17	1.83	0.15	12.88	10.58	23.47
150	1.87	0.10	0.01	5.30	1.66	2.67
150	259.09	50.95	4.16	19.66	160.29	490.08

4.2. Correlación de Pearson

En la Tabla 2 de coeficiente de correlación de Pearson, se muestra que existe un grado de asociación íntima o variación conjunta entre los descriptores área lamina foliar con ancho de lámina foliar, habiendo correlación fuerte entre ellos ($r=0.93$; $p<0.000$), otra correlación fuerte es para largo desde la base hasta el punto más ancho y la longitud de la lámina foliar ($r=0,75$; $p<0.0001$). Así mismo se evidencia una correlación moderada entre el ancho de la lámina foliar y la longitud de la hoja ($r=0.52$; $p<0.0001$). No existió correlación entre el rendimiento de materia seca y los demás descriptores. No se evidenció correlación entre el número de frutos por planta y las otras variables evaluadas.

Tabla 2. Correlación de Pearson en Cacao. FACIAG 2020.

	Edad del árbol	Altura	Diámetro	Numero de ramas	Longitud del peciolo	Longitud de lámina foliar	Ancho de lámina foliar	Largo desde la base hasta	Forma de la hoja	Área foliar de la hoja	Numero de frutos por árbol
Edad del árbol	1	0	0.06	0.93	0.67	0.48	0.14	0.8	0.01	0.55	0.48
Altura	0.55	1	3.70E-03	0.54	0.73	0.03	0.32	0.36	0.02	0.1	0.02
Diámetro	0.15	0.24	1	0.73	0.74	0.14	0.12	0.65	0.19	0.11	0.1
Numero de ramas	-0.01	0.05	-0.03	1	0.25	0.41	0.97	0.76	0.84	0.68	1.20E-03
Longitud del peciolo	-0.03	0.03	-0.03	0.09	1	8.50E-07	0.01	2.70E-03	0.28	2.40E-04	0.27
Longitud de lámina foliar	0.06	0.18	0.12	0.07	0.39	1	9.70E-12	0	0.19	0	0.02
Ancho de lámina foliar	-0.12	0.08	0.13	3.40E-03	0.2	0.52	1	7.00E-08	0.79	0	0.21
Largo desde la base hasta.	0.02	0.08	0.04	0.02	0.24	0.75	0.42	1	1.80E-06	0	0.1
Forma de la hoja	0.2	0.19	0.11	0.02	0.09	-0.11	0.02	-0.38	1	0.75	0.3
Área foliar de la hoja	-0.05	0.13	0.13	0.03	0.3	0.78	0.93	0.61	-0.03	1	0.08
Numero de frutos por árbol.	-0.06	-0.19	-0.13	0.26	-0.09	-0.19	-0.1	-0.13	-0.09	-0.14	1

Valores en rojo son significativos ($P \geq 0,001$).

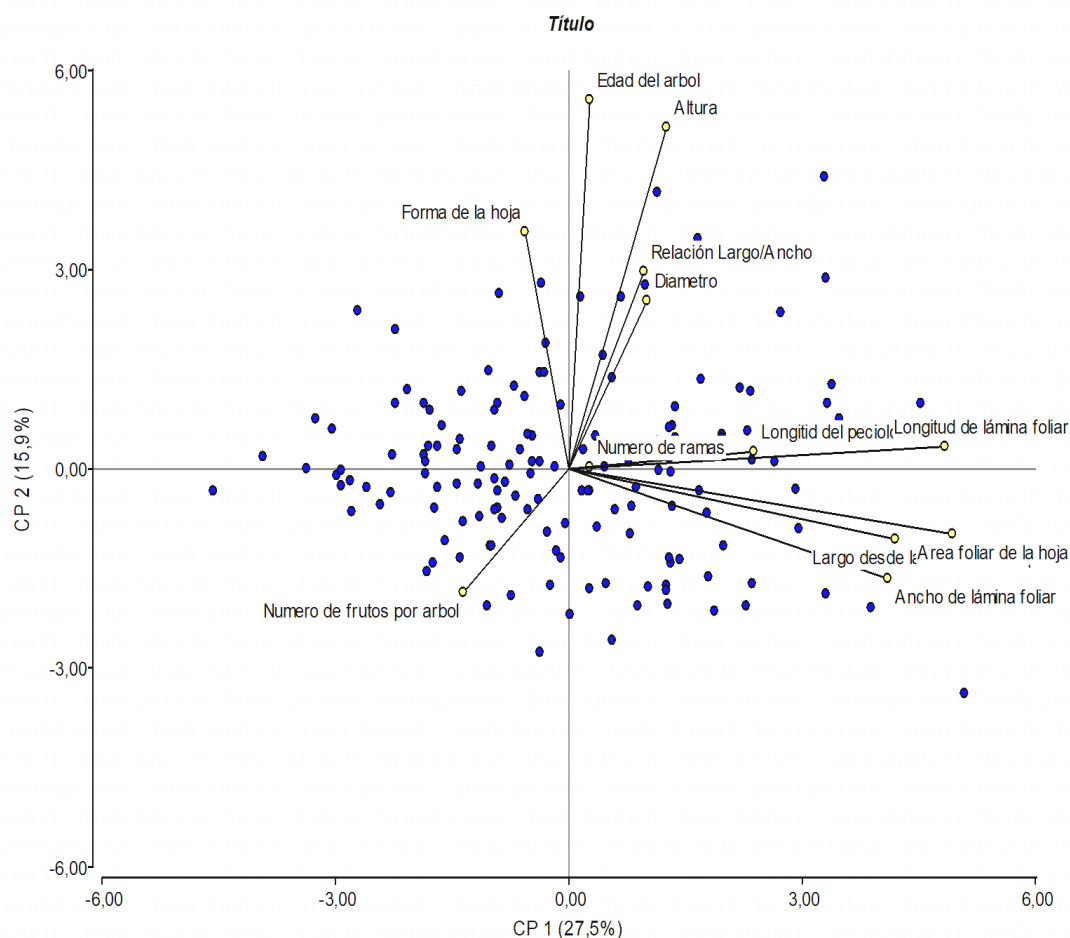
4.3. Análisis de componentes principales

Distribución de la diversidad morfológica de la población evaluada del cultivo de cacao, en función de los dos componentes principales y varios descriptores cuantitativos: Se puede observar que, para edad y altura del árbol, existe variabilidad entre los individuos evaluados. Que existe una correlación estrecha entre la altura y diámetro, lo cual está afectada también por la edad de cada árbol. No se evidencia una relación directa entre el número de ramas y las variables mencionadas. Así mismo se puede observar una relación estrecha entre ancho y largo desde la base hasta el punto más ancho con el área foliar. Finalmente se puede evidenciar que existe una asimilaridad entre el número de frutos por árbol y el resto de las variables evaluadas.

Tabla 3. Análisis de componentes principales en Cacao. FACIAG 2020.

Variables	CP 1	CP 2
Edad del árbol	0.05	0.79
Altura	0.24	0.73
Diámetro	0.19	0.36
Numero de ramas	0.05	4.90E-03
Numero de frutos por árbol.	-0.25	-0.27
Longitud del peciolo	0.45	0.04
Longitud de lámina foliar	0.91	0.05
Ancho de lámina foliar	0.77	-0.23
Relación Largo/Ancho	0.18	0.42
Largo desde la base hasta.	0.79	-0.15
Forma de la hoja	-0.11	0.51
Área foliar de la hoja	0.93	-0.14

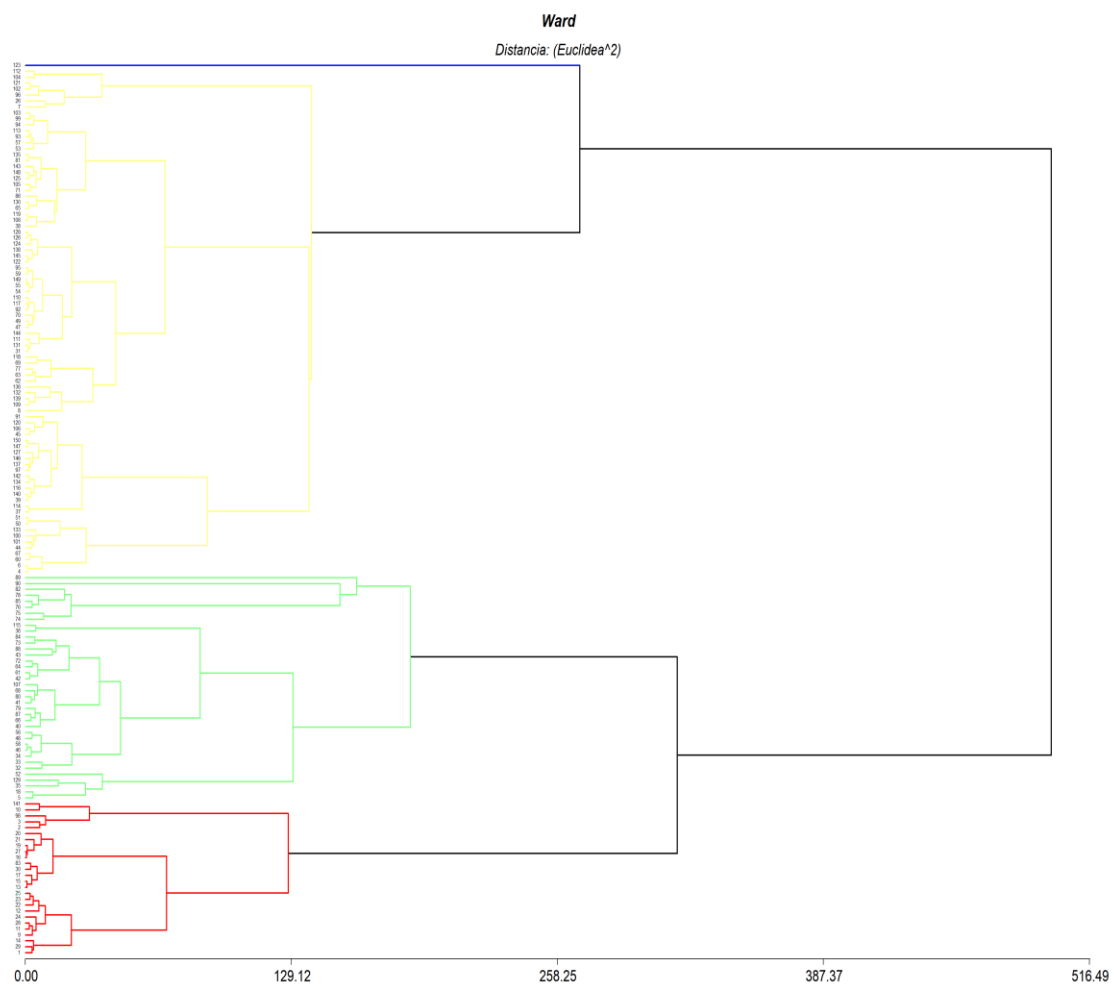
Gráfico 1. Análisis de componentes Bitplot



4.4. Análisis de conglomerados

El resultado de este análisis permitió agrupar, por similitud de sus características, a los árboles evaluados en 4 clases (Gráfico 2). La clase I (azul), agrupa al árbol número 123. En la clase II (amarillo) se agrupan los árboles número 4, 6, 7, 8, 26, 31, 37, 38, 39, 44, 45, 47, 49, 50, 51, 53, 54, 55, 57, 59, 60, 62, 63, 65, 67, 69, 70, 71, 77, 81, 86, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 116, 117, 118, 119, 120, 121, 122, 124, 125, 126, 127, 128, 130, 131, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 150. En la Clase III (verde), se presenta los árboles número 5, 18, 32, 33, 34, 35, 36, 40, 41, 42, 43, 46, 48, 52, 56, 58, 61, 64, 66, 68, 72, 73, 74, 75, 76, 78, 79, 80, 82, 84, 85, 87, 88, 89, 90, 107, 115, 129. Por último, en la Clase IV (rojo) se agrupan los árboles número 1, 2, 3, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 27, 28, 29, 30, 83, 98, 141.

Gráfico 2. Dendrograma del análisis de distancia entre cuatro descriptores en Cacao, con base en el método de ligamiento Euclídea. FACIAG 2020.



4.2. Conclusiones específicas y generales

4.2.1. Específicas

En la presente investigación se pudo determinar que no existieron diferencias fenotípicas en los individuos evaluados de cacao, ya que sobre el 80 % de las variables evaluadas no superaron un CV > al 50 %, lo que indica que la especie tuvo escasa variabilidad entre la población evaluada.

Con respecto al coeficiente de correlación, los resultados muestran relación entre las variables en donde se pudo determinar que se relacionan como número de ramas con ancho de lámina foliar; De igual forma se evidencio relación entre número de ramas con forma de la hoja.

En el caso del análisis de conglomerados, el resultado de este análisis permitió agrupar, por similitud de sus características, a los árboles evaluados en 4 clases I (azul), II (amarillo) III (verde), IV (rojo). Por lo cual se evidencia que entre la población de individuos se pueden generar grupos con características similares.

4.2.2. General

En la presente investigación se pudo determinar que no existieron diferencias fenotípicas relevantes en los individuos evaluados de cacao, ya que sobre el 80 % de las variables evaluadas no superaron un CV > al 50 %. Esto muestra una baja variabilidad entre la población evaluada.

4.3. Recomendaciones específicas y generales

4.3.1. Específicas

Para los sistemas de producción de cacao (fincas) se recomienda:

- Realizar futuras investigaciones en otras localidades para poder estimar las mejores características agronómicas que podrían servir para realizar una selección de caracteres que puedan ser utilizados como descriptores.
- Replicar este trabajo en otros sectores cacaoteros del país para poder caracterizar de mejor manera a este cultivo de gran importancia en el sector agropecuario.

4.3.2. General

Adaptar este tipo de investigaciones a otros sectores cacaoteros de la provincia y del país, lo cual permitirá obtener descriptores adecuados para ser utilizados en futuras investigaciones a nivel nacional e internacional de nuestras especies de cacao.

CAPITULO V

5. PROPUESTA TEÓRICA DE APLICACIÓN

5.1. Propuesta de aplicación de resultados

5.1.1. Alternativa obtenida

Se consiguió realizar caracterización morfológica en las zonas de producción de cacao (*Theobroma cacao* L.) tipo Nacional en el cantón Babahoyo, en cual se observó por medio de los resultados que no existieron diferencias fenotípicas en los individuos evaluados de cacao, ya que sobre el 80 % de las variables evaluadas no superaron un CV > al 50 %.

5.1.2. Alcance de la alternativa

Los sistemas de fincas productoras de cacao Nacional mediante la caracterización se lograron identificar que no existieron diferencias fenotípicas en los individuos evaluados de cacao, ya que sobre el 80 % de las variables evaluadas no superaron un CV > al 50 %. Por lo cual, se debe realizar búsquedas de más germoplasma en el ámbito nacional y caracterizarlos, y a su vez crear jardines clónales de esta especie; con el objetivo de establecer sistemas de producción en cacao en un futuro.

5.1.3. Aspecto de la alternativa

5.1.3.1. Antecedentes

Coello & Haro (2012) exponen en su trabajo de caracterización de sistemas agroforestales en la zona de Febres Cordero, provincia de Los Ríos que la caracterización morfológica, permitió identificar ampliamente la variabilidad genética de los 15 ecotipos de las fincas evaluadas en la zona de Febres Cordero, facilitando así la identificación de materiales con características deseables. El análisis morfológico permitió identificar los caracteres cuantitativos y cualitativos que poseen mayor poder discriminatorio que fueron en el fruto: largo, peso, rugosidad, peso de la cáscara, número de semillas, índice de mazorca y en la hoja: largo, ancho, forma, largo desde la base hasta el punto más ancho del limbo y ángulo basal. Esto expresa la importancia que tienen todas las partes de la planta en la clasificación de la especie en estudio.

5.1.3.2. Justificación

Según los resultados obtenidos se lograron identificar que no existieron diferencias fenotípicas en los individuos evaluados de cacao, ya que sobre el 80 % de las variables evaluadas no superaron un CV > al 50 %. Por lo cual, es necesario continuar con esta investigación a través de colectas en lugares no explorados, donde se encontraron materiales con características criollas.

5.2.2. Objetivos

5.2.2.1. General

Descriptores para productores de Cacao tipo Nacional, la misma que le sirva de guía en la selección de materiales promisorios.

5.2.2.2. Específicos

- Proponer descriptores adecuados que permitan seleccionar materiales que permitan mejorar la productividad, desarrollo económico y sociocultural de sus productores.

5.3.3. Estructura general de la propuesta

5.3.3.1. Título

Generar información descriptiva en el cultivo de cacao (*Thebroma cacao* L.) mediante la caracterización morfológica en fincas productoras de cacao en las principales zonas productoras

5.3.3.2. Componentes

Describir las características agronómicas de productividad en cacao tipo nacional.

Determinar las características morfológicas de mayor variación, así como la relación entre materiales.

Describir esta información que facilite al INIAP poder incorporarla al catálogo de cacao Nacional.

5.4. Resultados esperados de la alternativa

Registrar la producción y rendimiento de los materiales que serán seleccionados en el estudio, para definir el establecimiento de un material con las mejores características.

Ampliar en evaluaciones futuras características organolépticas en conjunto con la evaluación de las características morfológicas de este cultivo.

Organizar y ampliar la información de los resultados evaluados, para que sea de conocimiento de los productores cacaoteros del país.

BIBLIOGRAFÍA

- Agricultura, M. d. (2004). Manual del cultivo del cacao. Obtenido de Disponible en: http://webmail.radiomaranon.org.pe/redmaranon/archivos/cacao_manual_cultivo.pdf.
- AGROCALIDAD. (2009). Manejo de plantación del cultivo de cacao en el territorio ecuatoriano.
- ANACAFE. (2015). cultivo de café. Obtenido de <http://infocafes.com/portal/wpcontent/uploads/2016/05/Cultivo-de-Cacao.pdf>.
- Andrade, P. (2009). Manejo sanitario del cultivo de cacao.
- Anecacao. (2015). Historia del Cacao | Anecacao Ecuador. Recuperado 10 de junio de 2020, de <http://www.anecacao.com/index.php/es/quienes-somos/historia-del-cacao.html>.
- Castro, B., Prieto, H., & Herrera, J. (2009). La Investigación. Aproximaciones a la construcción del conocimiento científico.
- Chagua, M. (2009, junio 7). Condiciones edafoclimáticas para el cultivo de cacao. Recuperado 14 de mayo de 2020, de Cacao website: <http://cacao-massiel.blogspot.com/2009/06/condiciones-edafoclimaticas-para-el.html>.
- Coello, María, & Haro, R. (2012). Caracterización de sistemas Agroforestales Comúnmente Asociados al Cultivo de Cacao en la Zona de Febres Cordero, provincia de Los Ríos. (IVESTIGACION). UNIVERSIDAD TECNICA DE BABAHOYO, LOS RIOS.
- Córdoba, C. T. (2011). Efecto de la estructura de sistemas agroforestales de cacao y de su contexto local, sobre la población de dípteros polinizadores de cacao y su relación con la producción en Bocas de Toro, Panamá.
- De la Cruz, E., Córdova, V., García, E., Bucio, A., & Jaramillo, J. (2015). Manejo agronómico y caracterización socioeconómica del cacao en comalcalco, Tabasco. 17(1), 9.
- Dubón, A. (2011). Manual de producción de cacao. Lima, Cortés, HN. FHIA. 208 p.
- Ferrán Aranaz, M. 2001. SPSS para Windows: análisis estadístico. Ed. C. Sánchez Gonzáles. Madrid, ES, McGraw-Hill. 375 p.
- Franco, L; Hidalgo, R. 2003. Análisis estadístico de datos de caracterización de recursos fitogenéticos. Cali, col. IPGRI. 4 p.
- Freire, J. R. (2006). Programa de capacitación en la cadena de cacao. Modulo Comercialización. Quito: Unidad 1.
- Fuentes Fernández, S. 2011. Análisis de componentes principales. Madrid, ES. UNAM. p 3 García Carrión, LF. 2012. Catálogo de cultivares del cacao del Perú. (En

- linea). Lima, PE. Consultada 8 jun. 2020. Disponible en http://www.regionhuanuco.gob.pe/grde/.../cultivares_2012.pdf.
- Garcia C. (2012). Catálogo de cultivares del cacao del Perú. LIMA. Recuperado de http://www.regionhuanuco.gob.pe/grd/.../cultivares_2012.pdf.
- Guerrero, G. (2015). El Cacao ecuatoriano Su historia empezó antes del siglo XV. Recuperado 10 de abril de 2020, de <https://www.revistalideres.ec/lideres/cacao-ecuatoriano-historia-empezo-siglo.html>.
- INEC. (2010). Fascículo provincial de los Rios.pdf. Recuperado de https://www.ecuadorencifras.gob.ec/wp-content/descargas/Manualateral/Resultados-provinciales/los_rios.pdf.
- INIAP. (2009). Obtenido de ANALISIS DE CACAO: file:///C:/Users/user/Downloads/L-SENESCYT0117.pdf.
- INTA. (2009). guia tecnica del cultivo de cacao. Obtenido de: <http://www.inta.gob.ni/biblioteca/images/pdf/guias/Guia%20CACAO%202010.pdf>.
- Jumbo, Á. (2017). Caracterización morfológica del cacao (*Theobroma cacao* L.) en la cuenca del río Nangaritzta provincia de Zamora Chinchipe (UNIVERSIDAD TECNICA DE LOJA). Recuperado de <http://dspace.unl.edu.ec/handle/123456789/18444>
- López, M., & Deras, E. C. G. (2017). Caracterización morfoagronómica in situ de cacao criollo (*Theobroma cacao* L.) en lugares de prevalencia natural y su incidencia en la selección de germoplasma promisorio en El Salvador. (UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR). Recuperado de <http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/16511/>
- MAGAP. (2011). Análisis sectorial. Recuperado de <http://ecuanoticias.ec/cacao.pdf>
- Mahecha, R., & Revelo, J. (2015). Convenio de Concertación para una Producción más Limpia en el Subsector Cacaotero—Cacao Orgánico. Recuperado 19 de marzo del 2020, de Proceso de secado de cacao website: <http://www.fundesyram.info/biblioteca.php?id=3213>
- Martinez, W. (2007). Caracterización morfológica y molecular del Cacao Nacional Boliviano y de selecciones élites del Alto Beni, Bolivia. Centro Agronomico Tropical de Investigacion y Enseñanza, Turrialba, Costa Rica.
- Mendoza, C. M. (2015). COMPATIBILIDAD GENÉTICA DE 64 CLONES ÉLITES DE CACAO (*Theobroma cacao* L.) TIPOS NACIONAL Y TRINITARIO. Obtenidos de <http://repositorio.uteq.edu.ec/jspui/bitstream/43000/985/1/T-UTEQ-0022.pdf>.
- Ministerio de cultura y patrimonio. (2016). Cacao nacional—Patrimonio Alimentario. Recuperado 3 de julio de 2020, de http://patrimonioalimentario.culturaypatrimonio.gob.ec/wiki/index.php/Cacao_nacional.
- Molina, E. (2012). Caracterización agro morfológica del cacao (*Theobroma cacao* L.) en la parcela internacional de la estación experimental de sapecho alto de Beni-La

- Paz (UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANRES). Recuperado de <http://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/4374/T-1755.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Morante, J. L. (2014). Efecto del activador de microorganismo Biorootz, sobre el comportamiento agronómico de plántulas en semilleros de cacao en la zona de Caracol, Los Ríos. Obtenido de <http://dspace.utb.edu.echandle/49000/632>.
- Mosquera, M. M. (2016). EFECTOS DEL FOSFORO Y AZUFRE SOBRE EL. Obtenido de <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/49000/3358/1/E-UTB-FACIAG-ING%20AGROP000009.pdf>.
- Navarro, M. M. (2006). Cultivo del cacao en sistemas agroforestales. Nicaragua. Obtenido de (Disponible en: http://www.iica.int.ni/Estudios_PDF/Guia_Cacao_Para_Promotores.pdf)
- Noriega de la Cruz, C. O. (2012). DETERMINACIÓN DE LA HABILIDAD COMBINATORIA DE 14 CLONES. Obtenido de <file:///C:/Users/user/Downloads/T-ESPE-IASA%20II-002466>.
- Pinto, N. (2011). propuestas de mejorar a los factores que afectan la competitividad de la cadena productiva del cacao en grano de la empresa. Obtenido de <http://dspace.udla.edu.ec/bitstream/33000/749/1/UDLA-EC-TIAG-2011-10.pdf>.
- Quiroz, J. (2010). Establecimiento y manejo de una plantacion de cacao. Programa Nacional del cacao.
- Quiroz. (2006). Programa de capacitación en la cadena de cacao. Quito: Unidad 3.
- Ríos, D. (2015). Descripción de la diversidad entomologica asociada a la flor. Obtenido de: <http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/8660/MONOGRAFIA%20POLINIZAD%20ORES%20DEL%20CACAO.pdf>; sequence=1.
- Roberto. (2010, noviembre 1). Agricultura tropical ecuador: Condiciones de clima y suelo para el cacao. Recuperado 14 de marzo de 2020, de Agricultura tropical ecuador website: <http://agricultura-tropical-ecuador.blogspot.com/2010/11/condiciones-de-clima-y-suelo-para-el.html>.
- Rosas, J., & Cabrera, N. (2010). Caracterizacion ,morfo-agronomica de 22 clones de cacao (*Theobroma cacao* L.) seleccionados del campo de agricultores en Tulumayo (UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA). Recuperado de <http://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/93/AGR-536.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Sánchez, F., Zambrano, J., Vera, J., Ramos, R., Gárces, F., & Vásquez, G. H. (2014). Productividad de clones de cacao tipo nacional en una zona del bosque húmedo tropical de la provincia de Los Ríos, Ecuador. *Revista Ciencia y Tecnología*, 7(1), 33-41.

- Santos, J. C. (2012). Estudio de factibilidad para la producción de cacao (*Theobroma cacao* L.). Obtenido de <http://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/1451/1/104270.pdf>.
- Terrádez Gurrea, M. s.f. Análisis de componentes principales. España, s.e. p 2.
- Torres, L. (2012). Manual de producción de cacao fino de aroma a través de manejo ecológico.pdf. UNIVERSIDAD DE CUENCA.
- University of the West Indies (UWI) (2015) RDI Fund: TheUWI-Trinidad and Tobago Research and Development Impact Fund. Available at: <https://sta.uwi.edu/rdifund>(accessed 29 April 2020).
- Yerovi, C. (2006). Cultivo del cacao. Peru: Empresa Editora MACRO.
- Zambrano, L. (2010). Establecimiento, manejo y capacitación en viveros de cacao (*Theobroma cacao*. L) utilizando dos tipos de injertos en la comunidad de Naranjal II del cantón Quininde, Provincia de Esmeraldas (en líneas). Tesis Ing. Agr. MANABI, EC. UTEMA. 92p. Consultado 6 marzo. 2020. Disponible en <http://repositorio.utm.edu.ec/bitstream/123456789/238/1/TESIS%20CACAO%20LUIS%20ZAMBRANO.pdf>.

ANEXOS

2. Descriptores de la hoja

Se deben tomar 10 árboles al azar y seleccionar 15 hojas secundarias distribuidas en los tres tercios. Es necesario muestrear hojas que se encuentren fotosintéticamente activas y que tengan la misma edad fisiológica, para ello se colectan hojas de segunda, tercera y cuarta posición desde el extremo hacia la base. Las muestras deben ser colectadas en horas de la mañana.

2.1. Longitud de lámina foliar (L)

Para determinar la longitud de la hoja se utiliza una regla o cinta métrica y se toma la medida desde la base de la lámina foliar hasta el ápice de la misma. La medida se expresa en centímetros (cm).

2.2. Anchura de lámina foliar

Se determina usando una regla o cinta métrica y se mide en el punto más ancho. La medida se expresa en centímetros (cm). En el centro del ancho de la hoja se debe marcar un punto para determinar el siguiente descriptor.

2.3. Longitud desde la base hasta el punto más ancho (LBA)

Se determina usando una regla o cinta métrica y se toma desde la base hasta el punto más ancho de la hoja (marcado anteriormente). Se expresa en centímetros (cm).

2.4. Relación largo – anchura de la hoja

Se determina con la división de la longitud de la lámina foliar entre el ancho de la lámina foliar. Se expresa en centímetros (cm).

2.5. Forma de la hoja

Se determina 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). La clasificación se realiza siguiendo los criterios propuestos por Vera y Soria (1994).

L/LBA <2: Ovalada

L/LBA =2: Elíptica

L/LBA >2: Oblonga

2.6. Longitud del peciolo de la hoja

Se mide desde la vaina hasta el inicio de la base foliar. Se determina con la ayuda de un vernier o pie de rey. Se expresa en milímetros (mm).

2.7. Forma de la base de la hoja

Se evalúa de forma visual comparando las formas observadas en la [figura 1](#) y clasificándolas de la siguiente manera:

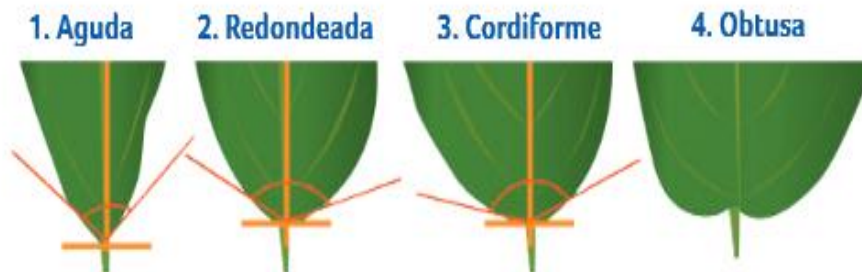


Figura 1. Forma de la base de la hoja de cacao (Perea *et al*, 2013).

2.8. Forma del ápice de la hoja

Se evalúa de forma visual comparando las formas observadas en la [figura 2](#) y clasificándolas de la siguiente manera: agudo, acuminado corto y acuminado largo.



Figura 2. Forma de la base de la hoja de cacao (Perea *et al*, 2013).

A) DESCRIPTORES DE FRUTO

Color de fruto Inmaduro:

(n = 10)

1 = verde

2 = verde pigmentado

3 = rojo (pigmentado)

4.1. Color del fruto inmaduro

Se eligen al azar 10 frutos de 4 meses de edad, directamente en campo se determina el color de cada uno. Las coloraciones están relacionadas con la presencia de antocianinas en los frutos.



4.5. Forma del fruto

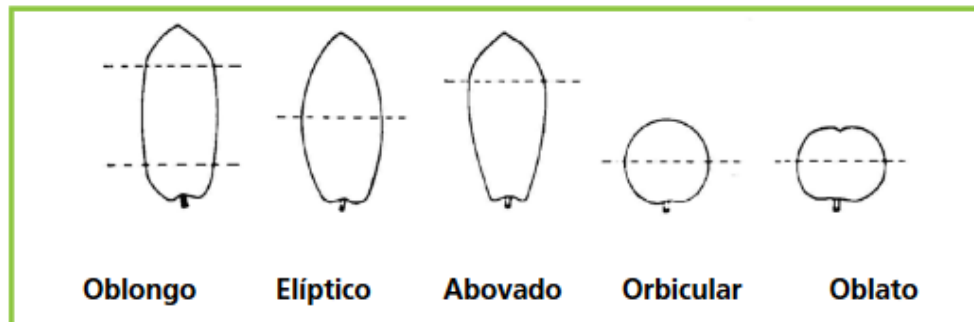
Se determina de forma visual, teniendo en cuenta la **figura 6**.



Figura 6. Forma del fruto de cacao (García, 2010).

A) FRUTOS

FORMA DEL FRUTO

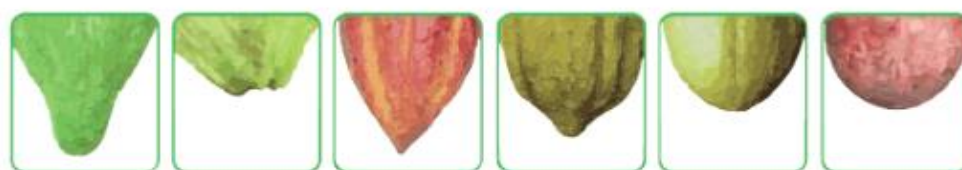


FORMA DEL FRUTO



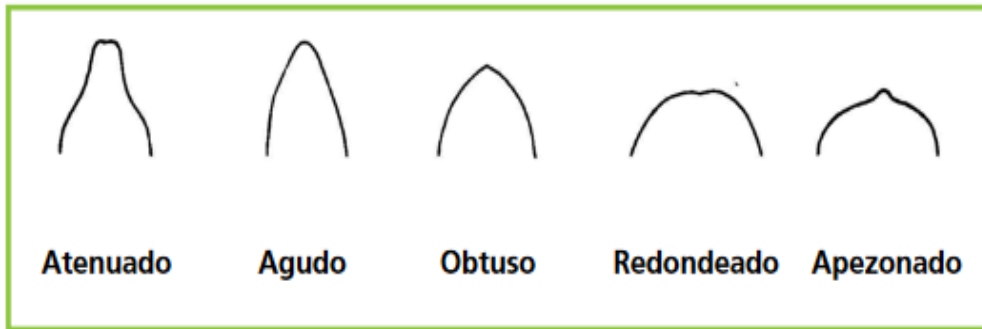
4.3. Forma del ápice del fruto

Se determina de manera visual usando la [figura 4](#) y se clasifica de acuerdo a la siguiente escala:



[Figura 4.](#) Forma del ápice del fruto de cacao (García, 2010).

APICE DEL FRUTO



ÁPICE DEL FRUTO



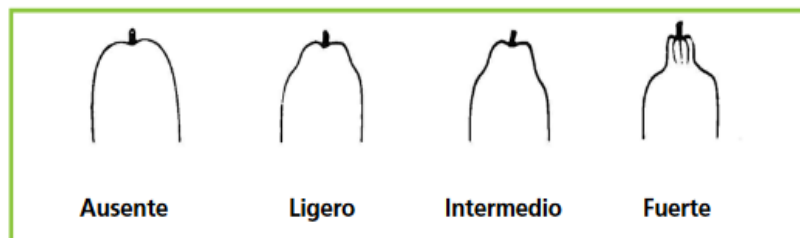
4.4. Constricción basal del fruto

Se determina de manera visual usando la **figura 5** y se clasifica de acuerdo a la siguiente escala:



Figura 5. Constricción basal del fruto de cacao (García, 2010).

CONSTRICION BASAL DEL FRUTO

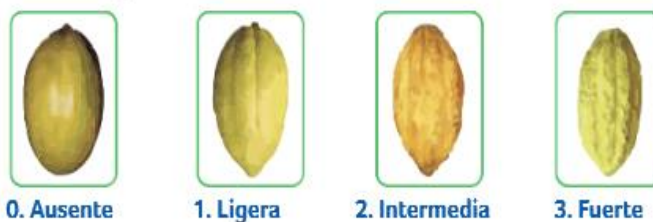




Rugosidad del fruto: (n = 10)
 0 = ausente;
 3 = ligero;
 5 = intermedio;
 7 = intenso

4.6. Rugosidad del fruto

Se determina de manera visual usando la [figura 7](#) y se clasifica de acuerdo a la siguiente escala:



[Figura 7. Rugosidad del fruto de cacao \(García, 2010\).](#)

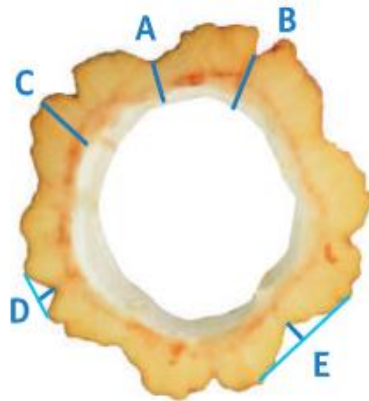


Figura 9. A. Grosor del surco primario. B. Grosor del surco secundario. C. Grosor lomo o caballete. D. Profundidad del surco primario. E. Profundidad del surco secundario

5. Descriptores de la semilla,

Los frutos que fueron caracterizados deben ser marcados, de cada uno se toman 5 semillas al azar y se les evalúan las siguientes variables:

5.1. Longitud,

Se mide desde el embrión al ápice de la semilla. Se expresa en milímetros (mm).

5.2. Diámetro,

Se mide la parte más ancha de la semilla. Se expresa en milímetros (mm).

5.3. Grosor,

Se mide en la parte plana de la semilla. Se expresa en milímetros (mm).



5.6. Color predominante de los cotiledones,

Se hace una evaluación visual de las semillas y se clasifica de acuerdo a la siguiente escala:



1. Blanco cremoso



2. Violeta



3. Morado

Color del cotiledón:

(n = 10)

1= blanco cremoso;

3 = violeta;

5 = morado

5.4. Forma en sección longitudinal,

Se hace una evaluación visual de la semilla para compararla con la [figura 10](#) y se clasifica según la siguiente escala:



[Figura 10.](#) Forma de la semilla en sección longitudinal (García, 2010). †

5.5. Forma en sección transversal,

Se realiza un corte transversal de la semilla y posteriormente se hace una evaluación visual del corte para compararlo con la [figura 11](#) y clasificar la semilla según la siguiente escala:



FORMA DE LA SEMILLA EN SECCIÓN LONGITUDINAL



Oblonga



Ovada



Elíptica



Irregular

FORMA DE LA SEMILLA EN SECCIÓN TRANSVERSAL



Aplanada



Intermedia



Redondeada