



# UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

CARACTERIZACIÓN MORFOFÍSICA DE ALMENDRAS DE CACAO  
(THEOBROMA CACAO L.) DE LOS GENOTIPOS DE LA COLECCIÓN  
UTMACH

AGUILAR FLORES STEEVEN MOISES  
INGENIERO AGRÓNOMO

MACHALA  
2021



# UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE INGENIERÍA AGRÓNOMICA

CARACTERIZACIÓN MORFOFÍSICA DE ALMENDRAS DE  
CACAO (*THEOBROMA CACAO* L.) DE LOS GENOTIPOS DE LA  
COLECCIÓN UTMACH

AGUILAR FLORES STEEVEN MOISES  
INGENIERO AGRÓNOMO

MACHALA  
2021



# UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE INGENIERÍA AGRÓNOMICA

TRABAJO TITULACIÓN  
TRABAJO EXPERIMENTAL

CARACTERIZACIÓN MORFOFÍSICA DE ALMENDRAS DE CACAO (THEOBROMA  
CACAO L.) DE LOS GENOTIPOS DE LA COLECCIÓN UTMACH

AGUILAR FLORES STEEVEN MOISES  
INGENIERO AGRÓNOMO

QUEVEDO GUERRERO JOSE NICASIO

MACHALA, 24 DE SEPTIEMBRE DE 2021

MACHALA  
2021

# Tesis final

---

## INFORME DE ORIGINALIDAD

---

3%

INDICE DE SIMILITUD

0%

FUENTES DE INTERNET

0%

PUBLICACIONES

3%

TRABAJOS DEL  
ESTUDIANTE

---

## FUENTES PRIMARIAS

---

1

Submitted to Universidad Técnica de Machala

Trabajo del estudiante

3%

---

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias < 2%

Excluir bibliografía

Apagado

## CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL

El que suscribe, AGUILAR FLORES STEEVEN MOISES, en calidad de autor del siguiente trabajo escrito titulado CARACTERIZACIÓN MORFOFÍSICA DE ALMENDRAS DE CACAO (THEOBROMA CACAO L.) DE LOS GENOTIPOS DE LA COLECCIÓN UTMACH, otorga a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tiene potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.


El autor declara que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

Se autoriza a transformar la obra, únicamente cuando sea necesario, y a realizar las adaptaciones pertinentes para permitir su preservación, distribución y publicación en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Técnica de Machala.

El autor como garante de la autoría de la obra y en relación a la misma, declara que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asume la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

Aceptando esta licencia, se cede a la Universidad Técnica de Machala el derecho exclusivo de archivar, reproducir, convertir, comunicar y/o distribuir la obra mundialmente en formato electrónico y digital a través de su Repositorio Digital Institucional, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico.

Machala, 24 de septiembre de 2021



AGUILAR FLORES STEEVEN MOISES  
0706165800

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo de investigación se lo dedico a Dios, quien me ha guiado de manera permanente, me ha brindado salud y vida; y que ha permitido que culmine este proceso académico.

A mi madre Mercedes Flores, por brindarme su apoyo incondicional en todo lo me he propuesto, por inculcarme buenos valores y servirme de ejemplo para salir adelante a pesar de las adversidades que se presenten en la vida.

A mi querida abuelita Julia Hermenejildo (+) quien siempre me aconsejó y me llenó de aliento para seguir adelante, hoy que no estas con nosotros te honro con todo mi esfuerzo plasmado en esta investigación.

A mi hermana Amarilis Flores y a mi sobrino Eduardo Nivicela, quienes me han brindado siempre su apoyo y cariño para seguir adelante.

A mis tíos y primos que han permanecido cerca de mi colaborando de manera incondicional, aconsejándome y compartiendo su conocimiento agronómico.

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco infinitamente a Dios, quien me ha dado la gracia de vivir, quien me ha mantenido fuerte en las adversidades y me llena de bendiciones cada día para poder seguir cumpliendo mis metas.

A mi madre Mercedes Flores y a mi abuela Julia Hermenejildo, quienes se han sacrificado por mí, desde mis primeras etapas de estudio y han sido mi mayor fortaleza en todos los aspectos.

A mi padre Moisés Aguilar por brindarme su apoyo, por aconsejarme y ayudarme económicamente durante el proceso académico.

Al Ing. José Nicasio Quevedo Guerrero Mg. Sc. por apoyarme y asesorarme siempre como tutor, además de compartir su tiempo y conocimiento siendo primordial en la culminación de esta investigación.

Al Dr. Rigoberto García PhD. por ser parte de mi formación académica brindándome sus conocimientos y sus consejos. Por ser atento y brindarme su ayuda siempre.

Al Dr. Julio Enrique Chabla Carrillo PhD. por brindarme sus conocimientos teóricos y prácticos que son las bases de mi formación académica y por recalcar el valor de la responsabilidad.

A mis amigos Carlos Quezada, Nayelhi Valarezo, Jhonny Niola, Roger Apolo y Laura Ajila que siempre me han brindado su ayuda de manera desinteresada y me han acompañado en las aulas y áreas de práctica durante mi proceso académico.

# **CARACTERIZACIÓN MORFO FÍSICA DE ALMENDRAS EN SECO DE CACAO (Theobroma cacao L.) DE LOS GENOTIPOS DE LA COLECCIÓN UTMACH**

Autor

Steven Moisés Aguilar Flores

Tutor

Ing. Mgs. José Quevedo Guerrero

## **RESUMEN**

El cacao es un cultivo distribuido principalmente en zonas tropicales, aproximadamente 50 países son los productores de este rubro, gracias a la interacción genotipo-ambiente y factores etnobotánicos se han diferenciado tres variedades de cacao: criollos, forasteros y trinitarios. El cacao ecuatoriano es muy cotizado y reconocido como “cacao fino de aroma”. La investigación tiene como objetivo general caracterizar almendras de cacao en seco mediante herramientas y descriptores para el conocimiento de la diversidad fenotípica de cada genotipo. Se desarrolló en el área de cacao de la Granja Santa Inés, perteneciente a la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Machala, se realizó una selección estratificada de la colección establecida en la Granja colectados del Programa Nacional del Cacao en 1979, razón por la cual cada accesión es un genotipo diferente y se designó un código para cada uno, con un total de 72 accesiones de los cuales se cosecharon mazorcas completamente sanas y posteriormente se realizó todo el proceso de postcosecha para finalmente ser caracterizados los granos en seco, se tomaron en cuenta las siguientes variables: longitud del grano (mm), ancho del grano (mm), espesor del grano (mm), peso de grano (g), peso de cascarilla (g), peso de nibs (g), granos por mazorca, mazorcas sanas por árbol, índice de mazorca, índice de grano, porcentaje de grano (%), porcentaje de cascarilla (%),



rendimiento anual (t/ha/año), color del grano en seco, color de plúmula del grano, longitud de plúmula (mm), densidad aparente del grano ( $g/cm^3$ ), humedad del grano (%), de los cuales 16 fueron variables cuantitativas y 2 fueron cualitativas. Los resultados obtenidos se analizaron en el software IBM SPSS STATISTICS 22, donde se realizó el análisis de componentes principales (PCA), donde se evidenció que los descriptores para semillas de cacao más discriminantes fueron, Componente 1: peso del grano (PG), índice del grano (IG), peso de nibs (Pni), índice de mazorca (IM); Componente 2: porcentaje de cascarilla (PoC), porcentaje de grano (PoG); Componente 3: espesor del grano (EG), granos por mazorca (GM), mazorcas sanas por árbol (MSA), que explican el 62,169% de la varianza total acumulada.

En el análisis de agrupamientos para datos multiestado con valores de las proyecciones llamadas puntuaciones de factoriales del análisis de componentes principales, se generó un dendrograma en el que se basa en distancias de similitud, donde se generaron 3 grupos: grupo 1 que se integró con 7 subgrupos, grupo 2 integrado por 2 subgrupos y grupo 3 donde solo se encontró la accesión FCA 65, que es el genotipo que presenta mayor variabilidad fenotípica en base a los descriptores de semillas, las variables discriminantes que permiten dar razón de su diversidad son: mazorcas sanas por árbol (5), rendimiento anual (0,2 T/ha/año), color del grano (5YR3/2), color de plúmula (5YR3/4), longitud de plúmula (6,8 mm) y humedad relativa (5,7 %).

De las 72 accesiones estudiadas de acuerdo con los datos obtenidos a partir de fórmulas se distinguen por su alto rendimiento anual 10 accesiones: FCA 72, FCA 60, FCA 32, FCA 34, FCA 68, FCA 27, FCA 57, FCA 52, FCA 3, FCA 56, en donde se tomaron en cuenta las siguientes variables cuantitativas, mazorcas cosechadas al año, índice de mazorca, índice de semillas.

**Palabras clave:** descriptores, diversidad, fenotipo, rendimiento.

**MORPH PHYSICAL CHARACTERIZATION OF DRIED CACAO (*Theobroma cacao* L.) ALMONDS FROM THE GENOTYPES OF THE UTMACH COLLECTION**

**Author**

Steeven Moisés Aguilar Flores

**Tutor**

Ing. Mgs. José Quevedo Guerrero

**ABSTRACT**

Cocoa is a crop distributed mainly in tropical areas, approximately 50 countries are producers of this crop, thanks to the genotype-environment interaction and ethnobotanical factors, three varieties of cocoa have been differentiated: criollos, forasteros and trinitarios. Ecuadorian cocoa is highly valued and recognized as "fine aroma cocoa". The general objective of this research is to characterize dry cocoa beans using tools and descriptors to understand the phenotypic diversity of each genotype. It was developed in the cocoa area of the Santa Inés Farm, belonging to the Faculty of Agricultural Sciences of the Technical University of Machala, a stratified selection was made from the living and established collection in the Farm collected from the National Cocoa Program in 1979, For this reason, each accession is a different genotype and a code was designated for each one, with a total of 72 accessions from which completely healthy cobs were harvested and then the whole post-harvest process was carried out to finally characterize the dry beans, the following variables were taken into account: kernel length (mm), kernel width (mm), kernel thickness (mm), kernel weight (g), husk weight (g), nib weight (g), kernels per ear, healthy ears per tree, ear index, kernel index, kernel percentage (%), husk percentage (%), annual yield (t/ha/year), dry grain color, grain plumule color, plumule length (mm), grain bulk density

( $g/cm^3$ ), grain moisture (%), of which 16 were quantitative variables and 2 were qualitative. The results obtained were analyzed in IBM SPSS STATISTICS 22 software, where principal component analysis (PCA) was performed, where it was evidenced that the most discriminating descriptors for cocoa beans were, Component 1: bean weight (PG), bean index (GI), nib weight (Pni), ear index (IM); Component 2: percent husk (PoC), percent bean (PoG); Component 3: bean thickness (EG), beans per ear (GM), healthy ears per tree (MSA), which explained 62.169% of the total accumulated variance.

In the cluster analysis for multistate data with values of the projections called factorial scores of the principal component analysis, a dendrogram was generated based on similarity distances, where 3 groups were generated: group 1 which was integrated with 7 subgroups, group 2 integrated by 2 subgroups and group 3 where only the accession FCA 65 was found, which is the genotype that presents greater phenotypic variability based on seed descriptors, the discriminant variables that allow to give reason for its diversity are: healthy ears per tree (5), annual yield (0.2 T/ha/year), grain color (5YR3/2), plumule color (5YR3/4), plumule length (6.8 mm) and relative humidity (5.7 %).

Of the 72 accessions studied according to data obtained from formulas 10 accessions stand out for their high annual yield: FCA 72, FCA 60, FCA 32, FCA 34, FCA 68, FCA 27, FCA 57, FCA 52, FCA 3, FCA 56, where the following quantitative variables were taken into account, ears harvested per year, ear index, seed index.

**Key words:** descriptors, diversity, phenotype, yield.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>CAPÍTULO I</b>	<b>8</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	<b>8</b>
1.1. Objetivo General	9
1.2. Objetivo Específico	9
<b>CAPÍTULO II</b>	<b>10</b>
<b>2. REVISIÓN DE LITERATURA</b>	<b>10</b>
2.1. Origen del cacao	10
2.2. Taxonomía	11
2.3. Descripción botánica	12
2.4. Ecología y requerimientos del cultivo	12
2.5. Grupos genéticos	13
2.5.1. Criollo	13
2.5.2. Forastero	14
2.5.3. Trinitario	15
2.5.4. Nacional	15
2.6. Producción a nivel mundial	16
2.7. Producción en el Ecuador	17
2.8. Producción en la Provincia de El Oro	17

2.9. Cosecha de cacao	17
2.10. Épocas de cosecha	18
2.11. Grado de madurez	18
2.12. Fermentación	18
2.13. Fermentación en rotor de madera	19
2.14. Días de fermentación	19
2.15. Temperatura de fermentación	20
2.16. Tiempo de volteado	20
2.17. Secado	20
2.18. Almacenamiento	20
2.19. Indicadores de productividad	21
2.19.1. Índice de mazorca	21
2.19.2. Índice de semilla	21
2.20. Recursos genéticos	21
2.20.1. Híbridos	22
2.20.2. Árboles elite	22
2.20.3. Caracterización fenotípica	22
2.20.4. Descriptores para semillas de cacao	23
<b>CAPITULO III</b>	<b>24</b>
<b>3. MATERIALES Y MÉTODOS</b>	<b>24</b>

3.1. Localización del ensayo	24
3.2. Ubicación geográfica	24
3.3. Ecología del sitio	25
3.4. Materiales	25
3.4.1. Materiales de campo	25
3.4.2. Materiales genéticos	25
3.4.3. Materiales de laboratorio	25
3.5. Descriptores caracterizados	26
3.6. Metodología	26
3.6.1. Diseño experimental	26
3.6.2. Longitud, ancho y grosor de almendra	27
3.6.3. Peso de granos y cascarilla	28
3.6.4. Número de granos por mazorca	28
3.6.5. Número de mazorcas sanas por árbol	29
3.6.6. Índice de mazorca	29
3.6.7. Índice de grano	30
3.6.8. Porcentaje de almendra y cascarilla	30
3.6.9. Rendimiento anual	30
3.6.10. Color de almendra en seco color de plúmula	31
3.6.11. Color de plúmula	32

3.6.12. Longitud de plúmula	33
3.6.13. Densidad aparente de almendras	33
3.6.14. Humedad del grano	34
<b>CAPITULO IV</b>	<b>35</b>
<b>4. RESULTADOS Y DISCUSIONES</b>	<b>35</b>
4.1. Análisis de componentes principales	35
4.1.1. Descriptores más discriminantes	37
4.2. Análisis de conglomerados	39
4.2.1. Diversidad fenotípica de la colección viva	41
4.2.2. Características principales de los grupos conformados por el dendrograma	44
4.2.3. Descriptores de rendimiento	46
<b>CAPITULO V</b>	<b>48</b>
<b>5. CONCLUSIONES</b>	<b>48</b>
<b>6. BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>49</b>
<b>7. ANEXOS</b>	<b>57</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Clasificación taxonómica del cacao	11
<b>Tabla 2.</b> Descriptores de semillas de cacao	26
<b>Tabla 3.</b> Categorización de colores para la variable color de almendra en seco	31
<b>Tabla 4.</b> Categorización de colores para la variable color de plúmula	32
<b>Tabla 5.</b> Autovalores y proporción de la varianza expresado en el análisis de componentes principales en la caracterización de 72 accesiones de cacao	35
<b>Tabla 6.</b> Vectores propios de los 6 componentes principales en la caracterización de 72 genotipos de cacao	36
<b>Tabla 7.</b> Variables vinculadas a los rendimientos de las accesiones de cacao	47



## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Sitios arqueológicos y distribución de la diversidad de especies de cacao .....	11
<b>Figura 2.</b> Diversidad fenotípica de la variedad criollo.....	14
<b>Figura 3.</b> Cacao forastero amelonado de la colección Utmach.....	14
<b>Figura 4.</b> Cacao ICS 95 de origen trinitario de la colección Utmach .....	15
<b>Figura 5.</b> Cacao híbrido nacional de la colección Utmach .....	16
<b>Figura 6.</b> Principales productores de cacao a nivel mundial.....	16
<b>Figura 7.</b> Fermentación de muestras en rotor de madera.....	19
<b>Figura 8.</b> Corte longitudinal de almendra seca .....	23
<b>Figura 9.</b> Mapa de ubicación geográfica del área experimental .....	24
<b>Figura 10.</b> Distribución de los árboles seleccionados en el área experimental.....	27
<b>Figura 11.</b> Medición del largo, ancho y espesor de las semillas con calibre pie de rey ..	28
<b>Figura 12.</b> Peso de almendras y cascarilla en gramera .....	28
<b>Figura 13.</b> Número de granos por cada mazorca .....	29
<b>Figura 14.</b> Conteo de mazorcas en campo .....	29
<b>Figura 15.</b> Identificación de colores de grano en seco en la tabla Munsell .....	31
<b>Figura 16.</b> Identificación de colores de plúmula en la tabla Munsell .....	32
<b>Figura 17.</b> Medición de la plúmula con vernier digital marca stanley .....	33
<b>Figura 18.</b> Pesaje unitario de semillas de cada genotipo .....	33
<b>Figura 19.</b> Grano sumergido en agua para tomar lectura del volumen desplazado .....	34
<b>Figura 20.</b> Distribución de los descriptores más discriminantes dentro de la agrupación total de descriptores .....	39
<b>Figura 21.</b> Dendrograma de similitud entre genotipos de cacao.....	40

# CAPÍTULO I

## 1.INTRODUCCIÓN

El Cacao (*Theobroma cacao* L.) se desarrolla en zonas tropicales y subtropicales gracias a sus características agroecológicas se cultiva en aproximadamente 50 países alrededor del mundo, es un rubro que gracias a sus características organolépticas es uno de los más cotizados internacionalmente. Su distribución es muy diversa, ubicándose como variante en el desarrollo económico lo cual constituye una fortaleza para los productores que se dedican a este cultivo (Lopez *et al.*, 2020).

En las últimas dos décadas se han realizado investigaciones debido a la gran diversidad genética de la especie dentro de la región del alto amazonas; en el sitio arqueológico Santa Ana-La Florida se encontraron vestigios de la civilización Mayo Chinchipe con evidencias de domesticación del cacao de aproximadamente 3500 años A.C.

Debido a la interacción genotipo-ambiente y factores etnobotánicos a través del tiempo se han diferenciado tres variedades de cacao: criollos, forasteros amazónicos y trinitarios. La variedad nacional, por su diversidad genética es considerada como un nuevo grupo germoplásmico.

En Ecuador representa como símbolo de auge económico, su mayor producción se concentra en Los Ríos, Guayas y Manabí, posee cualidades únicas, tanto florales como frutales, lo que lo hace hacer aún más cotizados por países en Europa y Estados Unidos (Quintana Lombeida & Aguilar Herrera, 2018).

La aparición y expansión de enfermedades redujo la producción de cacao ecuatoriano, sumadas a la falta de medios de transporte y de acceso a mercados. Así, la economía entró en un período de inestabilidad. Conforme la producción fue disminuyendo, como fenómeno combinado

con la caída del precio y los problemas de comercialización, la crisis se profundizó y afectó a los productores.

El desconocimiento de la producción anual de este rubro surge como necesidad de diferentes métodos para estimar la cosecha, aplicando del índice de mazorca (IM) como factor para convertir el número de mazorcas cosechadas a volumen de grano seco. El IM es el número de mazorcas que se necesitan para obtener un kilogramo de cacao seco, es decir, 2.2 libras de cacao seco, sin embargo, al emplear estos métodos varía mucho según el genotipo de cacao y el ciclo de la cosecha.

La investigación surge como una necesidad al gremio de cacaoteros especialmente de la provincia de El Oro y con el propósito de construir herramientas que permitan a futuro tomar decisiones sobre el manejo postcosecha, buscando una mejora continua de la calidad del fruto e incrementando así la competitividad del fruto en los mercados.

### **1.1.Objetivo General**

Caracterizar almendras de cacao en seco mediante herramientas y descriptores para el conocimiento de la diversidad fenotípica de cada genotipo.

### **1.2.Objetivo Específico**

- Determinar la diversidad fenotípica de la colección de cacao de la Utmach
- Determinar los descriptores de semillas más discriminantes de la colección
- Evaluar el rendimiento potencial los genotipos de cacao

## CAPÍTULO II

### 2. REVISIÓN DE LITERATURA

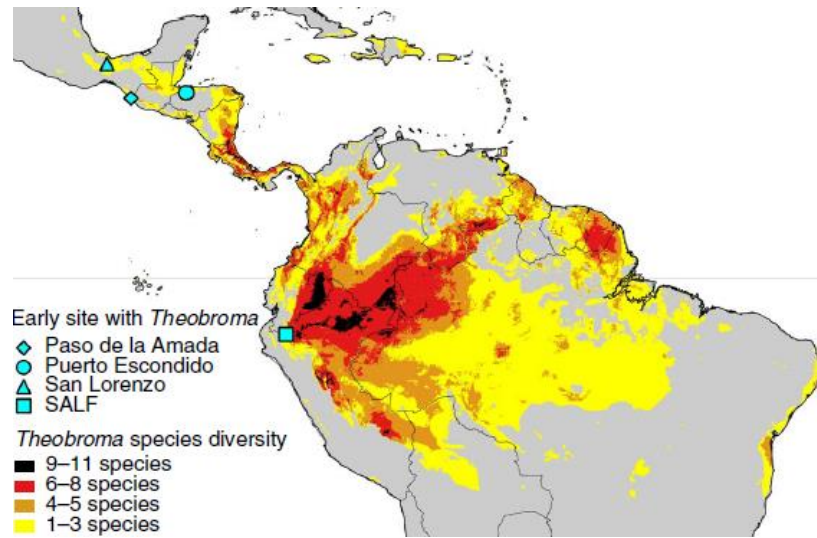
#### 2.1. Origen del cacao

Habitualmente se ha considerado a la región de Mesoamérica integrada por México, Guatemala y Honduras como el centro de origen y domesticación del cacao. En esta región se han encontrado evidencias de su utilización desde hace aproximadamente 2000 años A.C. (*Lanaud et al.*, 2012).

Según Motamayor (2008), en la zona de los bosques húmedos del alto amazonas al Noroeste de América del Sur, se encuentra una gran diversidad genética de la especie, al menos una variedad de la especie tiene su centro de origen en esta región.

Descubrimientos arqueológicos en Zamora Chinchipe, en el yacimiento Santa Ana-La Florida, han servido como indicios de la existencia de la civilización Mayo Chinchipe, cuya antigüedad se aproxima a los 3500 años A.C. (Valdez, 2019).

De esta civilización se recuperaron recipientes de barro y de piedra en cuyo interior estaban gránulos de cacao en almidón, botellas de asa de estribo en las cuales degustaron de bebidas fermentadas utilizadas en sus ceremonias. Otras evidencias arqueológicas halladas son los residuos de teobromina y la presencia de ADN antiguo de dos frutos pertenecientes a la familia Malvaceae: *Herrania* spp. cacao silvestre y *Theobroma* spp. cacao domesticado (*Zarrillo et al.*, 2018).



**Figura 1.** Sitios arqueológicos y distribución de la diversidad de especies de cacao  
**Fuente:** Zarrillo *et al.* (2018).

## 2.2. Taxonomía

Esta especie fue descrita y clasificada por el botánico Carlos Linneo en 1753, su nombre científico es *Theobroma cacao* L. Dentro de esta clasificación se le atribuyó a la especie pertenecer a la familia Sterculiaceae. En el año 2003 fue reclasificado en la familia Malvaceae (Perea, 2019). El cacao se clasifica en las siguientes categorías taxonómicas:

**Tabla 1.** Clasificación taxonómica del cacao

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

**Fuente:** Avendaño *et al.* (2011).

### **2.3. Descripción botánica**

El árbol de cacao es de ciclo vegetativo perenne que aproximadamente alcanza una altura de 5 a 7 m, sin embargo, la variedad nacional o cacao arriba originaria de Ecuador puede alcanzar más de 10 m de altura, adquiriendo su desarrollo total a los 10 años (Perea, 2019).

Es una especie semicaducifolia con leve pubescencia en brotes jóvenes, la corteza es oscura de colores gris o café. Se caracteriza por ser cauliflora debido a que sus flores se desarrollan en el tronco y ramas, su periodo de floración inicia luego de 1 a 2 años después de la siembra. Las flores varían su color en función de la variedad; de todas las flores producidas suelen cuajar entre el 1 y 5% (Avendaño *et al.*, 2011).

### **2.4. Ecología y requerimientos del cultivo**

El cacao es cultivado dentro de la región comprendida entre los 20° de latitud norte y 20° de latitud sur con respecto a la línea ecuatorial. Región tropical que contiene más de cincuenta países en donde se cultiva, por sus condiciones de humedad y calor (Quingaísa & Riveros, 2007).

Para su desarrollo óptimo se estima que el cultivo necesita un promedio de precipitaciones entre 1150 y 2500 mm. Con temperaturas mínimas de 18°C y temperaturas no superiores a 32°C, épocas de sequía menores a 3 meses (Arvélo *et al.*, 2017).

Las propiedades físicas del suelo para el correcto desarrollo del cultivo son suelos con profundidades de 0,8 a 1,5 m. de clase textural franco, franco-arcilloso, franco-arenoso. Con una porosidad de 10 a 66% con capacidad de retener la humedad (Arvélo *et al.*, 2017).

Las características químicas óptimas indican que los suelos deben contener materia orgánica mayor a 3%, con una relación C/N de al menos 9. El pH debe estar un rango de 6 a 7 y la capacidad de intercambio catiónico mayor a 12 meq/100g de suelo en la superficie y 5 meq/100g

en el subsuelo. La fertilidad debe ser media a alta, con contenidos de boro, calcio, magnesio y potasio (Arvelo Sánchez *et al.*, 2017).

## **2.5. Grupos genéticos**

De acuerdo con el genotipo se puede clasificar al cacao en variedades tradicionales, híbridos y clones. Se han considerado tres variedades genéticas: criollo, forastero y trinitario diferenciados por la diversidad morfológica de sus frutos, semillas y cualidades sensoriales para la elaboración de chocolates (Durán & Dubón, 2016).

El cacao nacional es considerado como una variedad aislada de las otras debido a su diversidad genética fundamentado en investigaciones con marcadores moleculares, formando así un nuevo complejo germoplásmico (Morillo C. *et al.*, 2014).

### **2.5.1. Criollo**

Este genotipo se desarrolla en condiciones ecológicas semi silvestres y están distribuidos desde México hasta Venezuela, Colombia y Ecuador; se caracterizan por ser árboles de poco vigor, de crecimiento lento, de baja productividad y susceptibilidad a plagas (Batista, 2009).

Las mazorcas presentan una alta variabilidad morfológica con frutos angoleta y cundeamor; el ápice es puntiagudo y de superficie rugosa. En estado inmaduro el color de la mazorca puede ser rojo o verde. Las semillas son de forma alargada y ovalada, difieren de las otras variedades por su coloración rosa pálido o blanco, además destacan por sus cualidades sensoriales de fino aroma (Durán & Dubón, 2016).



**Figura 2.** Diversidad fenotípica de la variedad criollo  
**Fuente:** Durán & Dubón (2016).

### 2.5.2. Forastero

Esta variedad fue domesticada en la región comprendida por Perú, Ecuador y Colombia. El árbol presenta características vigorosas y de alta productividad, sus hojas son de color verde claro y de tamaño menor con respecto a la variedad criollo (Quintero & Díaz, 2004)

Las mazorcas son de forma amelonado o calabacillo, de color verde en estado inmaduro, con ligera rugosidad y surcos poco visibles, el ápice es redondeado y la constricción basal suave. Las semillas en promedio suelen ser de tamaño pequeño, aplanadas y el color de los cotiledones es morado o violeta (Batista, 2009).

Por sus cualidades organolépticas se considera a este tipo de cacao como de calidad ordinaria o corriente, sin embargo, representa cerca del 95% de la producción mundial debido a sus altos rendimientos (Quintero & Díaz, 2004).



**Figura 3.** Cacao forastero amelonado de la colección Utmach  
**Fuente:** Autor



### 2.5.3. Trinitario

Este genotipo de cacao se originó en Trinidad y Tobago, es resultado de hibridación espontánea y natural entre criollos y forasteros amelonados, presentan una gran diversidad morfológica y genética.

Los árboles de cacao trinitario se caracterizan por ser robustos, los frutos en estado inmaduro son de color verde o rojo oscuro. Las semillas pueden ser de color violeta o rosa pálido. Actualmente el cultivo de cacao trinitario se distribuye en América y algunos países de África, representando el 15% de la producción mundial (Sánchez et al., 2017).



**Figura 4.** Cacao ICS 95 de origen trinitario de la colección Utmach  
**Fuente:** Autor

### 2.5.4. Nacional

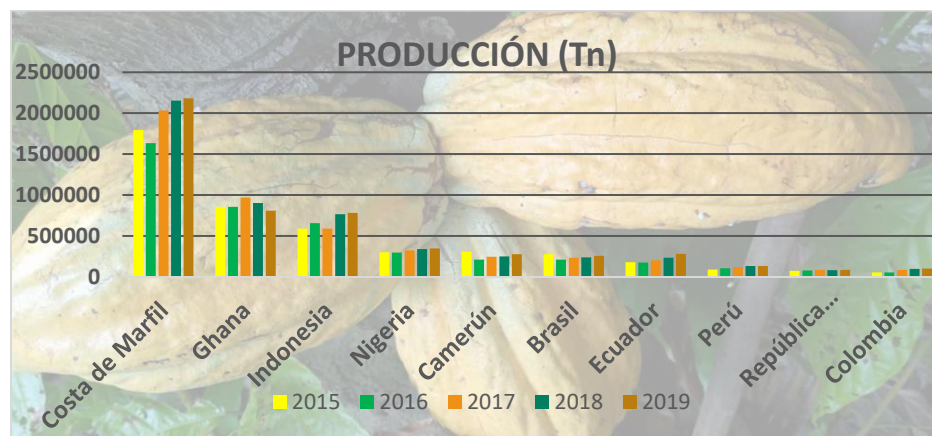
También conocido como cacao arriba desde la época colonial, tiene su origen en la Amazonía ecuatoriana, actualmente se concentra el 70% de la producción mundial en Ecuador. Destaca por sus características sensoriales con notas de sabores florales, frutales, nueces, almendras y especias, esto hace que sea muy requerido por la industria del chocolate (Anecacao, 2018).



**Figura 5.** Cacao híbrido nacional de la colección Utmach  
**Fuente:** Autor

## 2.6. Producción a nivel mundial

En el mundo se exportan 3,3 millones de toneladas de cacao en grano, de las cuales América latina y El Caribe aporta con el 15%. El continente africano es el principal productor con el 66% de la oferta global, seguido de Asia con 17,5%. Sin embargo, durante la última década muestran que África creció solo un 3%, mientras que Asia cayó en un 17%, por otra parte, América creció en un 11%, y en este caso Brasil y Ecuador obtienen la mayor producción. En la figura 3 se observan los principales productores mundiales (Sánchez *et al.*, 2019).



**Figura 6.** Principales productores de cacao a nivel mundial.  
**Fuente:** (FAOSTAT, 2021).

## **2.7. Producción en el Ecuador**

Es considerado el primer productor mundial de cacao fino de aroma. Para el año 2015 Ecuador logró exportar 236,677 toneladas de cacao en grano de las cuales 165, 673 son de la calidad fino y de aroma que representa el 70% del total enviado. Este tipo de cacao es utilizado internacionalmente para preparar chocolates de tipo gourmets, por ser calificado como el mejor del mundo por sus características organolépticas. Debido a estos antecedentes, el grano es muy apetecido y tiene una fuerte demanda en los países Europeos, entre otros (Morales Intriago *et al.*, 2018).

Cerca del 90 % de la superficie cultivada está en la costa ecuatoriana, donde se encuentra la mayor parte sembrada la variedad Nacional x Trinitario, responsables de la producción de cacao que se envían hacia Europa y Estados Unidos (Aldas *et al.*, 2020).

## **2.8. Producción en la Provincia de El Oro**

Esta provincia se caracteriza por su diversidad de climas y pisos altitudinales, permite la producción de varios tipos de cacao que produce el país, la cual están distribuidas en cinco cantones: El Guabo, Pasaje, Machala, Santa Rosa y Arenillas. Se reporta en la provincia El Oro el 7,62 % de la producción en Ecuador (Barrezueta & Chabla, 2017).

## **2.9. Cosecha de cacao**

Cuando las semillas de la mazorca que se encuentran dentro ya no están adheridas a ella toma un color amarillo-rojizo, se conoce que la mazorca está madura y lista para cosechar. La recolección de los frutos varía en un periodo de 5 a 6 meses. Este proceso se da en tres etapas, recolección del fruto, prefermentación y fermentación (Chavez Cruz *et al.*, 2018).

Para realizar esta actividad se necesita tijeras o podones para remover los frutos del árbol sin dañar el cojín floral, estos deben estar previamente desinfectados, además, separar los frutos maduros de los frutos inmaduros y los dañados por plagas y enfermedades (Rosaura *et al.*, 2021).

### **2.10.Épocas de cosecha**

La cosecha varía dependiendo la época del año, se entiende que se clasifica en dos temporadas, la de mayor cantidad de mazorcas, donde se cosecha cada 8 a 15 días; mientras que, la temporada de menor cantidad de frutos, se debe realizar cada 30 días o incluso más tiempo (Torres *et al.*, 2018).

### **2.11.Grado de madurez**

La maduración es definida como los cambios externos e internos de un fruto cuando completa todo su desarrollo., Algo clave es conocer el grado de madurez ya que es uno de los factores más utilizados para distinguir entre la madurez fisiológica de la comercial. La fisiológica se logra cuando finalmente se ha completado el desarrollo del cultivo, es decir, cuando las semillas están formadas y aptas para la siembra, en cambio, la madurez comercial se refiere al estado que es requerido por el mercado (Quezada *et al.*, 2017).

### **2.12.Fermentación**

Es una etapa muy importante ya que de este depende la calidad física y química del grano y dan paso a la explotación de sus características organolépticas (Rivera *et al.*, 2012).

Es un proceso bioquímico donde se desarrollan los precursores del sabor y aroma característico del cacao. Este proceso consta de una primera fase denominada “anaeróbica o alcohólica”, donde las levaduras silvestres consumen el azúcar que se encuentra en el mucílago y de esta forma producen alcohol. Después, con el primer volteo se inicia la fase “aeróbica o acética”,

donde las bacterias consumen el alcohol y producen ácido acético, este junto con la temperatura elevada causada por la actividad de estos microorganismos permeabiliza la cascarilla e ingresando a los cotiledones y al embrión del grano, oxidando los polifenoles y cambiando el color de la almendra. El área donde se realice la fermentación debe mantener una temperatura adecuada y ventilada, para que los gases y olores de la fermentación puedan eliminarse fácilmente (Rosaura *et al.*, 2021).

### **2.13. Fermentación en rotor de madera**

Según Quevedo *et al.*, (2018), manifiestan que la fermentación por rotor de madera es más eficiente que otros métodos tradicionales que a menudo utilizan los pequeños productores, mejorando la calidad comercial de los granos y con un mejor perfil sensorial explotando todos los sabores y aromas característicos de este.



**Figura 7.** Fermentación de muestras en rotor de madera

**Fuente:** Autor

### **2.14. Días de fermentación**

Es un proceso que tiene una duración que varía mucho y va de cinco a seis días, en algunas condiciones depende de la variedad, así como el método que se utilice (Steinau *et al.*, 2016).

### **2.15. Temperatura de fermentación**

La temperatura juega un rol muy importante en la fermentación, se debe procurar lograr como mínimo una temperatura de 45 °C en las primeras 48 horas de fermentación (Primer volteo). Cuando la temperatura comienza a bajar o a superar estos límites se debe realizar un volteo. La recomendación general es hacer esto cada 24 horas luego del primer volteo, la temperatura del cacao en fermentación se debe mantener en el rango de 48 a 51° C (Perez & Contreras, 2017).

### **2.16. Tiempo de volteado**

El primer volteo se inicia la fase “aeróbica o acética”, donde las bacterias consumen el alcohol y producen ácido acético, este junto con la temperatura elevada causada por la actividad de estos microorganismos permeabiliza la cascarilla e ingresando a los cotiledones y al embrión del grano, oxidando los polifenoles y cambiando el color de la almendra, luego se realizan tres volteos más cada 24 horas, hasta finalmente completar el tiempo de volteo con una duración de cinco días (José Vera et al., 2017).

### **2.17. Secado**

Durante el secado la humedad de los granos pasa del 60% hasta 7% aproximadamente. En este proceso siguen desarrollándose características organolépticas que no se completaron en la fermentación. Entre el 7 al 8% de humedad del grano es un rango óptimo y seguro para prevenir el deterioro, donde se asegura que los microorganismos no dañaran el cacao durante el proceso de almacenamiento (Romero, 2020).

### **2.18. Almacenamiento**

Este proceso es un punto crítico, en él se presentan variaciones de humedad que el grano absorbe, superando el 7 u 8%, facilitando la proliferación de hongos y con ello pérdidas en las propiedades fisicoquímicas y organolépticas. Por ende, el tiempo máximo de almacenamiento es

de aproximadamente dos meses. Una vez superado este tiempo, los granos empiezan a deteriorarse y como consecuencia afecta en el precio final que incluye la venta principalmente a las industrias chocolateras al momento de comercializar su producto (Saza & Jiménez, 2020).

## **2.19. Indicadores de productividad**

### **2.19.1. Índice de mazorca**

El índice de mazorca está directamente relacionado con factores genéticos, ambientales y la edad del árbol. Un índice de mazorca bajo significa que se necesita una menor cantidad de mazorcas cosechadas para alcanzar el peso de 1 kg de cacao seco. (Solís *et al.*, 2015)

Se entiende por el número de mazorcas para obtener un kg de cacao seco y al 7% de humedad. Se aplica la siguiente fórmula:  $IM = (N^{\circ} \text{ mazorcas} \times 1000) / (\text{Peso de las almendras secas de } N^{\circ} \text{ mazorcas expresados en gramos})$  (Sánchez Mora *et al.*, 2014).

### **2.19.2. Índice de semilla**

Posteriormente se calcula el índice de semilla con el peso de almendras de cacao seco, expresado en gramos y al 7% de humedad, seleccionadas del índice de mazorca, se toman al azar 100 almendras y se utiliza la fórmula:  $IS = \text{Peso en gramos de 100 almendras fermentadas y secas} / 100$  (Quintana Fuentes *et al.*, 2015).

## **2.20. Recursos genéticos**

Actualmente el material vegetal certificado para la siembra de cacao es resultado del mejoramiento genético durante varios años, basado en el fitomejoramiento clásico se realizan selecciones de árboles denominados élite por sus características de vigor, productividad y resistencia a plagas; estos árboles son propagados sexualmente con la intención de obtener progenie con características superiores (Sánchez *et al.*, 2017).

### **2.20.1. Híbridos**

Un híbrido es el resultado del cruce de distintos árboles que se han estudiado y escogido por ser los mejores: excelente calidad de la semilla, alta producción y presentan resistencia a plagas y enfermedades. La semilla posee características organolépticas de alta calidad, tiene un sabor exquisito a chocolate con un contenido alto a manteca (Solís Bonilla *et al.*, 2015).

### **2.20.2. Árboles élite**

La falta de información sobre el comportamiento de los árboles de cacao ha provocado que permanezcan sitios sin explotarse como fuente de materiales híbridos y sobre todo para la selección de árboles élites (Estupiñán & Montaña, 2017).

Según Palencia *et al.*, (2008), para ser escogido un árbol de cacao como élite, debe poseer las siguientes características:

Árboles mayores a 15 años, con más de 62 frutos en dos meses antes del pico de cosecha, de buena distribución de los cojinetes florales en tronco y ramas.

Árboles que presenten índice de mazorca menor a 18 (un kilo de cacao seco por 18 mazorcas), índice de semilla mayor a 1.5 (semillas secas con más de 1.5 gramos de peso) y que sean tolerantes al estrés provocado por sequía y humedad.

### **2.20.3. Caracterización fenotípica**

Es la descripción sistemática o análisis de la expresión fenotípica de una colección determinada, para cada descriptor definido previamente. Es fundamental para los bancos de germoplasma debido a la importancia del uso de los recursos genéticos, además con la caracterización se pueden determinar una serie de variables cuantitativas y cualitativas, para tener un mejor entendimiento del comportamiento de las especies.



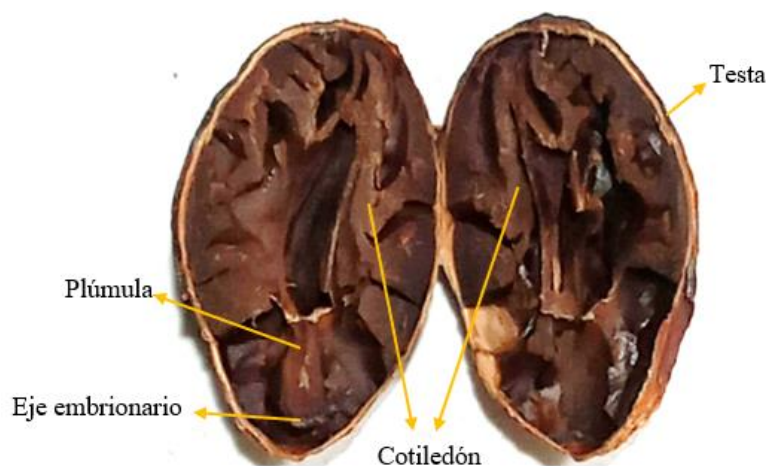
La caracterización fenotípica sirve como base para la identificación de cultivares o líneas genéticas y su principal objetivo es la variabilidad de los genotipos, en tanto que la evaluación se concentra en determinar el valor agronómico (Phillips Mora *et al.*, 2012).

Para la caracterización morfológica los descriptores deben tener las siguientes características: fácilmente observables, comportamiento discriminante con poca influencia del ambiente, uniformidad y universalidad en sus unidades de medida. Todas estas características permiten simplificar las tareas de registro de datos en campo (Arciniegas, 2005).

#### 2.20.4. Descriptores para semillas de cacao

Según Phillips *et al.*, (2012) para la caracterización de semillas de cacao se toman en cuenta los siguientes descriptores: color del cotiledón, forma de la semilla, forma del corte transversal, longitud, diámetro y espesor.

A estas variables se les puede añadir otros descriptores como el color y longitud de plúmula, la densidad aparente y ciertos descriptores que permiten calcular el rendimiento de cada genotipo.



**Figura 8.** Corte longitudinal de almendra seca  
**Fuente:** Autor

## CAPITULO III

### 3.MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1.Localización del ensayo

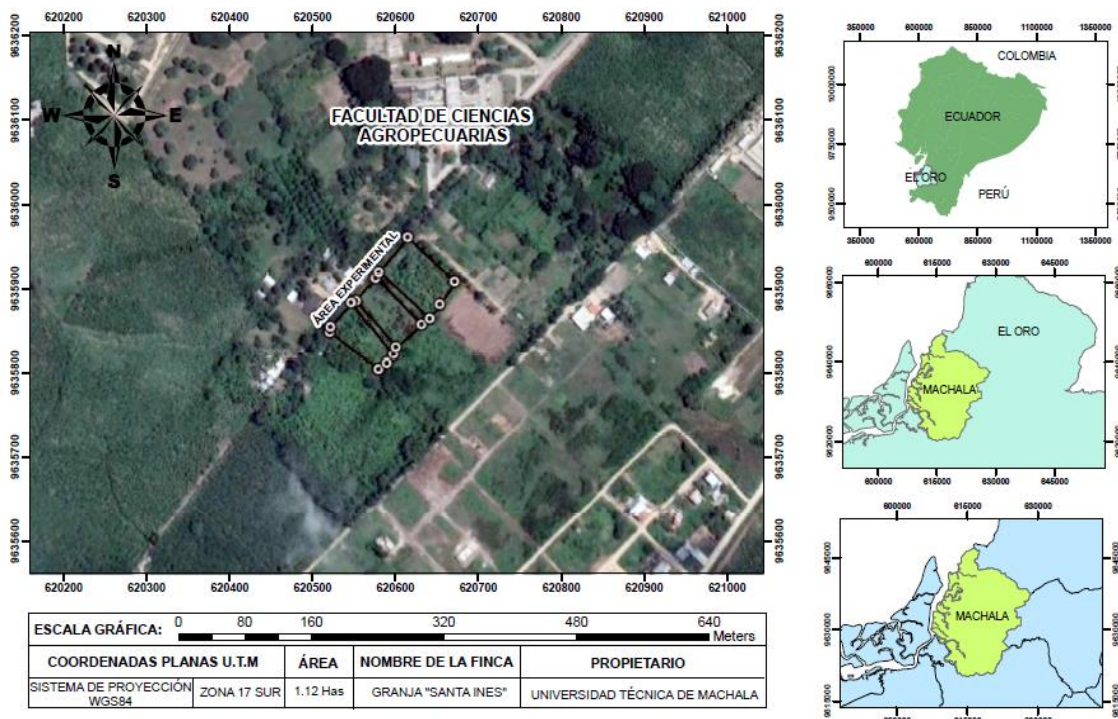
La presente investigación se la realizó en el área de cacao de la Granja Santa Inés, perteneciente a la Facultad de Ciencias Agropecuarias, de la Universidad Técnica de Machala, Ubicada en la provincia de El Oro, perteneciente al cantón Machala, de la parroquia El Cambio, referente a la Región 7, ubicada en el km 5,5 de la vía Machala-Pasaje.

#### 3.2.Ubicación geográfica

El sitio de estudio se encuentra ubicado entre las siguientes coordenadas:

Coordenadas geográficas: 79° 54' 51'' (Longitud) W; 03°17' 34'' S (Latitud)

Altitud: 10 msnm



**Figura 9.** Mapa de ubicación geográfica del área experimental

**Fuente:** Autor

### **3.3.Ecología del sitio**

Según las zonas de vida de Holdridge y mapa Ecológico del Ecuador, presenta un clima cálido subtropical con un promedio de temperaturas entre 25 y 28°C. precipitación media anual de 489 mm, y 2 a 4 horas diarias de Heliofanía caracterizando a la zona como Bosque muy seco – Tropical.

De acuerdo con el mapa de taxonomía de suelos del Atlas de la provincia de El Oro, indica que en El Oro existen texturas de suelos Entisoles en las llanuras aluviales e Inceptisoles en los lugares de mayor altura, con humedad relativa de 84% (Villaseñor et al., 2015).

### **3.4.Materiales**

#### **3.4.1.Materiales de campo**

Tijera de poda, canasto recolector, fundas, etiquetas, rotor fermentador de madera, marquesinas, machete y libreta de apuntes.

#### **3.4.2.Materiales genéticos**

Cacao nacional, híbridos forasteros, híbridos criollos, ICS-95 (Origen trinitario)

#### **3.4.3.Materiales de laboratorio**

- ✓ Medidor de humedad SAMAP -O- TEST H40
- ✓ Calibre pie de rey
- ✓ Tabla de Munsell
- ✓ Gramera
- ✓ Navaja
- ✓ Probeta 25ml

### 3.5.Descriptores caracterizados

**Tabla 2.** Descriptores de semillas de cacao

N°	Descriptor	Código	Tipo de variable
D1	Longitud del grano (mm)	LG	Cuantitativa
D2	Ancho del grano (mm)	AG	Cuantitativa
D3	Espesor del grano (mm)	EG	Cuantitativa
D4	Peso de granos (g)	PG	Cuantitativa
D5	Peso de cascarilla (g)	PC	Cuantitativa
D6	Peso de nibs (g)	Pni	Cuantitativa
D7	Granos por mazorca	GM	Cuantitativa
D8	Mazorcas sanas por árbol	MSA	Cuantitativa
D9	Índice de mazorca	IM	Cuantitativa
D10	Índice de grano	IG	Cuantitativa
D11	Porcentaje de grano (%)	PoG	Cuantitativa
D12	Porcentaje de cascarilla (%)	PoC	Cuantitativa
D13	Rendimiento anual (T/ha/año)	RA	Cuantitativa
D14	Color del grano en seco	CG	Cualitativa
D15	Color de plúmula del grano	CP	Cualitativa
D16	Longitud de plúmula (mm)	Lp	Cuantitativa
D17	Densidad aparente del grano ( $g/cm^3$ )	Da	Cuantitativa
D18	Humedad del grano (%)	HG	Cuantitativa

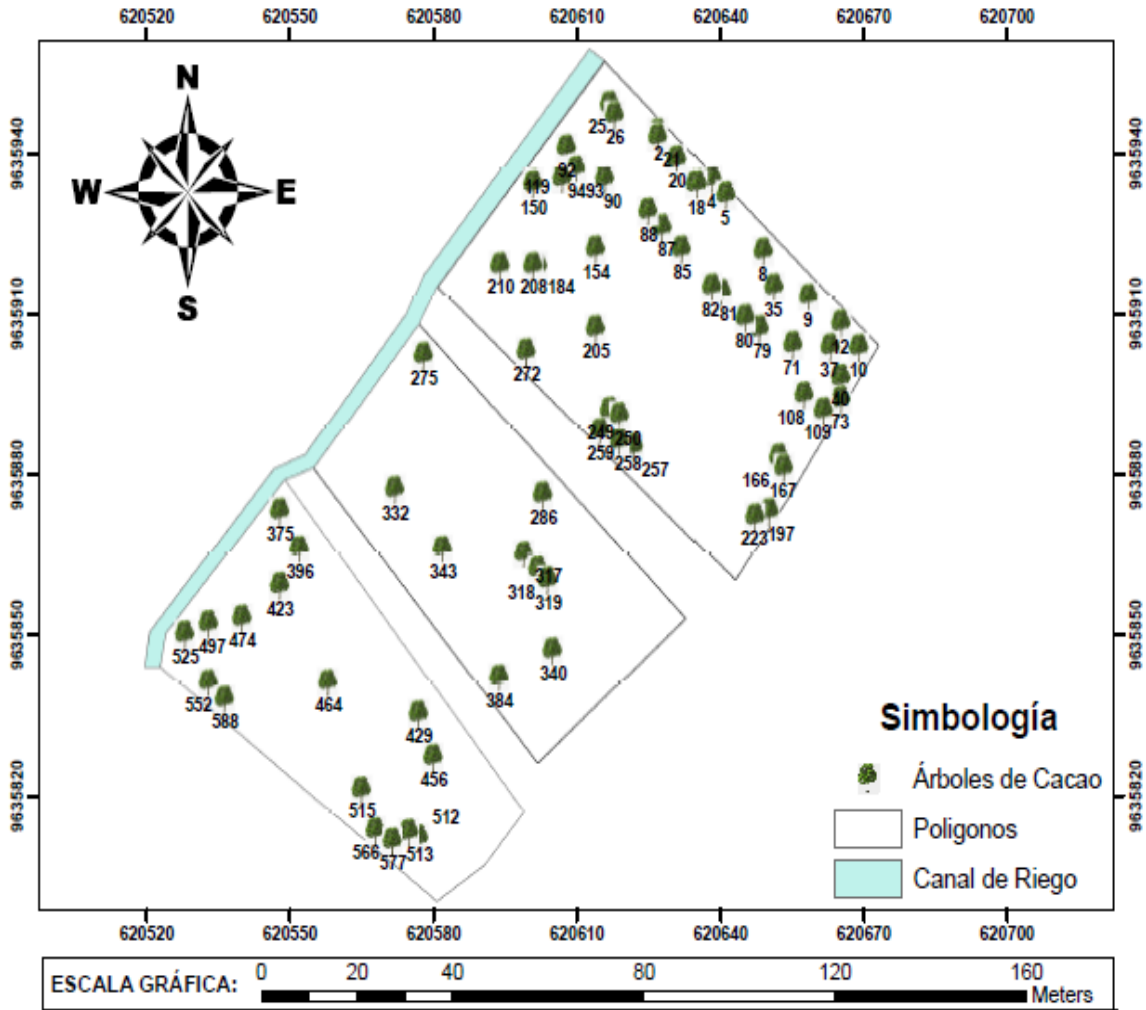
mm= milímetro. g= gramo. %= porcentaje T= tonelada

**Fuente:** Autor

### 3.6. Metodología

#### 3.6.1. Diseño experimental

Se realizó la selección masal estratificada en función del fenotipo, en el cual cada accesión es un genotipo diferente identificado con su respectivo código. La muestra total de árboles seleccionados para caracterizar las almendras fue de 72 accesiones de los cuales se cosecharon mazorcas sanas y posteriormente se procesaron las almendras para ser caracterizadas.



**Figura 10.** Distribución de los árboles seleccionados en el área experimental  
**Fuente:** Autor

### 3.6.2. Longitud, ancho y grosor de almendra

Se realizó la lectura de estas variables a través de un calibre pie de rey digital. Se muestrearon 10 semillas elegidas al azar por cada árbol. Se midió la longitud de cada una de las semillas, para la medición del ancho de semilla se tomó la medida de la parte media del grano y finalmente se midió el espesor de las semillas.



**Figura 11.** Medición del largo, ancho y espesor de las semillas con calibre pie de rey  
**Fuente:** Autor.

### 3.6.3. Peso de granos y cascarilla

Para la toma de datos de este descriptor se seleccionaron 10 almendras al azar de cada árbol y se pesó en una gramera de dos decimales con 0,01g de graduación, luego se descascarilló las almendras y se las pesó.



**Figura 12.** Peso de almendras y cascarilla en gramera  
**Fuente:** Autor.

### 3.6.4. Número de granos por mazorca

Este descriptor fue tomado luego del fermentado y secado de las semillas, se contabilizó el total de semillas por cada mazorca cosechada y se discriminaron aquellas semillas consideradas vanas.



**Figura 13.** Número de granos por cada mazorca  
**Fuente:** Autor

### 3.6.5. Número de mazorcas sanas por árbol

Se realizó el conteo en campo, de cada árbol seleccionado se contabilizaron las mazorcas que se encontraban libres de hongos y de un tamaño aproximadamente mayor a 10 cm asumiendo que serán el número esperado a cosechar.



**Figura 14.** Conteo de mazorcas en campo  
**Fuente:** Autor

### 3.6.6. Índice de mazorca

Para este descriptor fueron pesadas 10 almendras de cacao secas seleccionadas al azar, tomando en cuenta el número de mazorcas que se necesitan para obtener un kilo de cacao seco. Se empleó la siguiente ecuación para obtener los valores finales:

$$\text{Índice de mazorca} = \frac{N \text{ mazorcas} \times 1000}{\text{Peso en gramos de almendras secas de } N \text{ Mazorcas}}$$

### 3.6.7. Índice de grano

Se determinó mediante el pesaje de 10 almendras de cacao secas y se lo dividió para el número total de almendras pesadas.

$$\text{Índice de grano} = \frac{\text{Peso en gramos de } N \text{ almendras}}{N \text{ almendras}}$$

### 3.6.8. Porcentaje de almendra y cascarilla

Para esta variable se tomó en cuenta los valores del pesaje de 10 almendras de cacao secas seleccionadas al azar y se empleó las siguientes ecuaciones para obtener los valores en porcentaje.

$$(\%) \text{ almendra} = \frac{\text{Peso en gramos de } N \text{ almendras}}{\text{Peso total de } N \text{ almendras}} \times 100$$

$$(\%) \text{ cascarilla} = \frac{\text{Peso en gramos de cascarilla de } N \text{ almendras}}{\text{Peso total de } N \text{ almendras}} \times 100$$

### 3.6.9. Rendimiento anual

Para esta variable se realizó el conteo de mazorcas durante 2 cosechas correspondientes a un año, se dividió para el índice de mazorca obtenido previamente y se multiplicó por la densidad poblacional estimada para densidades de siembra de 3x3 en marco real.

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Número de mazorcas al año}}{\text{Índice de mazorca}} \times 1111$$



### 3.6.10. Color de almendra en seco color de plúmula

Para la caracterización de esta variable cualitativa se realizó un corte longitudinal en 10 almendras secas y se determinó el color mediante la tabla de Munsell para tejidos vegetales.



**Figura 15.** Identificación de colores de grano en seco en la tabla Munsell  
**Fuente:** Autor

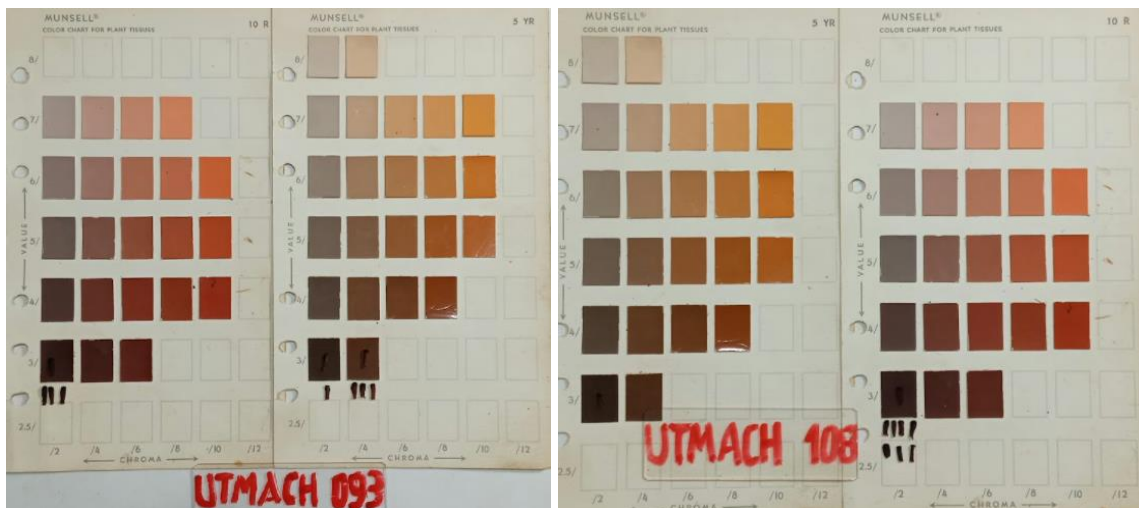
**Tabla 3.** Categorización de colores para la variable color de almendra en seco

Color	Categoría
5YR3/2	1
10R3/2	2
10R3/4	3
2,5YR3/4	4
5YR3/4	5

**Fuente:** Autor

### 3.6.11. Color de plúmula

Para la caracterización de esta variable se tomaron al azar 10 granos secos, se extrajo la plúmula del cotiledón de la semilla y se determinó el color mediante la tabla de Munsell para tejidos vegetales.



**Figura 16.** Identificación de colores de plúmula en la tabla Munsell

**Fuente:** Autor.

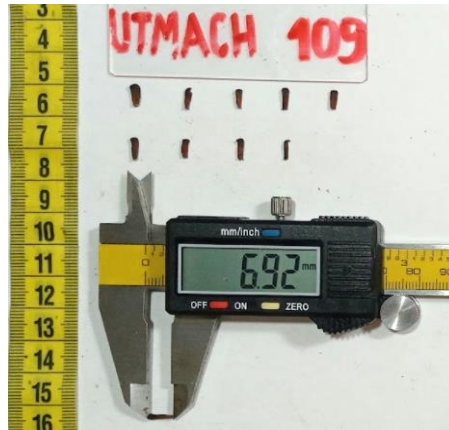
**Tabla 4.** Categorización de colores para la variable color de plúmula

Color	Categoría
5YR3/2	1
10R3/2	2
10R3/4	3
2,5YR3/4	4
5YR3/4	5
2,5YR3/6	6
7,5YR5/6	7

**Fuente:** Autor

### 3.6.12. Longitud de plúmula

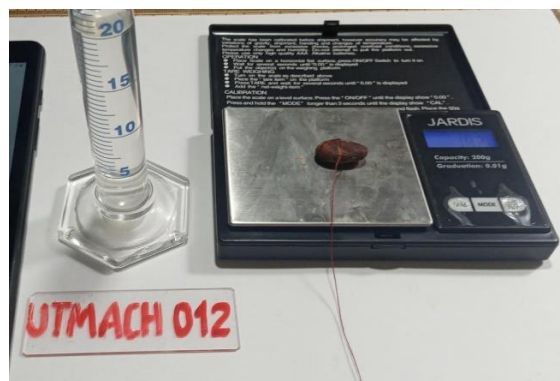
Este descriptor cuantitativo fue medido a través del vernier digital marca stanley y se determinó la longitud en milímetros.



**Figura 17.** Medición de la plúmula con vernier digital marca stanley  
**Fuente:** Autor.

### 3.6.13. Densidad aparente de almendras

Para la caracterización de esta variable se tomó dos parámetros cuantitativos, masa y volumen. Se realizó pesaje unitario de semillas en una gramera digital para obtener los valores de la masa.



**Figura 18.** Pesaje unitario de semillas de cada genotipo  
**Fuente:** Autor.

Para estimar el volumen se sujetó el grano con una cuerda fina y se lo sumergió dentro de una probeta de 25ml con un volumen conocido de agua, para observar el volumen desplazado cuando el grano está sumergido y tomar la lectura del volumen.

Con estos dos parámetros se procedió a realizar el cálculo de densidad a través de la siguiente ecuación:

$$\text{Densidad aparente} = \frac{\text{Peso de 1 almendra}}{\text{Volumen de 1 almendras}}$$



**Figura 19.** Grano sumergido en agua para tomar lectura del volumen desplazado  
**Fuente:** Autor.

#### **3.6.14. Humedad del grano**

Para medir el porcentaje de humedad del grano de cacao, se utilizó el equipo electrónico de medidor de humedad SAMAP -O- TEST modelo H40, a una temperatura constante de 22°C, de forma inmediata, se insertó al azar 50 semillas de cada accesión seleccionada para finalmente obtener valores en porcentajes.

## CAPITULO IV

### 4.RESULTADOS Y DISCUSIONES

#### 4.1. Análisis de componentes principales

De acuerdo con el análisis de componentes principales, se obtuvieron 6 componentes que contienen el 82,964% de varianza entre los 72 genotipos estudiados (Tabla 5).

**Tabla 5.** Autovalores y proporción de la varianza expresado en el análisis de componentes principales en la caracterización de 72 accesiones de cacao

Componente	Autovalores iniciales	
	% de la varianza	% acumulado
1	34,805	34,805
2	16,294	51,099
3	11,069	62,169
4	8,231	70,399
5	6,509	76,909
6	6,055	82,964

Según Cliff (1987) interpreta que para aquellos componentes que en la suma de sus valores propios resulten 70% deben aceptarse, de esta manera en este análisis existen 4 componentes que manifiestan el 70,399% de varianza acumulada, considerándose suficientes para identificar la variación entre las accesiones.

Según Quevedo *et al.*, (2020), manifiesta con solo 3 componentes alcanza el 34% de la varianza total explicada, considerándose como un porcentaje bajo para los primeros 3 componentes, sin embargo, esto se debe a la gran cantidad de descriptores y accesiones estudiadas puesto que existe posibilidad de que se distribuya en porcentajes a otros grupos.

En la tabla 6 se observa los resultados de la matriz de componente rotado, donde se detalla la proporción y la distribución positiva y negativa de cada descriptor para cada componente.

**Tabla 6.** Vectores propios de los 6 componentes principales en la caracterización de 72 genotipos de cacao

	<b>Componente 1</b>	<b>Componente 2</b>	<b>Componente 3</b>			
	PG	0,958	PoC	0,903	EG	0,423
<b>Más</b>	IG	0,958	PoG	-0,903	GM	-0,636
<b>Discriminantes</b>	Pni	0,937			MSA	-0,558
	IM	-0,806				
	<b>Componente 4</b>	<b>Componente 5</b>	<b>Componente 6</b>			
	CG	0,781	IM	0,395	CP	0,529
<b>Medios</b>	EG	0,395	HG	0,346	AG	0,373
<b>discriminantes</b>	Lp	-0,531	GM	-0,554	HG	-0,390
			AG	-0,310		

El primer componente principal, constituye el 34,81 % de la varianza total explicada, de las cuales peso de grano (PG), índice de grano (IG) y peso de nibs (Pni) contribuyeron positivamente contrastando con el índice de mazorca (IM) que contribuyó negativamente. Es decir, este componente permite distinguir las accesiones que presentan mayor peso e índice de grano al igual que la cascarilla; también permitió diferenciar aquellas que presentan mayor índice de mazorca.

El segundo componente principal aporta con el 16,29 % de la varianza total explicada, donde las variables porcentaje de cascarilla (PoC) y porcentaje de grano (PoG) aportaron de

manera positiva y negativa respectivamente, de tal manera que se puede diferenciar los genotipos con mayor porcentaje de cascarilla y también a aquellos genotipos con menor porcentaje de grano.

El tercer componente principal aporta el 11,07 % a la varianza total explicada, donde la variable espesor del grano (EG) aportó de manera positiva, mientras que las variables granos por mazorca (GM) y mazorcas sanas por árbol (MSA) aportaron de manera negativa, es decir, se distingue entre accesiones por un mayor número de granos por mazorca y también por un menor número de mazorcas sanas por árbol.

El cuarto componente principal contribuye con el 8,23 % de la varianza total explicada, donde las variables color del grano (CG) y espesor del grano (EG) contribuyen de manera positiva, en tanto que la variable longitud de plúmula (Lp) contribuye de forma negativa. Esto da a entender que las accesiones se distinguen por los colores del grano 5yr<sup>3/2</sup> o 10r<sup>3/2</sup> y por un mayor espesor del grano y también por el menor tamaño de plúmula.

El quinto componente principal contribuye con el 6,51 % de la varianza total expresada, de las cuales las variables índices de mazorca (IM) y humedad del grano (HG) contribuyen de manera positiva, mientras que granos por mazorca (GM) y ancho del grano (AG) contribuyen de manera negativa.

El sexto componente principal contribuye con el 6,055 % de la varianza total explicada, donde las variables color de plúmula (CP) y ancho del grano (AG) se expresan de manera positiva, en tanto que humedad del grano se expresa negativamente.

#### **4.1.1. Descriptores más discriminantes**

En la figura 20, se observa que las variables vinculadas de manera positiva con el primer componente es el peso de grano (PG), índice de grano (IG) y peso de nibs (Pni); y de forma

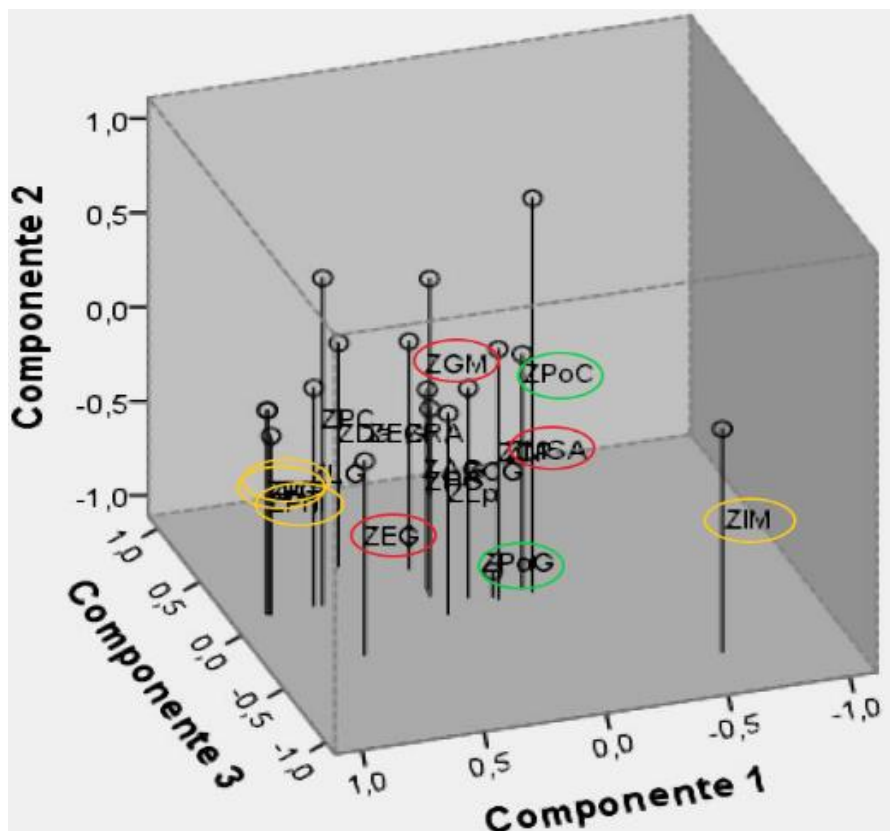
negativa el índice de mazorca (IM). Las variables más afines al segundo eje son en sentido positivo porcentaje de cascarilla (PoC) y con valor negativo porcentaje de grano (PoG). Los descriptores del tercer componente y de comportamiento positivo es el espesor del grano (EG); mientras que negativo son los descriptores granos por mazorca (GM) y mazorcas sanas por árbol (MSA).

Las variables mencionadas anteriormente concuerdan parcialmente con los descriptores discriminantes para semillas reportados por (Ramos *et al.*, 2004) en donde coinciden los descriptores peso de las almendras, espesor de la almendra, índice de almendra y porcentaje de testa o cascarilla y difieren con los descriptores ancho de la almendra, color del cotiledón.

También se entabla similitudes con los descriptores registrados por (Sánchez *et al.*, 2014) en el cual con dos componentes principales que explicaron el 73.02% de la varianza total, destacan los descriptores: porcentaje de mazorcas sanas e índice de mazorca como los más discriminantes para evaluar el rendimiento y la sanidad de las cosechas.

El comportamiento de los descriptores de la figura 20 es considerado como atípico con relación a los demás descriptores, lo que indica que, por su mayor distanciamiento con respecto a los demás descriptores, estos permiten establecer una diferencia o variabilidad en los caracteres de semillas de cacao.



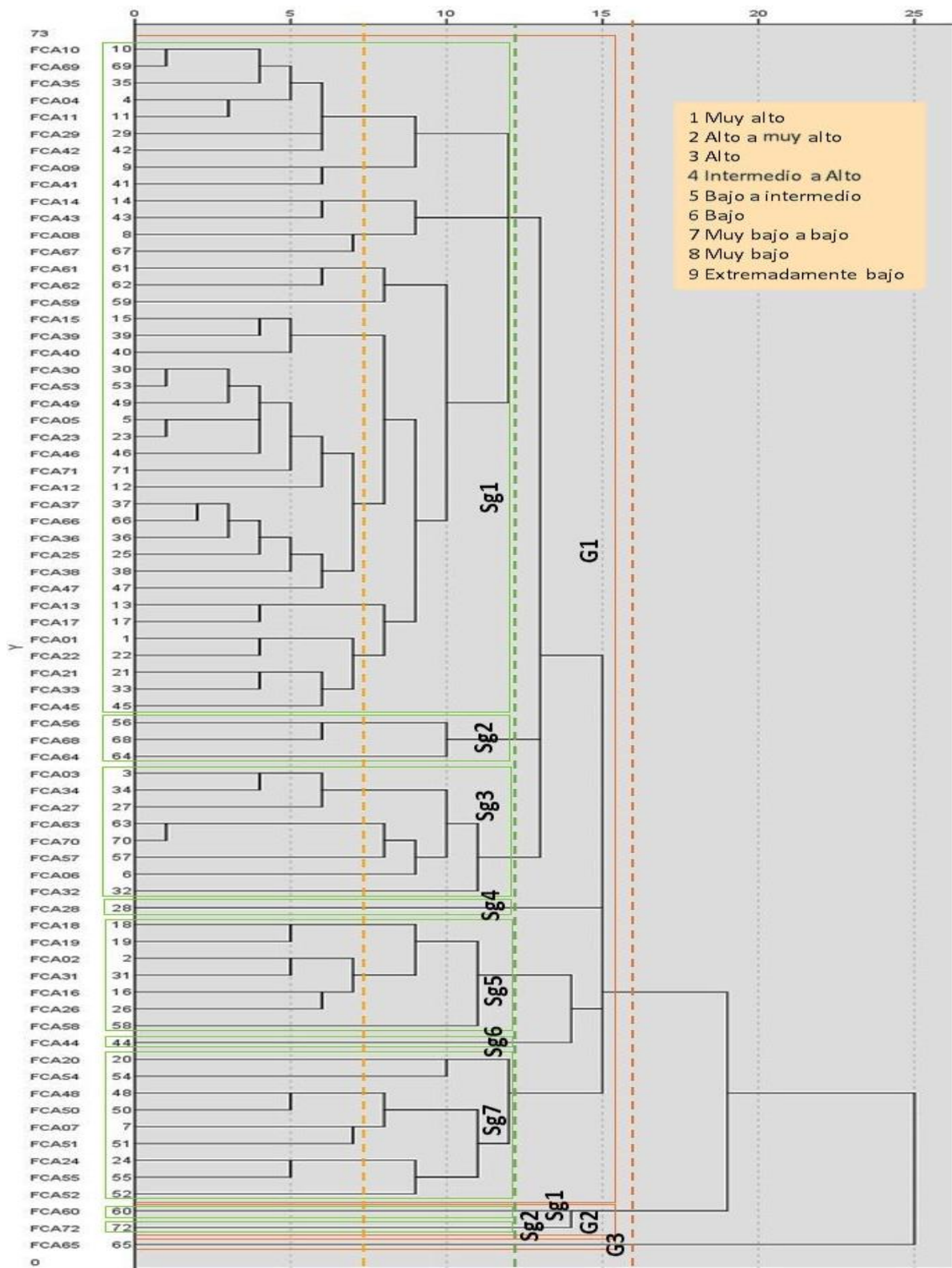


**Figura 20.** Distribución de los descriptores más discriminantes dentro de la agrupación total de descriptores

**Fuente:** Autor.

#### 4.2. Análisis de conglomerados

Basándose a un valor de correlación de 16 se agruparon las accesiones y en cada uno de ellos se formaron subgrupos referenciado a 12 en la escala de similitud, y a su vez se crearon segregaciones de estos, conformados a una distancia de aproximadamente 8 en la escala, lo cual se observa en la figura 20.



**Figura 21.** Dendrograma de similitud entre genotipos de cacao  
**Fuente:** Autor.

#### **4.2.1. Diversidad fenotípica de la colección viva**

**Grupo 1:** Integrado por 69 genotipos, los mismos que se agrupan en 7 subgrupos.

##### **Subgrupos**

Subgrupo 1, conformado por diez subgrupos segregantes. En el primero se encuentra los genotipos FCA 10 y FCA 69 que tienen muy alta similitud, y a esta asociación se relacionan la línea FCA 35 con una intensidad intermedia a alta; a ellas se asocia los fenotipos FCA4 y FCA11 con una escala baja a intermedia, estas dos últimas mantienen un alto parentesco entre ambas; y las accesiones FCA29 y FCA 42 que guardan una relación baja entre ellas y con todas las anteriores. En el segundo subgrupo segregante se encuentran las accesiones FCA 9 y FCA 41 relacionadas entre sí a una escala baja. En el tercer subgrupo segregante se encuentran las accesiones FCA 14 y FCA 43 relacionadas entre sí a una escala baja. En el cuarto subgrupo segregante se encuentran las accesiones FCA 8 y FCA 67 relacionadas entre sí a una escala muy baja a baja. En el quinto subgrupo segregante se encuentran las accesiones FCA 61 y FCA 62 relacionadas entre sí a una escala baja. En el sexto subgrupo segregante se encuentra de manera independiente la accesión FCA 59 a una escala muy baja. En el séptimo subgrupo segregante se encuentran las accesiones FCA 15 y FCA 39 relacionadas entre sí a una intermedia a alta, a estas se asocia la accesión FCA 40 a una escala baja a intermedia. En el octavo subgrupo segregante se encuentra las accesiones FCA 30 que con la FCA 53 tienen muy alta similitud, y a esta asociación se relacionan la línea FCA 49 con una intensidad alta; a ellas se asocia los fenotipos FCA 5 y FCA 23 con una escala intermedia a alta, estas dos últimas mantienen muy alto parentesco entre ambas; luego la línea FCA 46 se asocia con una intensidad intermedia a alta; la línea FCA 71 se agrupa a ellas con una intensidad baja a intermedia; con un nivel bajo se agrupa la accesión FCA 12 y finalmente a todas ellas con un nivel muy bajo a bajo se integran las accesiones, la FCA 37 y FCA

66 con un parentesco de alto a muy alto entre sí, que a su vez se asocian las accesiones FCA 36 , FCA 25, FCA 38, FCA 47 de manera progresiva desde una escala intermedia a alta hasta baja respectivamente. En el noveno subgrupo segregante se encuentran las accesiones FCA 13 y FCA 17 a una escala intermedia a alta. En el décimo subgrupo segregante se encuentran las accesiones FCA 1 y FCA 22 relacionadas entre sí a una escala intermedia a alta, finalmente a ambas con un nivel muy bajo a bajo se agrupan las accesiones FCA 21 y FCA 33 relacionadas ambas a una escala intermedia a alta que a su vez se integran con la accesión FCA 45 a una escala de baja.

Subgrupo 2, conformado por dos subgrupos segregantes. En el cual se encuentra las accesiones FCA 56 y FCA 68 ambas se relacionan con muy baja similitud en la escala. En el segundo grupo segregante está la línea FCA 64 con un parentesco muy bajo.

Subgrupo 3, integrado por cinco subgrupos segregantes. En el primero están las accesiones FCA 3 y FCA 34 relacionadas entre sí con una similitud intermedia a alta, a estas se asocian las accesiones FCA 27 con una similitud baja. En el segundo subgrupo segregante se integran las accesiones FCA 63 y FCA 70 que tienen un parentesco muy alto entre sí. En el tercer subgrupo segregante está la accesión FCA 57 con una similitud muy baja con respecto al subgrupo anterior. En el cuarto subgrupo segregante está la accesión FCA 6 con una similitud muy baja con respecto al subgrupo segregante anterior. Finalmente, en el quinto subgrupo segregante se encuentra la accesión 32 relacionada a todas las acciones de los subgrupos segregantes anteriores con una similitud extremadamente baja.

Subgrupo 4, lo conforma la accesión FCA 28, es independiente y difiere de todos los subgrupos anteriores con una similitud muy baja con relación a la escala.

Subgrupo 5, que está conformado por 3 subgrupos segregantes. En el primero se encuentran las accesiones FCA 18 y FCA 19 que se relacionan entre sí con una similitud baja a intermedia. En el segundo están las accesiones FCA 2 y FCA 31 con una similitud baja a intermedia entre ambas, a estas se integran las accesiones FCA 16 y FCA 26 relacionadas con una similitud baja entre ambas y asociadas con una similitud muy bajo a bajo con las dos anteriores. El tercero está conformado por la accesión FCA 58 que está relacionado con todas las mencionadas anteriormente con una similitud extremadamente baja.

Subgrupo 6, que está conformado por una sola accesión, FCA 44 que se encuentra relacionada a todo el subgrupo 5 con una similitud extremadamente baja.

Subgrupo 7, está compuesto por 6 subgrupos segregantes. En el primer subgrupo segregante está la accesión FCA 20 y se relaciona con la accesión del segundo subgrupo segregante con una similitud extremadamente baja entre ambas. En el tercer grupo se encuentran las accesiones FCA 48 y FCA 50 relacionadas entre ambas de manera baja a intermedia con respecto a la escala. En el cuarto están los genotipos FCA 7 y FCA 51 con una relación muy baja a baja entre ambas. En el quinto se encuentran las accesiones FCA 24 y FCA 55 con una valoración baja a intermedia en la escala de similitud. Finalmente, en el sexto subgrupo segregante está la accesión FCA 52 con una similitud extremadamente baja con respecto a todos los genotipos de este subgrupo.

**Grupo 2:** Conformado por 2 genotipos, los mismos que se agrupan en 2 subgrupos.

### **Subgrupos**

Subgrupo 1, conformado únicamente por la accesión FCA 60 con una similitud extremadamente baja.

Subgrupo 2, integrado por el genotipo FCA 72 y se relaciona con una similitud extremadamente baja con respecto a la escala.

**Grupo 3:** Conformado por un genotipo que guarda la mayor distancia en cuanto a la similitud comparado con las accesiones de los dos grupos anteriores.

#### **4.2.2. Características principales de los grupos conformados por el dendrograma**

De la figura 20, donde se agrupan las accesiones de cacao, se desglosan a continuación las características fenotípicas que les permiten dar el criterio de agrupamiento

En el Grupo 1 subgrupo 1 es donde se concentran agrupados la mayor cantidad de genotipos, debido a que los descriptores denotan una normalidad en cuanto a sus datos, sin embargo, el mayor criterio de diferenciación para esta agrupación es la variable número de mazorcas sanas por árbol en donde su valor es (16), esto concuerda con los resultados obtenidos por (Vera, 2015) donde reportó promedios de números de mazorca por árbol de 14 a 15 en diferentes híbridos de cacao.

Grupo 1 subgrupo 2 el cual está conformado por 3 accesiones, las variables que permiten diferenciarlas son *c* y humedad relativa (8,3%); estos datos difieren de los reportados por (Zambrano *et al.*, 2010) que caracterizó el color del grano en seco obteniendo 2,5R 4/2; 10R 3/2; 2,5R 4/3; 10R 6/4 y para la humedad reportó valores de 7,5 a 7,7 %.

Grupo 1 subgrupo 3, en este grupo las accesiones denotan una variabilidad debido al descriptores granos por mazorca (45) y tienen mucha similitud con el promedio de almendras por mazorca reportado por (Vera *et al.*, 2014)

Grupo 1 subgrupo 4 en el cual solo se halla una accesión, donde los principales descriptores discriminantes son longitud del grano(27,9mm) siendo este valor acorde con los resultados

obtenidos por (Ramos *et al.*, 2020) donde registra longitudes de semillas de 29,7 a 21,5 mm; así mismo reporta datos de 7,9 a 12,2mm para el espesor de semillas siendo muy similares a los obtenidos en esta investigación (10,3mm), granos por mazorcas (20), porcentaje de grano (88,1%) y porcentaje de cascarilla (11,9%) este descriptor posee una valoración baja con respecto a los resultados obtenidos de (Vera *et al.*, 2014) donde registró promedios de porcentajes de cascarilla de 18,9%.

En el grupo 1 subgrupo 5 se destacan las variables porcentaje de grano (81,3%), porcentaje de cascarilla (18,7%) y densidad aparente ( $0,8 \text{ g/cm}^3$ ) como las consideradas para discriminar.

En el grupo 1 subgrupo 6 donde solamente se encuentra una accesión, las variables utilizadas para aislarla del resto de grupos son las siguientes: longitud del grano (17,2mm), ancho del grano (10,8mm), espesor del grano (6,7mm), peso de grano (6,8g), peso de cascarilla (1,2g), peso de nibs (5,7g), índice de mazorca (37,5), índice de grano (0,7) y longitud de plúmula (4,6mm).

En el grupo 1 subgrupo 7 se diferencian las accesiones por el color del grano (2,5YR3/4)

Para el grupo 2 en donde se asocian solo 2 de accesiones, pero con gran variabilidad en cuanto a sus características se destacan las siguientes variables para cada subgrupo: peso de grano (20g), peso de cascarilla (3,5), peso de nibs (16,4), mazorcas sanas por árbol (43), índice de mazorca (12,2), índice de grano (2), rendimiento anual (3,9T/ha/año), color de plúmula (5YR3/4) y densidad aparente ( $1,4 \text{ g/cm}^3$ ).

El grupo 3 está integrado por el genotipo FCA 65 y es el de mayor variabilidad, es decir, el más distanciado con respecto a las características de los demás genotipos, por tal motivo acumula una gran cantidad de descriptores a los que se le atribuye su variabilidad fenotípica. Las variables discriminantes son: mazorcas sanas por árbol (5), rendimiento anual (0,2T/ha/año), color

del grano (5YR3/2), color de plúmula (5YR3/4), longitud de plúmula (6,8mm) y humedad relativa (5,7%).

#### **4.2.3. Descriptores de rendimiento**

Los descriptores agronómicos de productividad son importantes dentro de un programa de mejoramiento genético, debido a que son las variables de mayor interés para los productores de cacao. Para seleccionar un genotipo élite, se utiliza como referencia aquellos árboles cuyo índice de mazorca sea menor a 20. Otra variable relacionada directamente con la productividad es el índice de grano, el cual debe ser superior a 1 g. (Vera & Goya, 2015).

En la tabla 7 se pueden observar las accesiones y sus variables de rendimiento. La accesión FCA 72 resultó ser la mejor en cuanto a rendimiento por árbol, rendimiento esperado dentro de una densidad de 1111 plantas/ha, índice de mazorca, índice de semillas, mazorcas cosechadas al año.

En algunas accesiones se observa heterogeneidad en los valores de las variables con relación de las otras accesiones, sin embargo, cumplen con los parámetros establecidos de índice de mazorca e índice de grano. El número de mazorcas cosechadas al año también es importante, en esta investigación se evaluó el rendimiento durante todo el año, por lo tanto, el número de mazorcas cosechadas al año si repercute en cuanto a los cálculos de rendimiento anual.



**Tabla 7.** Variables vinculadas a los rendimientos de las accesiones de cacao

<b>Accesión</b>	<b>Mazorcas cosechadas al año</b>	<b>Índice de mazorca</b>	<b>Índice de semillas</b>	<b>Rendimiento por árbol (Kg/Ha/Año)</b>	<b>Rendimiento para densidad 3x3 (T/Ha/Año)</b>
FCA 72	45	12	2,2	3,8	4,2
FCA 60	41	12	1,8	3,3	3,7
FCA 32	47	16	1,1	2,9	3,3
FCA 34	40	15	1,3	2,7	3,0
FCA 68	39	15	1,4	2,5	2,8
FCA 27	34	14	1,7	2,5	2,8
FCA 57	38	16	1,5	2,39	2,7
FCA 52	32	14	1,8	2,34	2,6
FCA 3	33	15	1,3	2,15	2,4
FCA 56	36	17	1,5	2,11	2,3

## CAPITULO V

### 5.CONCLUSIONES

Se caracterizaron las semillas de 72 genotipos de cacao, donde se evidenció que los descriptores para semillas de cacao más discriminantes fueron, Componente 1: peso del grano (PG), índice del grano (IG), peso de nibs (Pni), índice de mazorca (IM); Componente 2: porcentaje de cascarilla (PoC), porcentaje de grano (PoG); Componente 3: espesor del grano (EG), granos por mazorca (GM), mazorcas sanas por árbol (MSA), que explican el 62,169% de la varianza total acumulada.

Se realizó el análisis de agrupamientos para datos multiestado donde se generó un dendrograma basado en la similitud entre accesiones. Se generaron 3 grupos: grupo 1 que se integró con 7 subgrupos, grupo 2 integrado por 2 subgrupos y grupo 3 donde solo se encontró la accesión FCA 65, que es el genotipo que presenta mayor variabilidad fenotípica en base a los descriptores de semillas, las variables discriminantes que permiten dar razón de su diversidad son: mazorcas sanas por árbol (5), rendimiento anual (0,2 T/ha/año), color del grano (5YR3/2), color de plúmula (5YR3/4), longitud de plúmula (6,8 mm) y humedad relativa (5,7 %).

Se realizó el cálculo de rendimientos y se clasificaron en orden descendentes a las accesiones que cumplían con los parámetros establecidos, de las cuales 10 accesiones: FCA 72, FCA 60, FCA 32, FCA 34, FCA 68, FCA 27, FCA 57, FCA 52, FCA 3, FCA 56, resultaron tener mejor rendimiento.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

- Aldas, J., Neira, J., Revilla, K., & Sánchez, S. (2020). Métodos de fermentación de cacao nacional (*Theobroma cacao*) y su influencia e las características físico-Químicas, contenido de cadmio y ferfiles sensoriales. *Revista Alternativas*, 21(3), 41–48.  
<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.23878/alternativas.v21i3.339>
- Anecacao. (2018). *Tradición e innovación*.
- Arciniegas, A. (2005). *Caracterización de árboles superiores de cacao (theobroma cacao L.) seleccionaos por el programa de mejoramiento genético del catie*. 26.
- Arvelo Sánchez, M. A., González León, D., Maroto Arce, S., Delgado López, T., & Montoya López, P. (2017). Manual técnico del cultivo de cacao Buenas prácticas para América Latina. In *Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA)*.  
<file:///C:/Users/usuario/Downloads/BVE17089191e.pdf>
- Avendaño, C., Villareal, J., Campos, E., Galardo, R., Mendoza, A., Aguirre, J., Sandoval, A., & Espinoza, S. (2011). *Diagnóstico del cacao en México*. <http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=sibe01.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mn=034119>
- Barrezueta, S., & Chabla, J. (2017). Características sociales y económicas de la producción de cacao en la provincia El Oro, Ecuador. *Revista La Técnica*, 1(7), 25–34.
- Batista, L. (2009). Guía Técnica El Cultivo de Cacao. *Santo Domingo, Republica Dominicana. Centro Para El Desarrollo Agropecuario y Forestal CEDAF*, 2(1), 250.  
<http://www.cedaf.org.do/publicaciones/guias/download/cacao.pdf>

- Chavez Cruz, G. J., Olaya Cum, R. L., & Maza Iñiguez, J. V. (2018). Costo de producción de Cacao Clonal CCN-51 en la Parroquia Bellamaria, Ecuador. *Universidad y Sociedad*, 10(4), 179–185.
- Cliff, N. (1987). Analyzing multivariate data. In *Harcourt Brace Jovanovich*. <https://psycnet.apa.org/record/1987-97370-000>
- Durán, E., & Dubón, A. (2016). *Tipos genéticos de cacao y distribución geográfica en Honduras*. 4–6.
- Estupiñán, I., & Montaña, L. (2017). Prospección y caracterización de árboles promisorios de cacao (*Theobroma cacao* L.) en el río Onzole. *Revista Dominio de Las Ciencias*, 3(1), 100–125.
- FAOSTAT. (2021). *Productores de cacao a nivel mundial*.
- Lanaud, C., Solorzano, R. L., Zarrillo, S., & Valdez, F. (2012). Origen de la domesticación del cacao y su uso temprano en Ecuador. In *Revista del ministerio coordinador de patrimonio* (34). [http://publications.cirad.fr/une\\_notice.php?dk=566870](http://publications.cirad.fr/une_notice.php?dk=566870)
- Lopez, Y., Cunias, M., & Carrasco, Y. (2020). El cacao Peruano y su impacto en la economía nacional. *Universidad y Sociedad*, 12(3), 344–352. <http://jurnal.globalhealthsciencegroup.com/index.php/JPPP/article/download/83/65%0Ahttp://www.embase.com/search/results?subaction=viewrecord&from=export&id=L603546864%5Cnhttp://dx.doi.org/10.1155/2015/420723%0Ahttp://link.springer.com/10.1007/978-3-319-76>
- Morales Intriago, F., Carrillo Zenteno, M., Ferreira Neto, J., Peña Galeas, M., Briones Caicedo,

- W., & Albán Moyano, M. (2018). Cadena de comercialización del cacao nacional en la provincia de Los Ríos, Ecuador. *Ciencia y Tecnología*, 11(1), 63–69. <https://doi.org/10.18779/cyt.v11i1.222>
- Morillo C., Y., Morillo C., A. C., Muñoz F., J. E., Ballesteros P., W., & González, A. (2014). Molecular characterization of 93 genotypes of cocoa (*Theobroma cacao* L.) with random amplified microsatellites RAMs. *Agronomía Colombiana*, 32(3), 315–325. <https://doi.org/10.15446/AGRON.COLOMB.V32N3.46879>
- Motamayor, J. C., Lachenaud, P., da Silva e Mota, J. W., Loor, R., Kuhn, D. N., Brown, J. S., & Schnell, R. J. (2008). Geographic and genetic population differentiation of the Amazonian chocolate tree (*Theobroma cacao* L.). *PLoS ONE*, 3(10), 3311. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0003311>
- Palencia, G., Coronado, R., Bastidas, S., & Mejía, L. (2008). *Identificación, selección y multiplicación de árboles élite o de alto rendimiento de cacao (Theobroma cacao L.) con la participación de los agricultores* (Corpoica). Litografía La Bastillas Ltda.
- Perea Villamil, J. A. (2019). *El cacao desde la ciencia: de la semilla al chocolate*. (UIS). <https://elibro-net.basesdedatos.utmachala.edu.ec/es/ereader/utmachala/129274>
- Perez, M. A., & Contreras, J. D. (2017). Guía de buenas prácticas de cosecha, fermentación y secado para la producción de cacaos especiales. In *Coexca y Swisscontact* (pp. 22–41).
- Phillips Mora, W., Arciniegas Leal, A., Mata Quirós, A., & Motamayor Arias, J. C. (2012). *Catálogo de clones de cacao*. [http://www.worldcocoaoundation.org/wp-content/uploads/files\\_mf/phillipsmora2012clones4.64mb.pdf](http://www.worldcocoaoundation.org/wp-content/uploads/files_mf/phillipsmora2012clones4.64mb.pdf)

- Quevedo Guerrero, J. N., Romero Lopez, J. A., & Tuz Guncay, I. G. (2018). Calidad Físico Química y sensorial de granos y licor de cacao (*Theobroma cacao* L.) usando cinco métodos de fermentación. *Revista Científica Agroecosistemas*, 6(1), 115–127.
- Quevedo, J., Ramírez Villalobos, M., Zhiminaicela Cabrera, J., Noles León, M., Quezada Hidalgo, C., & Aguilar Flores, S. (2020). Diversidad morfoagronómica: caracterización de 650 árboles de *Theobroma cacao* L. *Universidad y Sociedad*, 12(1), 14–21. <https://doi.org/10.1016/j.tmaid.2020.101607><https://doi.org/10.1016/j.ijsu.2020.02.034><https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/cjag.12228><https://doi.org/10.1016/j.ssci.2020.104773><https://doi.org/10.1016/j.jinf.2020.04.011><https://doi.org/10.1016/j.ssci.2020.104773>
- Quezada, L., Quevedo, J., & Garcia, R. (2017). Determinación del efecto del grado de madurez de las mazor- cas en la producción y calidad sensorial de (*Theobroma cacao* L.). *Revista Científica Agroecosistemas*, 5(1), 36–46.
- Quingaísa, E., & Riveros, H. (2007). Estudio de caso: denominación de origen “cacao arriba.” *Fao-Iica*, 1–70. <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A7704E/A7704E.PDF>
- Quintana Fuentes, F. L., Gómez Castelblanco, S., García Jerez, A., & Martínez Guerrero, N. (2015). Caracterización de tres índices de cosecha de cacao de los clones CCN51, ICS60 e ICS 95, en la montaña santandereana, Colombia. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 6(1), 253–266.
- Quintana Lombeida, M. D., & Aguilar Herrera, J. V. (2018). Denominación de origen de cacao ecuatoriano: ¿Un aporte de marketing global? *INNOVA Research Journal*, 3(10.1), 68–76. <https://doi.org/10.33890/innova.v3.n10.1.2018.825>
- Quintero, M., & Díaz, K. (2004). *El mercado mundial del cacao*. 9(18), 47–59.

[http://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S1316-03542004000100004&script=sci\\_arttext&tlng=e](http://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S1316-03542004000100004&script=sci_arttext&tlng=e)

Ramos, A., Gómez, M., Machado-Sierra, E., & Aranguren, Y. (2020). Caracterización fenotípica y genotípica de cultivares de cacao (*Theobroma cacao* L.) de Dibulla, La Guajira, Colombia. *Ciencia & Tecnología Agropecuaria*, 21(3), 1–17. [https://doi.org/10.21930/RCTA.VOL21\\_NUM3\\_ART:1557](https://doi.org/10.21930/RCTA.VOL21_NUM3_ART:1557)

Ramos, G., Gómez, Á., & De Ascencao, A. (2004). Caracteres morfológicos determinantes en dos poblaciones de cacao criollo del occidente de Venezuela. *Agronomía Tropical*, 54, 45–62. [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0002-192X2004000100004](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0002-192X2004000100004)

Rivera, R., Barrera, A., Guzmán, Á., Medina, H., Casanova, L., Peña, M., & Nivelá, P. (2012). Efecto del tipo y tiempo de fermentación en la calidad física y química del cacao (*Theobroma cacao* L.) tipo nacional. *Revista Ciencia y Tecnología*, 5(1), 7–12. <https://doi.org/10.18779/cyt.v5i1.77>

Romero, C. A. (2020). Manual de cosecha y poscosecha de cacao fino y de aroma. In *Conservación y Gobernanza en el Piedemonte Amazónico* (pp. 1–30).

Rosaura, L., Schubert, J. M., Rodríguez, A., Villar, G., Zabaleta, D., Ramírez, M., & Thomas, E. (2021). *Beneficio del cacao Chuncho, cosecha y poscosecha*.

Sánchez, M. Á., González León, D., Delgado López, T., Maroto Arce, S., & Montoya Rodríguez, P. (2017). Estado actual sobre la producción, el comercio y cultivo del cacao en América. In *Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura*.

Sánchez Mora, F., Montufar, J. Z., Chang, J. V., Remache, R. R., Fiallos, F. G., & Montúfar, G. V. (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.

Sanchez, V., Zambrano, J., Iglesias, C., Rodriguez, E., Villalobos, V., & Diaz, F. (2019).

*Informe\_CACAO\_linea\_base* (Dirección).

[https://www.fontagro.org/new/uploads/adjuntos/Informe\\_CACAO\\_linea\\_base.pdf](https://www.fontagro.org/new/uploads/adjuntos/Informe_CACAO_linea_base.pdf)

Saza, J. N., & Jiménez, J. A. (2020). *Determinación de condiciones ambientales para la conservación de granos de cacao (Theobroma cacao L) deshidratado durante el almacenamiento*. 11(1), 1–32.

Solís, B. J. L., Zamarripa, C. A., Pecina, Q. V., Garrido, R. E., & Hernández, G. E. (2015).

Evaluación agronómica de híbridos de cacao (*Theobroma cacao* L.) para selección de alto rendimiento y resistencia en campo a moniliasis. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*,

6(1), 71–82. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-09342015000100007&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342015000100007&lng=es&nrm=iso&tlng=es)

Solís Bonilla, J. L., Zamarripa Colmenero, A., Pecina Quintero, V., GarridobRamírez, E., &

Hernández Gómez, E. (2015). Agronomic evaluation of cocoa hybrids (*Theobroma cacao* L.) for high-yield selection and field resistance to moniliasis. *Journal of Agricultural Sciences*,

6(1), 71–82.

Steinau, I., González, S., & Castañeda, V. (2016). Evaluación de la incidencia de la fermentación

en la calidad del grano de cacao trinitario en Caluco , Sonsonate , El Salvador. *Revista Agrociencia*, 1(3), 11–25.

Torres, E., Torres, A., & Sánchez, A. (2018). Agro-ecosistemas tradicionales con cacao: Análisis

de casos de pequeños productores en Los Ríos, Ecuador. *Revista Amazónica Ciencia y Tecnología*, 7(2), 83–95.



- Valdez, F. (2019, July). Vista de Evidencias arqueológicas del uso social del cacao en la Alta Amazonía. *Revista de Historia, Patrimonio, Arqueología y Antropología Americana*, 117–134. <http://www.rehpa.net/ojs/index.php/rehpa/article/view/10/13>
- Vera Chang, J., & Goya Baquerizo, A. (2015). Comportamiento agronómico, calidad física y sensorial de 21 líneas híbridas de cacao (*Theobroma cacao* L.). *La Técnica: Revista de Las Agrociencias*. ISSN 2477-8982, 15, 26. [https://doi.org/10.33936/la\\_tecnica.v0i15.539](https://doi.org/10.33936/la_tecnica.v0i15.539)
- Vera, Jaime, Vallejo, C., Párraga, D., Morales, W., Macías, J., & Ramos, R. (2014). Atributos físicos-químicos y sensoriales de las Almendras de quince clones de cacao nacional. *Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Pichilingue*, 7(2), 21–34.
- Vera, José, Arrieta, A., Quintana, L., & García, A. (2017). Evaluación de las Propiedades Físicoquímicas como Parámetros de Calidad en la Fermentación de Clones de Cacao ccn51, tsc01. *Revista Alimentech, Ciencia y Tecnología Alimentaria*, 15(2), 76–86. <https://doi.org/10.24054/16927125.v2.n2.2017.2970>
- Villaseñor, D., Chabla, J., & Luna, E. (2015). Caracterización física y clasificación taxonómica de suelos dedicados a la actividad agrícola de la provincia de El Oro. *Revista Científica*, 28–34(January), 8.
- Zambrano, A., Gómez, Á., Ramos, G., Romero, C., Lacruz, C., & Rivas, E. (2010). Caracterización De Parámetros Físicos De Calidad. *Agronomía Tropical*, 60(4), 389–396. [http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0002-192X2010000400009](http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0002-192X2010000400009)
- Zarrillo, S., Gaikwad, N., Lanaud, C., Powis, T., Viot, C., Lesur, I., Fouet, O., Argout, X., Guichoux, E., Salin, F., Solorzano, R. L., Bouchez, O., Vignes, H., Severt, P., Hurtado, J., Yopez, A., Grivetti, L., Blake, M., & Valdez, F. (2018). The use and domestication of

Theobroma cacao during the mid-Holocene in the upper Amazon. *Nature Ecology and Evolution*, 2(12), 1879–1888. <https://doi.org/10.1038/s41559-018-0697-x>

## 7.ANEXOS

**Anexo 1:** Cosecha de cacao de la colección Utmach



**Anexo 2:** Genotipos de cacao con mayor cantidad de mazorcas



**Anexo 3:** Corte de mazorcas y etiquetado de muestras para fermentación



**Anexo 4:** Fermentación de muestras de cacao por separado en rotor de madera



**Anexo 5:** Secado de almendras de cacao en marquesinas





**Anexo 7:** Análisis de componentes principales de la matriz de componente rotado

**Matriz de componentes rotados<sup>a</sup>**

	Componente					
	1	2	3	4	5	6
Puntuación Z(LG)	,762	,045	,156	-,094	,274	-,159
Puntuación Z(AG)	,301	-,047	,143	-,073	,686	,321
Puntuación Z(EG)	,717	-,081	-,320	-,020	-,253	,060
Puntuación Z(PG)	,956	-,029	,145	,099	,157	-,020
Puntuación Z(PC)	,728	,625	,150	,147	,093	,072
Puntuación Z(Pni)	,944	-,162	,135	,082	,160	-,038
Puntuación Z(GM)	,019	,036	,935	,164	-,057	-,050
Puntuación Z(MSA)	-,052	,132	,038	,972	-,007	-,010
Puntuación Z(IM)	-,602	,071	-,745	-,100	-,026	,040
Puntuación Z(IG)	,957	-,029	,143	,099	,155	-,018
Puntuación Z(PoG)	,080	-,976	,002	-,092	,048	-,148
Puntuación Z(PoC)	-,080	,976	-,002	,092	-,048	,148
Puntuación Z(RA)	,308	,099	,340	,862	,054	,004
Puntuación Z(CG)	,173	,000	,029	-,033	-,702	,449
Puntuación Z(CP)	,067	,214	-,020	,144	-,115	,822
Puntuación Z(Lp)	,296	-,041	-,091	,064	,649	-,007
Puntuación Z(Da)	,558	,076	,450	,285	,086	-,029
Puntuación Z(HG)	,309	-,117	,090	,185	-,125	-,629