

Universidad de El Salvador
Facultad de Ciencias Agronómicas



Determinación de características morfoagronómicas en el cultivo de cacao criollo (*Theobroma cacao* L.) Establecido en la Estación Experimental y de Practicas de la Facultad de Ciencias Agronómicas

Por

Br. Alba Yanira Maldonado Cerritos

Universidad de El Salvador
Facultad de Ciencias Agronómicas
Departamento de Fitotecnia
Curso de especialización
El cultivo de cacao y su cadena de valor en El Salvador



Determinación de características morfoagronómicas en el cultivo de cacao criollo (*Theobroma cacao* L.) Establecido en la Estación Experimental y de Practicas de la Facultad de Ciencias Agronómicas

Por

Br. Alba Yanira Maldonado Cerritos

**Presentada como requisito para obtener el título de
Ingeniera Agroindustrial**

Ciudad Universitaria, San Salvador, El Salvador 2023

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR

MSc. ROGER ARMANDO ARIAS ALVARADO

SECRETARIO GENERAL

ING. FRANCISCO ANTONIO ALARCÓN SANDOVAL

FACULTAD DE CIENCIAS AGRONOMICAS

DECANO

DR. FRANCISCO LARA ASECIO

SECRETARIO

ING. AGR. BALMORE MARTINEZ SIERRA

JEFE DEL DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA

ING. MSc. FIDEL ÁNGEL PARADA BERRIOS

ASESOR DIRECTO

ING. AGR. ELÍAS ANTONIO VÁSQUEZ OSEGUEDA

COMITÉ DE EVALUADOR

ING. SARA ANABEL MEJÍA ARTEAGA

ING. AGR. EFRAIN ANTONIO RODRIGUEZ URRUTIA

ING. AGR. ELÍAS ANTONIO VÁSQUEZ OSEGUEDA

**COORDINADOR GENERAL DE PROCESOS DE GRADUACIÓN DEL
DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA**

ING. AGR. MARIO ALFREDO PÉREZ ASCENCIO

Dedicatoria

A Dios, por darme vida, salud, sabiduría para poder culminar con esta meta y por cuidarme siempre en cada paso que doy día a día.

A mi madre Ana Delmy Cerritos de Maldonado, por motivarme y brindarme todo lo necesario económicamente en todos estos años de carrera

A mi padre Basilio Maldonado López que siempre me brindó sus consejos y apoyo.

Alba Yanira Maldonado Cerritos

Agradecimientos

A Dios por siempre darme sabiduría y fortaleza para seguir adelante y poder lograr una de mis metas.

A mis padres Ana Delmy Cerritos de Maldonado y Basilio Maldonado López, por darme su apoyo moral y económico a lo largo de mi carrera.

A mis hermanos Erickson Wuadimir Guzmán Cerritos, Mauricio Alberto Maldonado Cerritos, Sergio Wilfredo Maldonado Cerritos, Fernando José Maldonado Cerritos, y demás familiares que siempre me apoyaron y aconsejaron.

A la Universidad de El Salvador por permitirme formarme como profesional.

A la Facultad de Ciencias Agronómicas por permitirme formar parte de ella.

Al jefe del departamento de Fitotecnia Ing. Agr. Fidel Ángel Parada Berrios y demás docentes del departamento por brindarnos sus conocimientos a lo largo de este proceso.

A mi asesor Ing. Agr. Elías Antonio Vásquez Osegueda, por su vocación, dedicación, tiempo y disponibilidad para compartir sus conocimientos en cada asesoría.

A mis amigos, Br. Nicole Aguilar, Br. Arly Dueñas, Br. José Sosa, Br. Erick López Br. Henry Samper, Br. Iris Ramírez, Br. Irvin Mojica, Br. Nicole Díaz, Br. Leidy Murcia, Br. Evelyn Molina, Br. Lesly Méndez, Br. Alejandra Cruz, Br. José Fictoria, Br. Laura Méndez, Br. Humberto Cruz, Gabriela Fuentes, familia Parada, Francisco Roldan, Gabriela Alas, Nayeli Reynosa, Familia Mejía que siempre estuvieron de manera incondicional apoyándome y animándome a seguir adelante y culminar cada una de mis metas.

Alba Yanira Maldonado Cerritos

Índice

	Página
I. Introducción.....	1
II. Planteamiento del Problema.....	2
III. Objetivos	2
3.1. Objetivo general:.....	2
3.2. Objetivos específicos.....	2
IV. Estado del arte.....	3
V. Revisión Bibliográfica	4
5.1. Origen del Cacao.....	4
5.2. Clasificación taxonómica.....	4
5.3. Morfología y biología	4
5.3.1. Raíz.....	4
5.3.2. Tallo y ramas	5
5.3.3. Hoja	6
5.3.4. Flor	6
5.3.5. Fruto	7
5.3.6. Semilla o almendra.....	8
5.3.7. Ecología.....	8
5.3.8. Temperatura	8
5.3.9. Precipitación-Pluviosidad.....	9
5.3.10. Luminosidad.....	9
5.3.11. Humedad relativa	9
5.4. Manejo agronómico	9
5.4.1. Control de malezas	9
5.4.2. Fertilización.....	10
5.4.3. Manejo de plagas.....	10
5.4.4. Cosecha	10
VI. Metodología.....	12
6.1. Ubicación del estudio	12
6.2. Materiales y equipos	12
6.2.1. Material experimental	12
6.2.2. Herramientas utilizadas para la caracterización	13

6.3. Metodología de campo.....	13
6.4. Metodología estadística	22
6.4.1. Análisis de datos.....	22
VII. Resultados	24
7.1. Análisis descriptivo de variables cualitativas	24
7.1.1. Variables cualitativas del árbol.....	24
7.2.2. Variables cualitativas de la hoja.....	24
7.2.3. Variables cualitativas del fruto.....	25
7.2.4. Variables cualitativas de la semilla	27
7.3. Análisis descriptivo de variables cuantitativas de los Árboles	28
7.3.1. Altura total del árbol y altura de horqueta (cm)	28
7.3.2. Descripción cuantitativa de las hojas de cacao	31
7.3.4. Descripción cuantitativa de los frutos de cacao	34
7.3.5. Descripción cuantitativa de las semillas de cacao.....	40
7.4. Análisis Multivalente de variables cuantitativas.....	44
7.4.1. Análisis de componentes principales	44
7.4.2. Análisis de conglomerado	46
7.5. Análisis de correlación de Person	47
7.6. Proyección de producción.....	48
VIII. Conclusiones	51
IX. Recomendaciones	51
X. Bibliografía	52
X. Anexos	59

Índice de Cuadros

	Página
Cuadro 1. Correlación y significancia de variables cuantitativas en árboles de cacao.....	47
Cuadro 2. Tabla de proyección de producción de cacao en la EEP.	49

Índice de Figuras

	Página
Figura 1. Mazorca de cacao cortada de manera longitudinal	4
Figura 2. Estructura de la raíz de cacao.....	5

Figura 3. Tallo y ramificación del cacao	5
Figura 4. Brote y hoja de cacao.	6
Figura 5. Cojinete floral de cacao.....	7
Figura 6. Fruto maduro de cacao.....	7
Figura 7. Semillas o almendras de cacao.....	8
Figura 8. Mapa de la Estación Experimental y de Prácticas	12
Figura 9. a) Descriptor propuesto por grupo Nutresa; b) descriptor CATIE; c) descriptor INIFAP	13
Figura 10. Árbol de cacao E-TES1P4	14
Figura 11. Árbol de cacao E-TES4P4	14
Figura 12. Árbol de cacao E-TES4P8	14
Figura 13. Árbol de cacao E-TES5P1	15
Figura 14. Árbol de cacao E-TES6P7	15
Figura 15. Árbol de cacao E-TES7P1	15
Figura 16. Árbol de cacao E-MPS2P1	16
Figura 17. Árbol de cacao E-MPS3P4	16
Figura 18. Árbol de cacao 1 EEP	16
Figura 19. Árbol de cacao 2 EEP	17
Figura 20. Variables cualitativas de hoja: a) forma de la base de la hoja, b) forma del ápice, c) color del brote terminal y d) pubescencia en brotes terminales.	18
Figura 21. Variables cualitativas de fruto: a) Color de fruto inmaduro y maduro, b) forma del fruto, c) construcción basal del fruto, d) forma del ápice, c) rugosidad del fruto. ..	19
Figura 22. Variables cualitativas de semilla: a) color de la pulpa, b) color del cotiledón, c) forma de la semilla (Longitudinal), d) forma de la semilla.....	19
Figura 23. Variables cuantitativas de árbol: a) altura del árbol, b) altura del suelo hasta la formación de la horqueta, c) diámetro del árbol a 15 cm de la base, d) número de frutos por árbol, e) número de cojinetes por metro lineal, f) número de flores por cojinete floral.....	20
Figura 24. Variables cuantitativas de hoja: a) Ancho de la hoja, b) longitud de la hoja, c) longitud de la base al punto más ancho de la hoja (BPA), d) longitud del peciolo.	21
Figura 25. Variables cuantitativas de fruto: a) Peso del fruto, b) longitud del fruto, c) diámetro del fruto, d) número de semilla por fruto, e) número de semillas vanas, f) espesor del caballete, g) profundidad del surco.....	21
Figura 26. Variables cuantitativas de semilla: a) Peso de semilla más mucílago, b) peso de semillas sin mucílago, e) longitud de la semilla, d) diámetro de la semilla, e) espesor de la semilla.	22
Figura 27. Altura total y de horqueta en los árboles de cacao caracterizados.....	28
Figura 28. Diámetro a 15 cm de la base	29
Figura 29. Número de frutos por Árbol.....	30
Figura 30. Número de cojinetes por metro lineal	30
Figura 31. Número de flores por cojinete.....	31
Figura 32. Ancho de la hoja.....	32
Figura 33. Longitud del peciolo	33
Figura 34. Longitud desde la base a la parte mas ancha de la hoja (BPA).....	33
Figura 35. Peso de fruto en gramos	34

Figura 36. Longitud y diámetro de los frutos caracterizados	35
Figura 37. Relación largo entre diámetro del fruto	36
Figura 38. Espesor del caballete	36
Figura 39. Profundidad del surco	37
Figura 40. Peso de semillas con mucilago.....	37
Figura 41. Peso de semilla por fruto.....	38
Figura 42. Peso del mucilago.	39
Figura 43. Número de semillas por fruto.....	39
Figura 44. Número de semillas vanas.....	40
Figura 45. Longitud y diámetro de la semilla.....	43
Figura 46. Espesor de la semilla.....	44
Figura 47: Plano cartesiano de la distribución de los componentes.....	45
Figura 48: Proporción de la varianza explicada para cada componente principal en la caracterización de cacao	46
Figura 49: Dendograma de encadenamiento completo	46
Figura 50. Gráfico de proyección de producción de cacao seco por Mz en la Estación Experimental y de Prácticas.	50

Índice de Anexos

	Página
Cuadro A 1. Formato de tablas para recolección de datos	59
Cuadro A 2. Frecuencia relativa y absoluta de las variables cualitativas del árbol de cacao....	59
Cuadro A 3. Frecuencia absoluta y relativa de las variables cualitativas de las hojas de los árboles de cacao.....	60
Cuadro A 4. Frecuencia relativa y absoluta de las variables cualitativas de los frutos de cacao	60
Cuadro A 5. Frecuencia relativa y absoluta de las variables cualitativas de la semilla de cacao	61
Cuadro A 6. Características cuantitativas del árbol de cacao.....	62
Cuadro A 7. Características cuantitativas de la hoja de cacao	63
Cuadro A 8. Características cuantitativas del fruto de cacao	63
Cuadro A 9. Características cuantitativas de la semilla de cacao.....	64
Cuadro A 10. Análisis de los componentes principales	64
Cuadro A 11. Comportamiento de los componentes principales	65
Cuadro A 12. Catálogo de ejemplares caracterizados en la Estación Experimental y de Prácticas	65

Resumen

La investigación se realizó de abril a agosto de 2022 en la Estación Experimental y de Prácticas de la Facultad de Ciencias Agronómicas, ubicado en el cantón Tecualuya, municipio de San Luís Talpa, La Paz, con coordenadas geográficas 13°28'3" Latitud Norte, -89°05'8" Longitud Oeste a 50 msnm. Con el objetivo de evaluar morfo agronómicamente 10 árboles de cacao criollo (*Teobroma cacao* L.) en fase productiva, para lo cual se realizó la caracterización de variables cualitativas con ayuda de descriptores de caracteres morfológicos propuestos por: CATIE, Grupo Nutresa y el INIFAP. Se recolectaron los datos para cada variable en estudio y luego fueron analizados con Softwares estadísticos como SPSS® v25, Infostat® 2020 y Past3® realizando análisis descriptivos de componentes principales, aplicando métodos multivariantes. Como resultados relevantes se encontró que un 30% de árboles presentaron características acriolladas en cuanto al color blanco de la semilla. Para la variable número de frutos por árbol se encontraron diferencias estadísticas, siendo los árboles E-TES4P8 y 2EEP con el mayor y menor número de frutos con 76 y 18 frutos respectivamente. Los árboles que presentaron el mejor promedio de semillas por fruto fueron: el 1EEP con 44.5 semillas, E-MPS2P10 con 42.5, E-TES5P2, E-TES6P7, 2EEP con 41 semillas. Los árboles E- TES4P8, E-TES6P7, E- TES7P1, 1 EEP y E-MPS4P4 pueden considerarse para realizar estudios posteriores referentes a temas de productividad en cacao.

Palabras clave: Caracterización, Cacao, morfoagronómica, características, producción.

Abstract

The research was conducted from April to August 2022 at the Experimental and Practice Station of the Faculty of Agronomic Sciences, located in the canton Tecualuya, municipality of San Luis Talpa, La Paz, with geographical coordinates 13°28'3" North Latitude, -89°05'8" West Longitude at 50 meters above sea level. The objective was to evaluate morphologically and agronomically 10 criollo cacao trees (*Teobroma cacao* L.) in the productive stage, for which the characterization of qualitative variables was carried out with the help of morphological character descriptors proposed by: CATIE, Grupo Nutresa and INIFAP. Data were collected for each variable under study and then analyzed with statistical software such as SPSS® v25, Infostat® 2020 and Past3® using descriptive analysis of principal components, applying multivariate methods. As relevant results, it was found that 30% of the trees presented acriolladas characteristics in terms of white color of the seed. For the variable number of fruits per tree, statistical differences were found, being trees E-TES4P8 and 2EEP with the highest and lowest number of fruits with 76 and 18 fruits, respectively. The trees that presented the best average number of seeds per fruit were: 1EEP with 44.5 seeds, E-MPS2P10 with 42.5, E-TES5P2, E-TES6P7, 2EEP with 41 seeds. Trees E-TES4P8, E-TES6P7, E-TES7P1, 1 EEP and E-MPS4P4 can be considered for further studies on cocoa productivity.

Keywords: Characterization, Cocoa, morphoagronomic, characteristics, production.

I. Introducción

El cacao (*Theobroma cacao* L.) constituye uno de los principales cultivos de interés comercial en 50 países tropicales a nivel mundial, principalmente en el continente africano, América Latina y Asia. (Ordoñez y Suárez 2016)

En la actualidad el cacao es utilizado en diferentes áreas o campos, siendo la industria del chocolate la más grande, seguida de la industria de cosméticos y farmacología. (Guevara y Salazar 2015)

La especie *Theobroma cacao* comprende una gran variedad de formas y poblaciones muy diferentes. Las formas de cacao se clasifican tradicionalmente en tres grupos genéticos: Criollo, Forastero y Trinitario. (Copa 2017)

El comercio nacional del cacao en El Salvador se decía que estaba sujeto a las importaciones ya que no existían producción doméstica de este fruto en nuestro país, considerando además la notoria demanda nacional que es abastecida por dichas importaciones, pero fue hasta el año 2008, que se llevó a cabo el IV Censo Agropecuario, en donde aparecen registrados algunas zonas en donde se encuentran plantaciones de cacao. (García 2011)

Por esta razón la presente investigación tiene como finalidad la caracterización morfoagronómica de árboles de cacao que se encuentran establecidos en la Estación Experimental y de Prácticas, considerada como productiva, los cuales podrán ser propagados de manera comercial, garantizando resultados que beneficien a los productores de este rubro en el país.

II. Planteamiento del Problema

El Salvador es deficitario en la producción de granos de cacao, en promedio se importan de Centro América cerca del 71% de sus requerimientos anuales, siendo Nicaragua el principal abastecedor. De la producción nacional de cacao en grano que se genera, un porcentaje muy pequeño cerca del 8%, se exporta como fino de aroma y su principal mercado es Honduras y Estados Unidos.

El área actual de producción en el país es de 694.471 hectáreas, con un rendimiento de 0.26 Tm/ha (8.1 qq/mz) lo que constituye una productividad en finca bastante baja. Para lo cual se buscan nuevas alternativas para mejorar la producción.

A pesar de los incontables esfuerzos realizados por diferentes entidades aún no se ha logrado aumentar de manera significativa la producción, esto puede relacionarse a la poca disponibilidad de material genético de calidad para los productores. Por esta razón se busca por medio de las caracterizaciones morfoagronómicas evaluar los materiales fitogenéticos disponibles y analizar cuál de estos cumplen con las características deseables que ayuden a aumentar la producción nacional y de esta manera autosatisfacer las demandas de grano.

Pero para esto debemos verificar si ¿Dentro de los árboles de cacao establecidos por semilla en la Estación Experimental y de Prácticas existe algún árbol que presente características morfológicas sobresalientes respecto del resto de ellos?

III. Objetivos

3.1. Objetivo general:

- Evaluar morfo agronómicamente 10 árboles de cacao criollo (*Teobroma cacao* L.) en fase productiva establecidos en la Estación Experimental y de Prácticas de la Facultad de Ciencias Agronómicas

3.2. Objetivos específicos

- Identificar características propias del árbol de cacao mediante descriptores Morfológicos internacionales.
- Aplicar los métodos estadísticos de forma ordenada, lógica y sistemática en la caracterización de cacao, haciendo uso de los programas SPSS® V25, Infostat® 2020 y past3®.

IV. Estado del arte

En el sector cacaotero se encuentran diferentes estudios referentes a la caracterización morfo agronómica, algunos de estos son tesis realizadas en los últimos años que permiten establecer como ha sido tratado el tema, siendo estos de gran interés para el presente estudio.

Sobre el estudio de caracterización morfo agronómica del cacao se encontraron los siguientes documentos:

- López y Deras (2017) en la investigación denominada “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.” En donde se identificaron 47 árboles de cacao de los cuales 27 fueron en la cooperativa hacienda Santa Clara, San Luis Talpa, 3 en San Pedro Nonualco departamento de La Paz, 11 en el cantón Cerro Grande Arcatao, Chalatenango, 3 en Tenancingo, Cuscatlan y 3 en Ciudad Delgado, San Salvador, de estos las características más principales fueron las características fenotípicas de un cacao criollo y contenido de grasa de la semilla.
- López y Ortiz (2018) en su investigación “Caracterización morfo agronómica del cacao (*Theobroma cacao* L.) Y su incidencia en la selección de germoplasma promisorio en áreas de presencia natural en El Salvador.” En donde se identificaron 21 árboles de cacao, de estos las características más principales fueron el color de la semilla y Contenido de grasa en las semillas
- López y Lovo (2019) en la investigación denominada “Caracterización morfo agronómica *in situ* de cacao criollo (*Theobroma cacao* L.) en el Cantón Cangrejera, municipio de Izalco, Departamento de Sonsonate, El Salvador” en donde se identificaron 41 árboles de cacao con características de criollo, de los cuales sus características más representativas fueron el porcentaje de grasa presente en las semillas, el índice de mazorca por árbol, el color de la semilla.

Otras investigaciones similares:

- Franco y Romero (2019) en su investigación denominada “Formación de un banco de germoplasma de cacao (*Theobroma cacao* L.) con árboles seleccionados en el municipio de San Pedro Nonualco, Departamento de La Paz, El Salvador.” En la cual se identificaron 36 árboles de cacao que presentaron características como forma de la mazorca, color de la semilla, porcentaje de grasa y número de semillas por árbol.

V. Revisión Bibliográfica

5.1. Origen del Cacao

El origen de esta especie es probablemente la región Amazónica (Cuenca alta de Rio Amazonas) y comprende países como Colombia, Ecuador, Perú, Bolivia y Brasil. En esa región es donde se presenta la mayor variación de la especie. Se extendió por Sudamérica, pero no se sabe si su dispersión ocurrió naturalmente o con la ayuda del hombre. El género *Theobroma* se encuentra en estado natural en los pisos inferiores de las selvas húmedas de América tropical y prospera mejor entre los 18° N y 15° S del Ecuador a una altitud inferior de 1,250 msnm. (Canabio S.f)

5.2. Clasificación taxonómica

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Malvales

Familia: Malvaceae

Subfamilia: Sterculioideae

Género: *Theobroma*

Especie: *Theobroma cacao* L. (Romero 2016)



Figura 1. Mazorca de cacao cortada de manera longitudinal

5.3. Morfología y biología

La planta de cacao es perenne con una vida útil de producción promedio de 20 años.

5.3.1. Raíz

Esta desarrolla una raíz pivotante central, que es un suelo de buen profundidad y aireación, puede llegar a 2.0 m las raíces secundarias están insertadas en mayor número en la parte superior de la pivotante, apartándose hasta 5-6 m; estas raíces ocupan la zona superior del suelo.

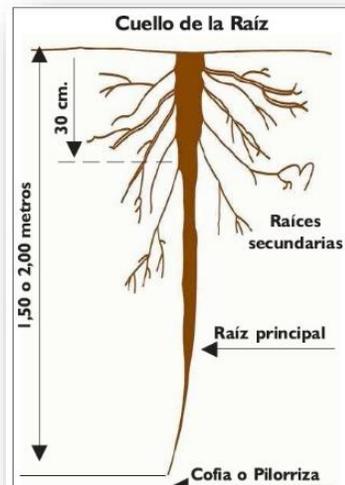


Figura 2. Estructura de la raíz de cacao.

Fuente: Tomado de Servicios Integrales del Agro 2012

5.3.2. Tallo y ramas

El tallo presenta un dimorfismo acentuado en los órganos vegetativos. El brote inicial es ortotrópico. Después de varios años y con una altura de 1.5 m, se interrumpe el crecimiento apical y surgen 5 yemas laterales; que formarán ramas plagiotrópicas dorsiventrales (Horqueta). (Soto 2019)



Figura 3. Tallo y ramificación del cacao

5.3.3. Hoja

Las hojas del cacao tienen estípulas que se desprenden tempranamente, un pecíolo conspicuo y el limbo. El pecíolo tiene un pulvino abultado en la base y otro en la parte superior, que sirve de articulación de la hoja y permite el movimiento del limbo en caso necesario, por ejemplo, cuando la luz o la temperatura, o ambas, son excesivos. Los pecíolos de las hojas del tallo son más largos que los de las hojas de las ramas. El limbo es simple, con una forma que va de lanceolada a casi ovalada y con ápice agudo; el margen es entero y ambas superficies glabras. Tiene la nervadura pinnada y prominente en la parte central. (Barros 1981)



Figura 4. Brote y hoja de cacao.

5.3.4. Flor

Las flores del cacao nacen directamente en la madera vieja del tallo principalmente de las ramas laterales, es decir, son caulifloras. Las inflorescencias es una cima dicasiforme, que se origina en la yema axilar de una hoja caída. Sus ramas muy cortas y retorcidas forman una masa densa que conforme crece, se hace más ancha y forma un cojín. La base de un cojín floral es tan retorcida, que gran parte del tejido que de otra manera se desprendería y caería, queda apresado contribuyendo a que se forme una especie de nido apropiado para innumerables insectos diminutos, especialmente hormigas y áfidos. Hay diferencias grandes en el número de flores en los cojinetes de diferentes árboles, diferencia que se atribuye a la herencia. Un cojinete floral contiene 40 a 60 flores, pero solamente un pequeño porcentaje de ellas, esto es el 1.5 al seis por ciento, se desarrollan en fruto. (Barros 1981)



Figura 5. Cojinete floral de cacao.

5.3.5. Fruto

Comúnmente el fruto del cacao se llama mazorca, botánicamente es una baya. De acuerdo con la variedad, adopta diversos tamaños, forma y color. El tamaño de la mazorca varía de 10 a 35 centímetros de longitud, con un peso que va desde 200 hasta los 1,000 gramos o más. La forma varía desde ovalada hasta muy alargada; algunas mazorcas tienen puntas prominentes y otras son chatas; unas tienen base ancha y otras estrechas. Cuando jóvenes las mazorcas son rojas o verdes; las mazorcas inicialmente verdes se tornan amarillas cuando maduran y las rojas se vuelven color anaranjado rojizo. El fruto se une al árbol por un fuerte pedúnculo leñoso desarrollado desde la flor, que presenta un engrosamiento basal en correspondencia con la zona estipular del pedúnculo floral. (Barros 1981)



Figura 6. Fruto maduro de cacao.

5.3.6. Semilla o almendra

Estas son de diversos tamaños y forma de acuerdo con la variedad y aún con su posición dentro de la mazorca, pues las de los extremos son más pequeñas, aplastadas y deformes. La mayor parte de las semillas está constituida por dos cotiledones que contienen grasa, sustancias alcaloides, taninos y otros compuestos que al alterarse dan origen al sabor y aroma del chocolate manufacturado. Una característica importante de la semilla de cacao, es que no requiere período de reposo para germinar; muere al poco tiempo de cosechada, cuando sufre deshidratación, o cuando fermenta o sufre temperaturas extremas. (Barros 1981)



Figura 7. Semillas o almendras de cacao.

5.3.7. Ecología

Desde el punto de vista del cultivo de cacao, la temperatura y la lluvia son los aspectos ambientales que pueden limitar las zonas aptas para el desarrollo del cultivo, ya que son considerados los factores climáticos críticos para su desarrollo. Aunque en algunas zonas geográficas, el viento puede ser el factor limitante de más importancia sin considerar ninguno de los otros. También la radiación solar es considerada un factor importante, aunque esta planta tiene mejor desarrollo bajo sombra. (Johnson *et al.* 2008)

5.3.8. Temperatura

La temperatura es un factor de mucha importancia debido a su relación con el desarrollo, floración y fructificación del cultivo de cacao. La temperatura media anual debe ser alrededor de los 25°C. El efecto de temperaturas bajas se manifiesta en la velocidad de crecimiento vegetativo, desarrollo de fruto y en grado en la intensidad de floración (menor intensidad). Así mismo, controla la actividad de las raíces y de los brotes de la planta.

La temperatura para el cultivo de cacao debe estar entre los valores siguientes:

- Mínima de 23°C
- Máxima de 32°C
- Óptima de 25°C

La absorción del agua y de los nutrientes por las raíces de la planta del cacao está regulada por la temperatura. Un aspecto a considerar es que a temperaturas menores de 15°C la actividad de las raíces disminuye.

Por su parte altas temperaturas pueden afectar las raíces superficiales de la planta del cacao limitando su capacidad de absorción. (Paredes 2003)

5.3.9. Precipitación-Pluviosidad

El cacao es muy sensible a la falta de agua. En ese sentido, la humedad del suelo debe ser lo suficientemente adecuada para garantizar una producción satisfactoria. El rango de precipitaciones anuales que provee mejor desempeño comercial de las plantas de cacao es entre 1500 y 2000 mm anuales en áreas cálidas y de 1000 a 1500 anuales en lugares frescos o altos. Los periodos de sequía afectan significativamente la producción de cacao.

5.3.10. Luminosidad

Durante los primeros años de formación del cultivo es fundamental proteger a las plantas de la excesiva exposición solar. Para esto es necesario tener una sombra moderada que permita el paso de solo un 30% de luz solar y contar con un 70% de sombra. Mantener esta condición hasta el tercero o cuarto año y a partir de ahí, ir eliminando sombra paulatinamente hasta llegar a más o menos 30% de sombra y 70% de luz.

5.3.11. Humedad relativa

La humedad relativa es el porcentaje de vapor de agua que contiene la atmosfera. Este factor ejerce gran influencia en el potencial hídrico de las plantas. Es normal que, en las plantaciones de cacao, la humedad relativa llegue hasta el 100% en las noches y baje hasta el 70% durante el día. Si el promedio de humedad relativa es superior al 85% durante el día, aumenta la incidencia de enfermedades y la presencia de plantas parásitas que viven del árbol. Con promedios inferiores al 70% de humedad relativa, las plantas pierden más agua por transpiración, constituyendo esto una desventaja en la capacidad productiva de la planta.

5.4. Manejo agronómico

5.4.1. Control de malezas

El control de maleza debe realizarse de forma permanente a fin de evitar competencia por nutrientes y refugio de plagas. Se recomienda priorizar el control manual de malezas, pero realizarlo con mucho cuidado para evitar heridas en las plantas de cacao, que permitan la entrada de enfermedades. (OIRSA 2016)

5.4.2. Fertilización

El programa de fertilización establecido indica el tipo de fertilizante a aplicar, la cantidad y el momento de aplicarlo para satisfacer las necesidades nutricionales de las plantas. Todo este proceso debe ser documentado y registrado. (OIRSA 2016)

Las aplicaciones de fertilizantes foliares orgánicos o químicos deben aplicarse 45 días antes del inicio de la cosecha para evitar contaminación del fruto con microorganismos (bacterias y hongos). No se recomienda el uso de residuos urbanos como fertilizantes en la plantación de cacao. (OIRSA 2016)

5.4.3. Manejo de plagas

Las plagas, incluyen las enfermedades, en el cacao, como en cualquier cultivo, se controlan de manera más eficiente haciendo uso de diversas formas de control, que enfrentan a la plaga de forma integrada, pues abusar sólo del control químico trae consecuencias graves como la creación de resistencia en las plagas, además de tener el problema de contaminación ambiental y del personal que realiza las aplicaciones.

Los tipos de control que podemos utilizar son:

- Biológica
- Cultural
- Mecánico
- Etológico
- Químico

De la integración adecuada de todas estas estrategias, dependerá el éxito en el control de las plagas en el cacao (OIRSA 2016)

5.4.4. Cosecha

La cosecha se realiza después de comprobada la madurez fisiológica de las mazorcas, que generalmente ocurre en un rango que va desde los cinco a seis meses después de la polinización de la flor. La recolección debe llevarse a cabo todas las semanas durante los períodos de máxima actividad productiva y cada dos semanas en los periodos de actividad menor. Del mismo modo, es importante hacer una limpieza e higiene todas las semanas para eliminar los frutos de cacao enfermos con un machete o media luna, herramientas que solo deben utilizarse para ese fin. Debe separarse los frutos enfermos de los sanos en el campo para evitar la contaminación durante el transporte y el almacenamiento.

Mediante la cosecha se tumba, se recolecta y se corta la mazorca madura del árbol de cacao.

Consideraciones a tomar en cuenta al realizar la tumba y recolección del cacao: se debe ir eliminando las mazorcas dañadas por roedores, insectos y afectadas por alguna enfermedad (OIRSA 2016)

6.2.2. Herramientas utilizadas para la caracterización

Dentro de algunas de las herramientas utilizadas para la caracterización fueron tres descriptores de caracteres morfológicos propuestos por: el CATIE (Centro Agronómico Tropical y Enseñanza) en 2012, Compañía Nacional de chocolates Grupo Nutresa en 2018 y el INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias en 2018 (Figura 9). con ayuda de estos se compararon los atributos de los árboles en estudio.



Figura 9. a) Descriptor propuesto por grupo Nutresa; b) descriptor CATIE; c) descriptor INIFAP

6.3. Metodología de campo

Se realizó una visita previa para la identificación de los árboles de cacao criollo para la respectiva caracterización, posteriormente se realizó la toma de datos, las cuales fueron registrados en los cuadros de Excel (Cuadro A1), además se realizó la colecta de material vegetal como hojas, mazorcas y la extracción de semillas para la medición de variables.

- **Identificación de árboles**

Cada árbol fue identificado con un código anteponiendo la letra E mayúscula la cual corresponde a la palabra E de Estación haciendo referencia a la institución Estación Experimental y de Prácticas, seguido de las iniciales TE, MP y EP el cual hace referencia del área o parcela en la cual está establecido el árbol, la letra S corresponde al número de surco y la letra P hace referencia al número de planta que dentro del surco.

Tras el establo

E-TES1P4: Estación – Tras el Establo, Surco 1, Planta 4



Figura 10. Árbol de cacao E-TES1P4

E-TES4P4: Estación – Tras el Establo, Surco 4, Planta 4



Figura 11. Árbol de cacao E-TES4P4

E-TESP8: Estación – Tras el Establo, Surco 4, Planta 8



Figura 12. Árbol de cacao E-TES4P8

E-TES5P1: Estación – Tras el Establo, Surco 5, Planta 1



Figura 13. Árbol de cacao E-TES5P1

E-TES6P7: Estación – Tras el Establo, Surco 6, Planta 7

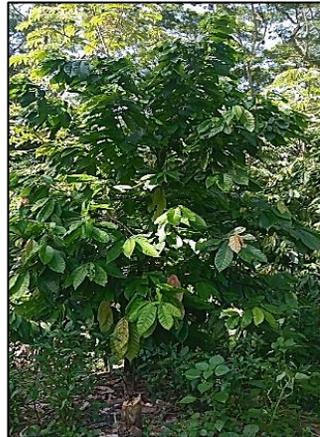


Figura 14. Árbol de cacao E-TES6P7

E-TES7P1: Estación – Tras el Establo, Surco 7, Planta 1



Figura 15. Árbol de cacao E-TES7P1

Mango panadees

E-MPS2P1: Estación - Mango Panadees, Surco 2, Palo 1



Figura 16. Árbol de cacao E-MPS2P1

E-MPS3P4: Estación - Mango Panadees, Surco 3, Palo 4



Figura 17. Árbol de cacao E-MPS3P4

Lote la bomba

1 EEP: árbol 1 de la Estación Experimental y de Prácticas



Figura 18. Árbol de cacao 1 EEP

2 EEP: árbol 2 de la Estación Experimental y de Prácticas



Figura 19. Árbol de cacao 2 EEP

- **Material vegetal**

Para la medición de variables se colectaron 3 hojas de cada árbol, estas debían ser representativas y de diferentes ramas del árbol, la forma de trasladarlas fue, envueltas en papel periódico. Además, se cortaron 2 frutos completamente maduros. Cada material vegetal se identificó con el código de árbol y posteriormente se registraron las variables en el Laboratorio N°4 del departamento de Fitotecnia de la Facultad de Ciencias Agronómicas

Variables Evaluadas

- **Variables cualitativas**

- De árbol: Presencia de horqueta, Pubescencia en los brotes
- De hojas: forma de la base, forma del ápice, color del brote terminal, pubescencia del brote terminal
- De frutos: Color inmaduro, color maduro, forma del ápice, forma de la base, dureza, rugosidad
- De semillas: Color, forma, forma del corte transversal, color del mucílago

- **Variables cuantitativas**

- De árbol: Altura, altura de formación de horqueta falsa, Diámetro a 15 cm de la base, número de frutos, número de cojinetes por metro lineal, número de flores por cojinete.
- De hojas: Longitud, ancho, longitud del peciolo, BPA (Longitud desde la base a la parte más ancha).

- De frutos: Peso del fruto, longitud del fruto, diámetro del fruto, relación R/L, peso de semilla con mucilago, peso de semilla sin mucilago, peso del mucilago, número de semillas por fruto, número de semillas vanas, espesor del caballete, profundidad del surco.
- De semillas: Longitud, diámetro, espesor, peso de semilla.

Medición de Variables cualitativas

De árbol

- Presencia de horqueta del Árbol

De hoja

- Forma de la base de la hoja, Forma del ápice, Color del brote terminal de la hoja, Pubescencia de los brotes terminales (Figura 20)

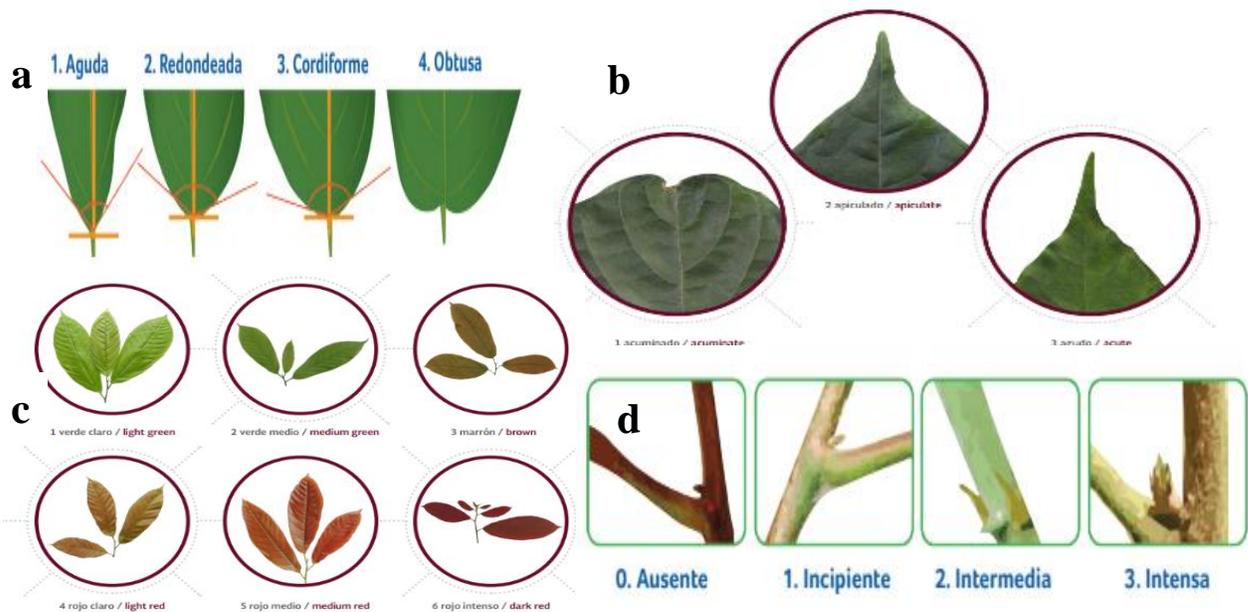


Figura 20. Variables cualitativas de hoja: a) forma de la base de la hoja, b) forma del ápice, c) color del brote terminal y d) pubescencia en brotes terminales.

De fruto

Una vez se realizó el recuento de los frutos se procedió a cortar 2 en estado maduro para la respectiva caracterización, con ayuda de los descriptores de cacao proporcionados por el CATIE 2012, INIFAP 2018 y Grupo Nutresa 2018.

Los atributos a considerar fueron:

Color de fruto, Forma del fruto, Construcción basal del fruto, Forma del ápice, Rugosidad del fruto, Dureza del fruto.

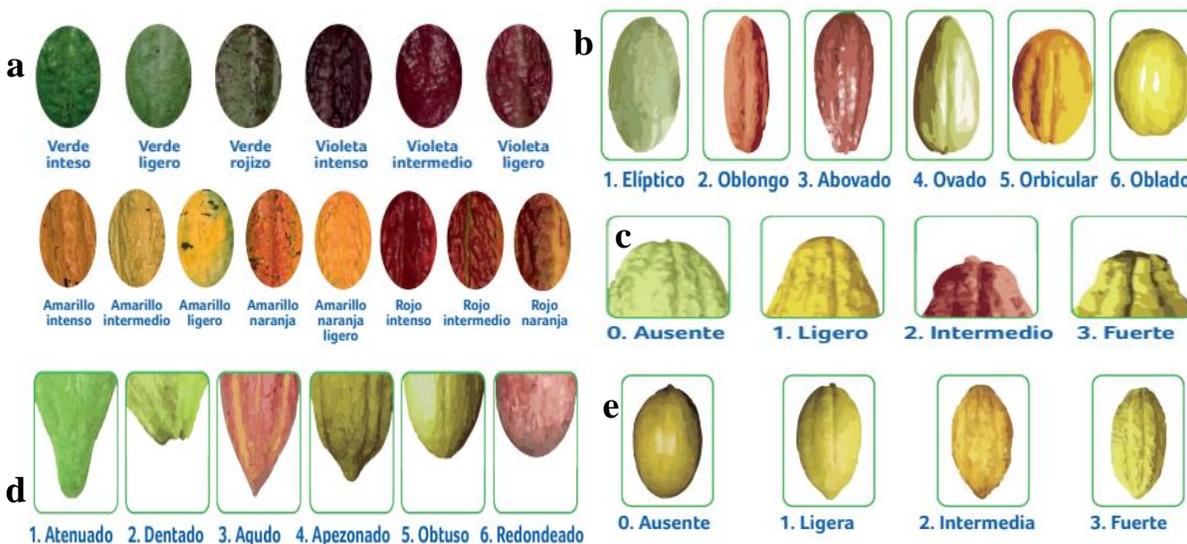


Figura 21. Variables cualitativas de fruto: a) Color de fruto inmaduro y maduro, b) forma del fruto, c) construcción basal del fruto, d) forma del ápice, e) rugosidad del fruto.

De semilla

Una vez realizada la toma de datos tanto cualitativos como cuantitativos se procedió a la extracción de semillas de la cual se realizó la respectiva caracterización mediante la ayuda de los materiales proporcionados por CATIE 2012, INIFAP 2018 y Grupo Nutresa 2018.

Los atributos considerados fueron:

Color de la pulpa, Color del Cotiledón, Forma de la semilla (Longitudinal), Forma de la semilla (Transversal).

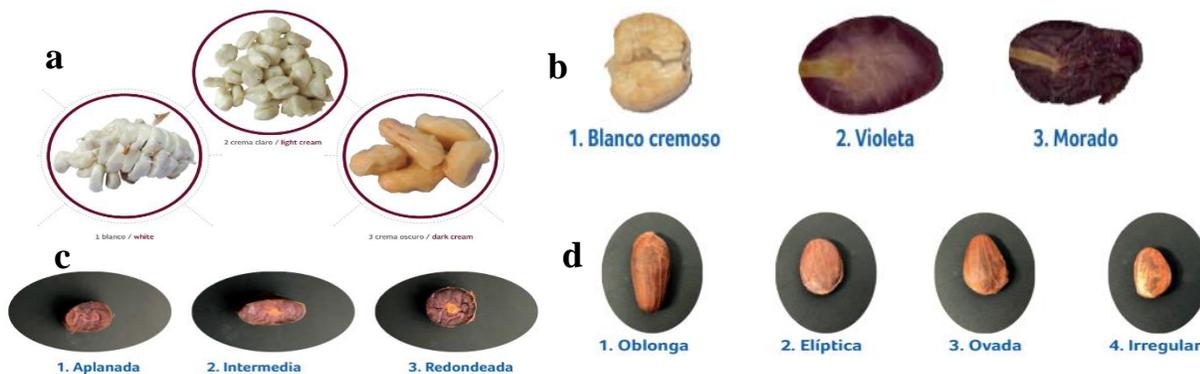


Figura 22. Variables cualitativas de semilla: a) color de la pulpa, b) color del cotiledón, c) forma de la semilla (Longitudinal), d) forma de la semilla (Transversal).

Medición de Variables Cuantitativas

De árbol

Altura del árbol, Altura del suelo hasta la formación de la horqueta, Diámetro del Árbol, Número de frutos por árbol, Número de cojinetes florales por metro lineal, Número de flores por cojinete.



Figura 23. Variables cuantitativas de árbol: a) altura del árbol, b) altura del suelo hasta la formación de la horqueta, c) diámetro del árbol a 15 cm de la base, d) número de frutos por árbol, e) número de cojinetes por metro lineal, f) número de flores por cojinete floral.

De hoja

Ancho de la hoja, Longitud de la hoja, Longitud desde la base de la hoja hasta el punto más ancho de la hoja (BPA), Longitud del peciolo.

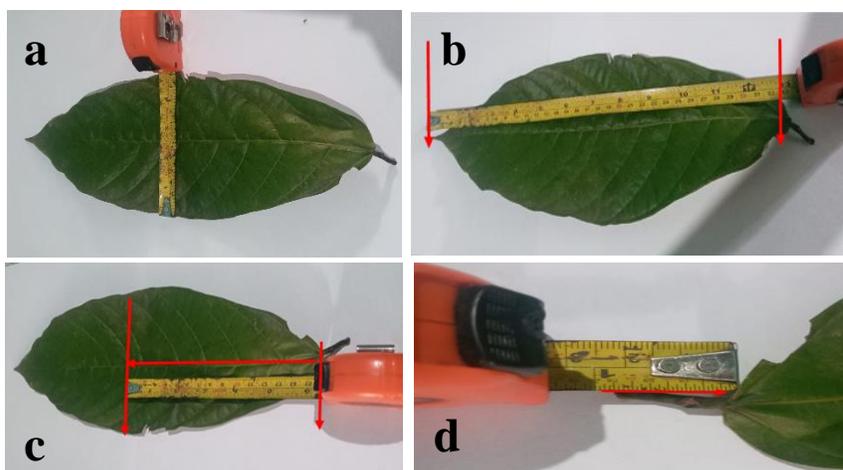


Figura 24. Variables cuantitativas de hoja: a) Ancho de la hoja, b) longitud de la hoja, c) longitud de la base al punto más ancho de la hoja (BPA), d) longitud del peciolo.

De fruto

Peso del fruto, Longitud del fruto (cm), Diámetro del fruto (cm), Relación largo/diámetro del fruto (cm), Número de semillas por fruto, Número de semillas vanas, Espesor del caballete, Profundidad del surco.

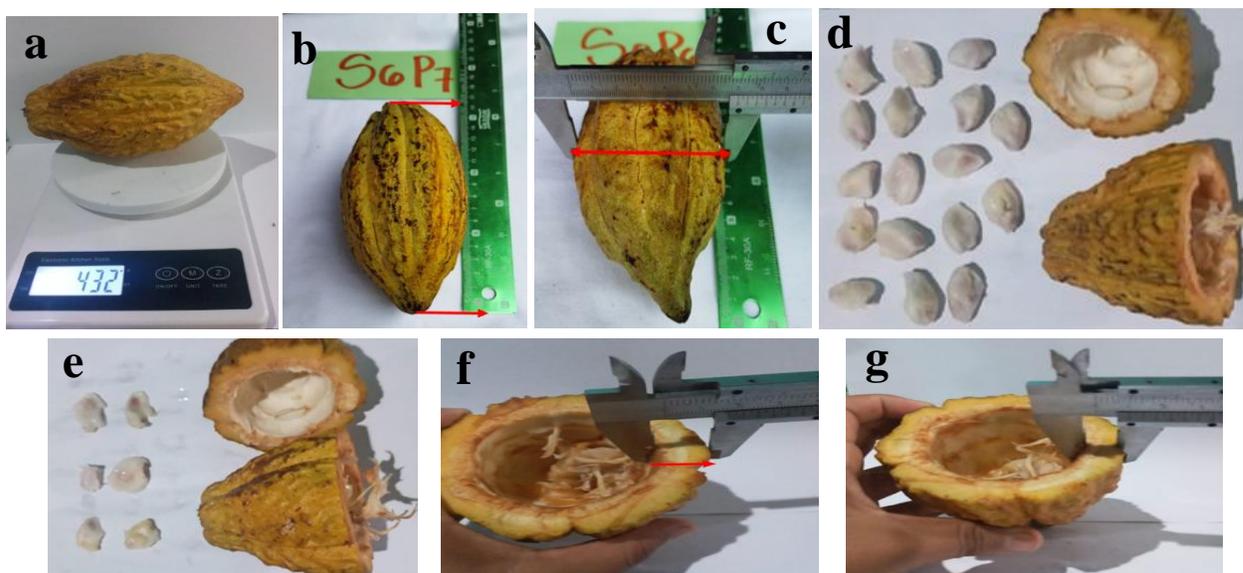


Figura 25. Variables cuantitativas de fruto: a) Peso del fruto, b) longitud del fruto, c) diámetro del fruto, d) número de semilla por fruto, e) número de semillas vanas, f) espesor del caballete, g) profundidad del surco.

De semilla

Peso de semilla más mucilago, Peso de semilla sin mucilago en gramos, Longitud de la semilla (cm), Diámetro de la semilla (cm), Espesor de la semilla (cm).

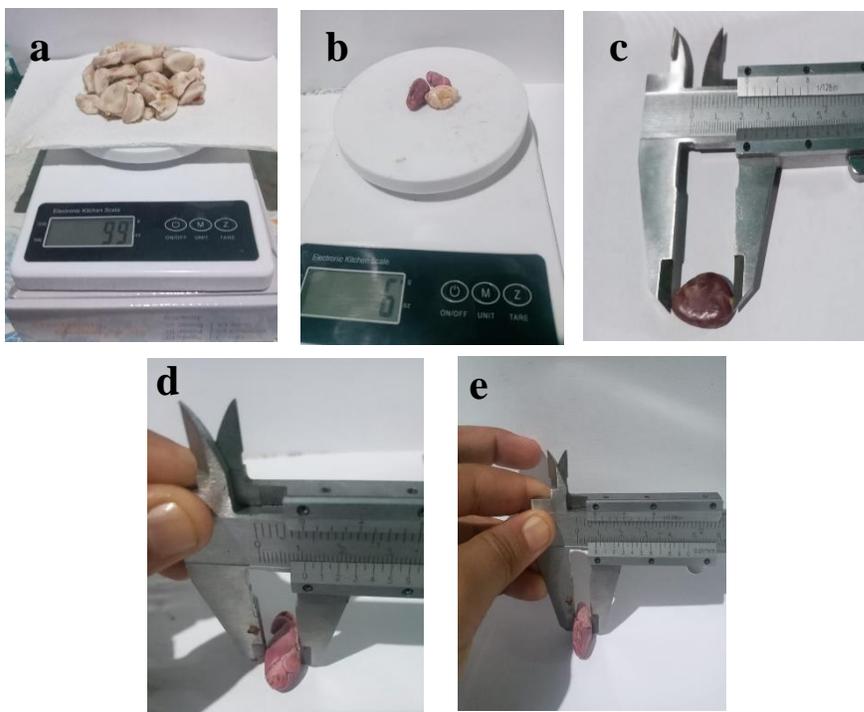


Figura 26. Variables cuantitativas de semilla: a) Peso de semilla más mucílago, b) peso de semillas sin mucílago, e) longitud de la semilla, d) diámetro de la semilla, e) espesor de la semilla.

6.4. Metodología estadística

6.4.1. Análisis de datos

Para la respectiva estimación y descripción de datos se utilizó el análisis de componentes principales como el máximo, mínimo, desviación estándar y coeficiente de variación, en cuanto al método multivariante se aplicó análisis de regresión múltiple, análisis por conglomerado. Todo esto se aplicó utilizando diferentes programas estadísticos como lo son SPSS® v25, Infostat® 2020 y Past3®.

6.4.1.1. Estadística simple

Este análisis de datos se utilizó para estimar y describir el comportamiento de cada característica de los diferentes árboles de cacao, mediante valores promedios, desviación estándar y coeficiente de variación, considerando las siguientes escalas: de 0 – 10 altamente homogéneos, 11 – 20

homogéneo, 21 a 30 heterogéneo y valores mayores de 30 altamente heterogéneo para el coeficiente de variación.

6.4.1.2. Análisis de conglomerado

Para los 10 árboles en estudio se aplicó el análisis de conglomerado a variables cuantitativas obtenida de dichos árboles de cacao, para representar de mejor manera la agrupación en conjuntos grandes, verificando que cada conglomerado sea lo más homogéneo posible y diferente entre cada conglomerado.

6.4.1.3. Análisis de componente principales

De los 10 árboles en estudio se generó un nuevo conjunto de variables independientes o componentes principales interrelacionados entre si al realizarse la transformación lineal sobre las variables originales, de esta manera se simplificó la complejidad del estudio de variables correlacionadas.

6.4.1.4. Análisis de correlación

Se aplicó este análisis para determinar el grado y magnitud de relación que existe entre las variables en estudio se observa la magnitud de la asociación entre las variables, identificando los descriptores que están muy asociados y significativos estadísticamente ($P < 0.05$) y un ($R \geq 0.7$) (Correlación alta) y las que no lo son (correlaciones bajas y no significativa).

VII. Resultados

7.1. Análisis descriptivo de variables cualitativas

Se caracterizaron 10 árboles de cacao, en la Estación Experimental y de Prácticas de la Facultad de Ciencias Agronómicas, San Luis Talpa, La Paz.

7.1.1. Variables cualitativas del árbol

Presencia de Horqueta

Para la presencia de horqueta el 100% de los árboles en estudio presentó una falsa horqueta (Cuadro 1), haciendo referencia a la horqueta poco definida, siendo una bifurcación que es más evidente en árboles con características de criollo. De acuerdo con el INIA (2015) citado por López y Deras (2017) clasifica las ramificaciones de los árboles de cacao en: ramificación simple, cuando el árbol tiene una sola rama central, sin formar un verdadero verticilo, intermedia si el árbol tiene dos ramas y verticiladas si tienen tres o más ramas. Respecto a esta característica todos los árboles en estudio presentaron ramificación simple, siendo esta una característica fenotípica del cacao criollo.

Pubescencia en brotes

En cuanto a la pubescencia en brotes un 80% de los árboles presentó la existencia de pubescencia en brotes terminales y otro 20% no presentó pubescencia en brotes terminales. Para lo cual Marcano (2007) citado por Duarte (2014), afirma que la pubescencia en ramas jóvenes es una característica evidente en los árboles de cacao criollo (Anexo 2)

7.2.2. Variables cualitativas de la hoja

Forma del ápice y la base de la hoja

Para la forma del ápice de la hoja el 80% de los árboles en estudio presentaron la forma apiculada siendo aquellas hojas que se estrechan bruscamente en el ápice. y el 10% tenía forma del ápice agudo y un 10% presentó forma acuminada cuya característica es la hoja que se estrecha paulatinamente en un ápice alargado (Cuadro 2); asimismo, resultados similares fueron obtenidos por Lovo y López (2019) al hallar tres formas de ápice de las hojas: del 100% de las hojas el 82.93% mostraron un ápice de forma apiculada, 14.63% hoja con ápice agudo y el 2.44 con ápice acuminado; mientras que, López y Mejía (2018) en su investigación encontraron que el 42.86% de los árboles poseían ápice acuminado largo: un 38.10% eran de forma agudo y un 19.04% fueron con el ápice acuminado corto. (Anexo 3)

Al caracterizar la forma de la base de la hoja el 30% de los árboles presentaron forma de la base aguda, 30% forma cordiforme y un 30% presentó forma obtusa y el 10% restante fueron de base redonda. Contrastando con los datos que obtuvo Rojas (2020) en su investigación en Ecuador en donde encontró que el 93.3% de las hojas contenían base redondeada, mientras que el 6.7% era de forma aguda, para esta característica los árboles seleccionados son más diversos posiblemente debido a la segregación genética que posee la especie.

Color y pubescencia de brote terminal de las hojas

En cuanto al color del brote terminal de la hoja el 30% de los árboles en estudio presentaron un color verde claro, 30% color rojo medio, un 20% color marrón, un 10% rojo claro y otro 10% verde medio. De igual manera Franco y Romero (2019) en su investigación realizada en el municipio de San Pedro Nonualco presentaron datos similares encontrando cinco pigmentaciones en los brotes terminales de las hojas: del 100% de los brotes el 33.33% de los brotes terminales presentan una coloración rojo claro, el 27% presentó color rojo medio, el 22.22% poseía color verde claro, el 11.11% presentaron brotes color verde medio y solo el 5.56% presentó hojas color marrón, estos datos presentan similitud entre los 10 árboles caracterizados. (Anexo 3)

Para el tipo de pubescencia presente en las hojas el 70% de los árboles en estudio presentó pubescencia en bote terminal incipiente, un 20% ausente y un 10% intermedia. Asimismo, resultados similares fueron presentados por López y Deras (2017) para lo cual el 100% de los árboles caracterizados el 95.95% de las hojas jóvenes de los árboles de cacao presentaron pubescencia débil, 3.46% pubescencia fuerte y 0.59% pubescencia moderada. (Anexo 3)

7.2.3. Variables cualitativas del fruto

Color del fruto inmaduro y maduro

En cuanto a la variable color inmaduro del fruto 90% de los árboles en estudio presentó frutos con un color verde ligero y 10% violeta intermedio, considerando esta variable como una de las más homogéneas entre los árboles seleccionados. De igual manera Parco *et al.* (2021), presentó datos similares en cuanto al color inmaduro del fruto: de 16 ejemplares de cacao, 4 presentaron un color rojo, 11 color verde y 1 verde pigmentado. (Anexo 4)

En cuanto al color maduro del fruto en los árboles de cacao un 50% presentó color amarillo ligero, 20%, amarillo intenso, mientras que los colores amarillo intenso, amarillo naranja y rojo naranja presentaron un 10% para cada uno de los colores. También Ramos, *et al.* (2020) en su investigación de 8 ejemplares de cacao definió que el color maduro más sobresaliente fue el amarillo. Difiriendo levemente con los 10 árboles caracterizados debido a las diferentes variaciones que presentan la coloración amarilla.

Forma del fruto, constricción basal forma del ápice

Al caracterizar la forma del fruto de un 70% árboles en estudio presentaron una forma abovado y 30% oblongo. Por su parte López y Lovo (2019) presentaron cuatro formas del fruto, en su investigación: del 100% de los árboles el 80.49% de la población caracterizada poseen mazorcas con forma ovado (33 árboles), 9.76% tienen mazorcas de forma elíptica (4 árboles), 7.31% presentan mazorcas con forma abovado (3 árboles) y el 2.44% poseen mazorcas con forma circular. Estos datos presentan una clara diferencia entre los 10 árboles caracterizados, ya que estos poseen formas un tanto más homogéneas.

En cuanto a la construcción basal del fruto de los árboles en estudio un 50% intermedio, 30% fue ausente, 20% ligero y un solo un 10% fuerte. Estos datos comparten similitud con los presentados por López y Ortiz (2018) ya que en su investigación presentaron que de 21 árboles de cacao se encontró que presentaban las cuatro características en los ejemplares caracterizados.

Para la forma del ápice del fruto de los árboles caracterizados un 60% poseía forma atenuada y el otro 40% apezonado. Por el contrario, Copa (2017) presentó en su investigación que los frutos en estudio poseían tres formas de ápice los cuales fueron caudado, agudo y obtuso. Estos datos presentan una clara diferencia entre los 10 árboles caracterizados.

Rugosidad de la cascara

En cuanto a la variable rugosidad de la cascara un 80% presento rugosidad intermedia, 10% ligera y un 10% fuerte. Por su parte CNCH (2018) definió que la rugosidad del fruto se presentaba en cuatro escalas: ausente, ligera, intermedia y fuerte. En la presente investigación se encontró solo tres de estas escalas según el descriptor.

Dureza de la cáscara

Para la dureza de la cascara un 40% fue dura, otro 40% intermedia y un 30% suave. Según Salazar (1949) en cuanto al cacao tipo criollo por lo general presentaron cáscara de consistencia blanda. Esta variable puede estar asociada al grado de madurez que el fruto posee y al grosor de cáscara de cada fruto, asimismo la habilidad y fuerza que el investigador posee. La dureza de cáscara también ayudará a conservar el fruto por más o menos tiempo de almacenamiento previo al proceso de beneficiado.

7.2.4. Variables cualitativas de la semilla

Forma de la semilla

Para la forma de la semilla el 60% de los árboles de cacao en estudio presentaron forma irregular en semilla, un 20% presentó forma oblonga, 10% elíptica y otro 10% presentó forma ovada. Los resultados obtenidos demostraron diferencia a los que presentaron López y Ortiz (2018) ya que en su investigación mostraron cuatro formas de semilla: irregular, ovada, elíptica y oblonga.

Forma del corte transversal

En cuanto al corte transversal de la semilla el 70% de los árboles presentaron forma intermedia y un 30% Aplanada. Resultados diferentes fueron obtenidos por López y Ortiz (2018) quienes encontraron tres formas de corte transversal de la semilla los cuales son: intermedia, redonda y aplanada.

Color del cotiledón

Para el color del cotiledón un 70% de las semillas fueron color violeta y un 30% blanco. Asimismo, resultados similares fueron obtenidos por Ramírez *et al.* (2018) mostrando que el color del cotiledón en un 47% fue violeta y en un 6.1 color blanco.

Color de la pulpa

Para el color de la pulpa el 60% de los frutos presento una coloración crema claro en pulpa y otro 40% presento color blanco. Asimismo, resultados similares fueron obtenidos por Ramírez *et al.* (2018) presentaron que en un 96.2% el mucílago poseía una coloración blanca.

7.3. Análisis descriptivo de variables cuantitativas de los Árboles

7.3.1. Altura total del árbol y altura de horqueta (cm)

Los árboles caracterizados presentaron una edad promedio de 3 años debido a que el cultivo ha sido establecido recientemente en la Estación.

Con respecto a la altura se encontraron árboles que medían desde 180 hasta 400 cm de altura, siendo el árbol identificado como E-MPS3P4 el más alto (400 cm) y el E-TES5P1 el más bajo (180 cm) (Figura 27). De los 10 árboles caracterizados, la altura promedio obtenida fue de 302.10 cm, con una desviación estándar de 83.94 cm y un coeficiente de variación de 0.28 (Anexo 6). Con respecto a esto Merino (2017) consideró que la altura promedio del árbol de cacao se encontraba en un rango entre 2 a 4 metros, ya que esta altura los convierte en manejables para las labores culturales.

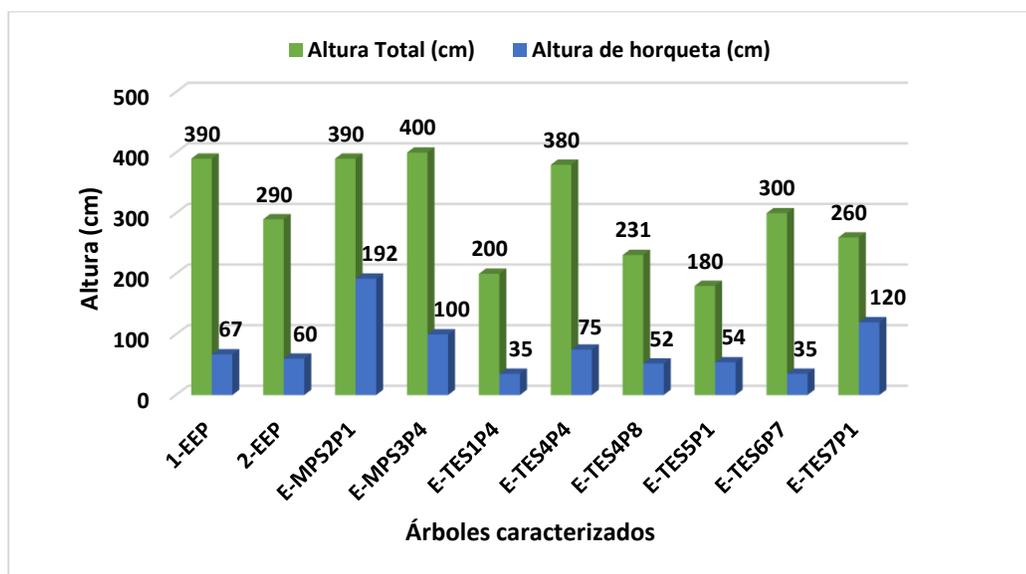


Figura 27. Altura total y de horqueta en los árboles de cacao caracterizados.

De los 10 árboles caracterizados la altura promedio hasta la formación de la horqueta fue de 79 cm, con una desviación estándar de 47.89 cm y un coeficiente de variación de 0.60 (Anexo 6). Presentando la mayor altura de la horqueta fueron: E-MPS2P1 (192 cm), y el que presentó la horqueta más cercanas al promedio fue el E-TES4P4 con 75 cm; mientras que los datos más bajos fueron obtenidos en los árboles E-TES1P4 y E-TES6P7 (35 cm) en cada uno. (Figura 27), Al respecto Merino (2017) encontró un promedio de 240 cm a 100 cm de altura de la formación de Horqueta.

Diámetro del árbol

De los Árboles en estudio presentaron un diámetro a 15 cm de la base promedio de 8.37 con una estándar de 1.20 cm y un coeficiente de variación de 0.14 (Anexo 6). Obteniendo el mayor diámetro 1-EEP (10.06 cm), y el menor E-TES5P1 (6.48 cm) (Figura 28). Asimismo los resultados obtenidos se encuentran dentro del rango mencionado por López y Lovo 2019, quienes afirmaron que el diámetro promedio oscila entre 5.50 a 11.50 cm.

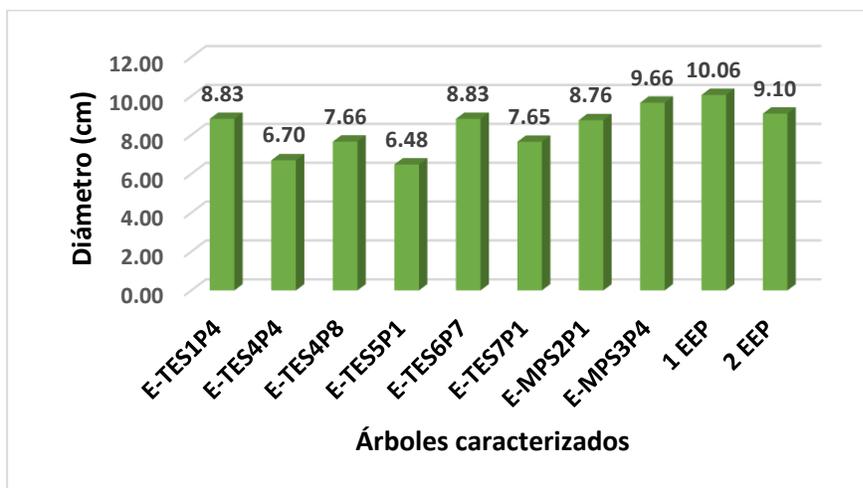


Figura 28. Diámetro a 15 cm de la base

Número de frutos por árbol

De los 10 árboles se obtuvo un promedio de frutos de 30.10 frutos, con una desviación estándar de 16.71 y un coeficiente de variación de 0.56 (Anexo 6). presentando el mayor número de frutos el árbol E-TES4P8 (76 frutos). Y el de menor número de frutos por árbol fue 2-EEP (18 frutos) (figura 29). Por su parte López y Deras (2017) establecieron en su investigación un número promedio de 44.40 frutos por árbol. Estos resultados presentan una clara diferencia para los 10 árboles caracterizados, debido a las diferencias de edad de los árboles en cada una de las investigaciones.

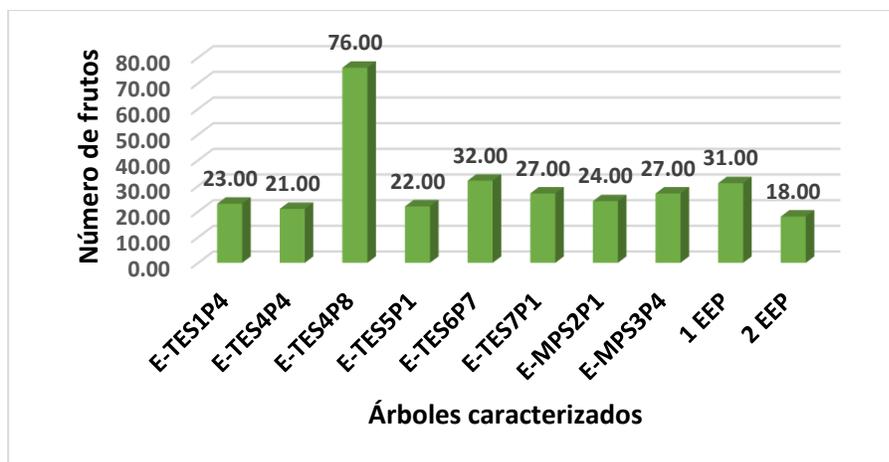


Figura 29. Número de frutos por Árbol

Número de cojinetes por metro lineal

De los 10 árboles en estudio se obtuvo un promedio de 14.8 cojinetes por metro lineal, con una desviación estándar de 4.34 y un coeficiente de variación de 0.29 (Anexo 6). Para lo cual el árbol con número de cojinetes florales por metro lineal más alto fue: E-TES4P6, E-TES7P1 (21 cojinetes), el menor número de cojinete por metro lineal lo obtuvo E-TEES4P4 (9 cojinetes florales) (Figura 30). estos resultados al compararlo con los datos de Ballesteros 2011 se encuentran dentro del rango establecido ya que en esta investigación se consideró como mínimo 10 cojinetes por metro lineal y como máximo 23 cojinetes.

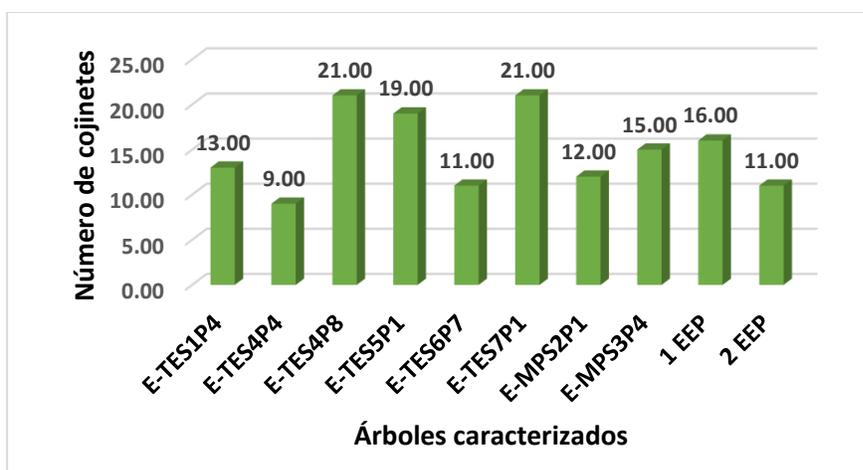


Figura 30. Número de cojinetes por metro lineal

Número de flores por cojinete floral

En cuanto a los árboles caracterizados se encontró un promedio de 3.80 flores por cojinete floral, con una desviación estándar de 0.93 y un coeficiente de variación de 0.25 (Anexo 6) para lo cual el mayor número de flores por cojinete floral fue del E-MPS3P4 (5 flores), E-TES4P4 (2.33 flores) (Figura 31). Asimismo, estos resultados están por debajo de los encontrados por López y Deras 2017 los cuales presentaron un promedio de 7 flores por cojinete floral en árboles de cacao, posiblemente a las diferencias en condiciones ambientales, tiempo de recolección de datos y edad de los árboles seleccionados en ambas investigaciones.

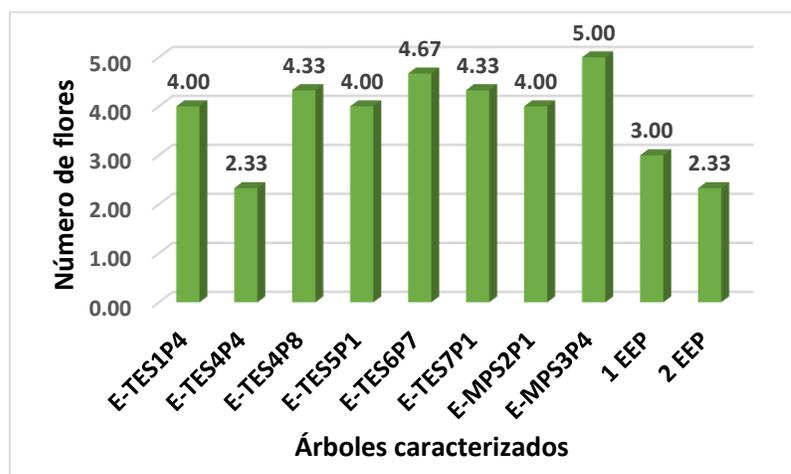


Figura 31. Número de flores por cojinete

7.3.2. Descripción cuantitativa de las hojas de cacao

Largo y ancho de la hoja (cm)

Para la variable largo de las hojas se obtuvo un largo promedio de 32.04 cm, con una desviación estándar de 4.89 y un coeficiente de variación de 0.15 (Anexo 7). El que presenta mayor longitud fue E-TES4P8 (40.83 cm) y menor longitud E-TES5P1 (27 cm) (Figura 32). El promedio obtenido muestra por encima de los presentado por Macuaga (2019) el cual obtuvo un promedio de 28.39 cm para la longitud de la hoja de cacao.

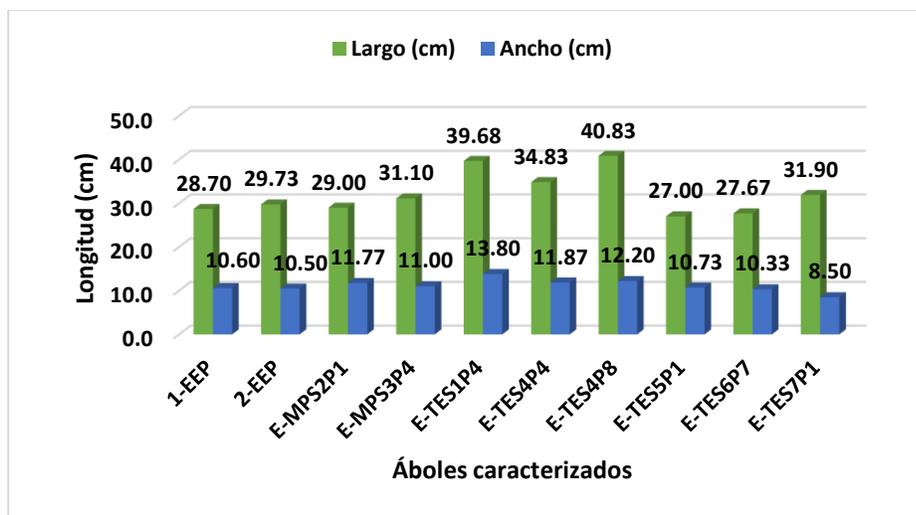


Figura 32. Ancho de la hoja

De los 10 árboles caracterizados reflejaron un promedio de 11.13 cm para la variable ancho de las hojas, con una desviación estándar de 1.40 y un coeficiente de variación de 0.13 (Anexo 7), el que presento el mayor dato para esta variable fue el E-TES1P4 (13.80 cm) y el de menor ancho de hoja E-TES7P1 (8.50 cm) (Figura 32). Asimismo, los resultados obtenidos se encuentra por encima a los de Macuaga (2019) el cual obtuvo resultados promedio de 9.07 en cuanto al ancho de las hojas de cacao. Cabe mencionar que la importancia de estas variables radica en la capacidad de realizar la fotosíntesis en cada árbol.

Longitud del peciolo (cm)

De los 10 árboles caracterizados se obtuvo un longitud promedio de 2.77 cm de peciolo, una desviación estándar de 0.74 y un coeficiente de variación de 0.27 (Anexo 7). Para lo cual el peciolo que presentó mayor longitud fue E-TES1P4 (4.60 cm), en cuanto al que presentó una menor longitud fue el 2-EEP (2.10 cm) (Figura 33). Estos resultados oscilan con el rango presentado por Dostert *et al.* (2012) el cual definió que la longitud del peciolo en la hoja de cacao va de 14 a 27 mm.

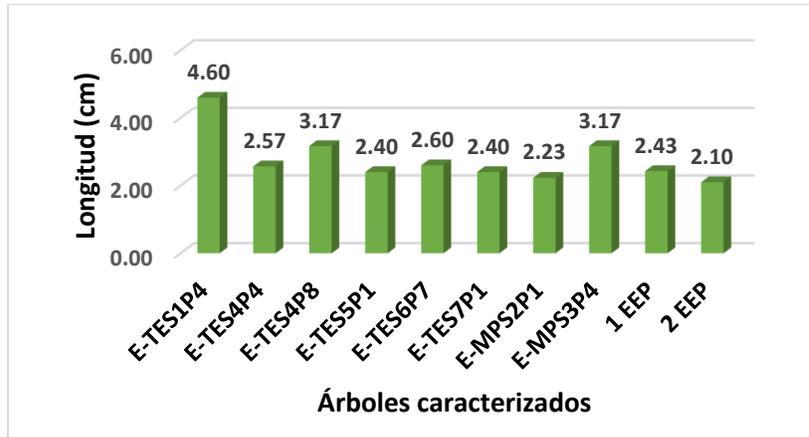


Figura 33. Longitud del peciolo

BPA (Longitud desde la base a la parte más ancha de la hoja) cm

De los árboles en estudio se obtuvo una longitud promedio de 16.28 cm, con una desviación estándar de 2.40, con un coeficiente de variación de 0.15 (Anexo 7) siendo la longitud más grande desde la base a la parte más ancha de la hoja del E-TES4P8 (20.33 cm), en cuanto al que presentó la menor longitud desde la base a la parte más ancha de la hoja es el E-TES6P7 (13.00 cm) (Figura 34). De los 10 árboles en estudio se obtuvo Los datos presentados en esta investigación poseen similitud con los presentados por Franco y Romero (2019) los cuales obtuvieron un promedio de 17.99 cm para BPA.

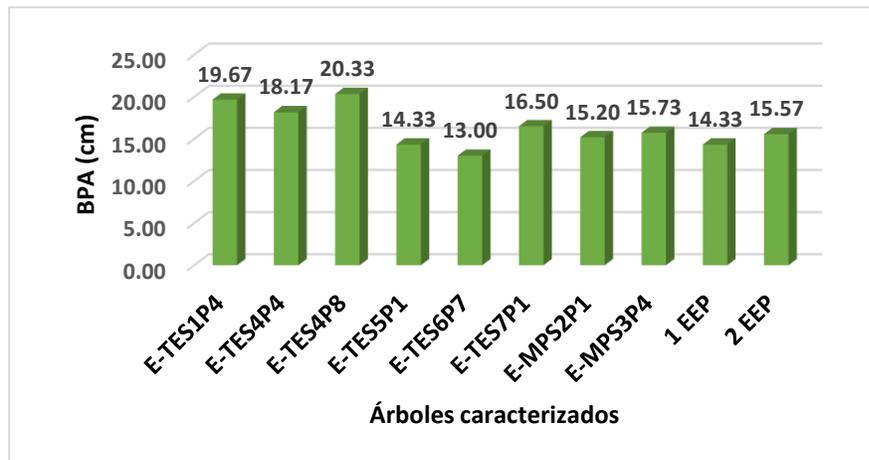


Figura 34. Longitud desde la base a la parte mas ancha de la hoja (BPA)

7.3.4. Descripción cuantitativa de los frutos de cacao

Peso del fruto (g)

Los frutos presentaron un peso promedio de 336.9 g, con una desviación estándar de 140.28 y un coeficiente de variación de 0.42. Para los cual el que presentó un mayor peso fue E-MPS2P1 (588.50 g), y el que presento menor peso del fruto E-TES5P1 (125 g) (Figura 35). Asimismo, estos resultados cumplen con el rango propuestos por Dostert *et al.* (2012) el cual encontraron que el peso del fruto de cacao oscilaba de 200 a 1000 gramos.

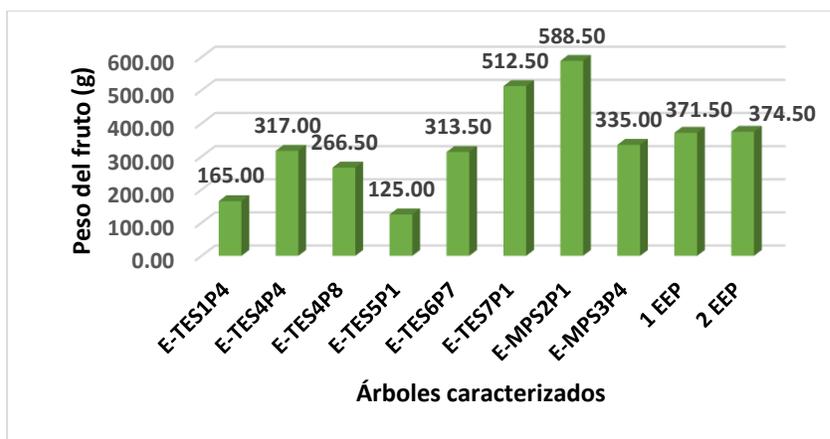


Figura 35. Peso de fruto en gramos

Longitud y diámetro del fruto (cm)

De los frutos recolectados estos presentaron una longitud promedio de 15.74 cm con una desviación estándar de 3.73 y un coeficiente de variación de 0.24. (Anexo 8). Obteniendo la mayor longitud el E-MPS2P1 (21.65 cm), y el que presento menor longitud fue E-TES1P4 (10.75 cm), (Figura 36) Los Estos resultados se encuentran dentro del rango presentado por Franco y Romero (2019) los cuales reportaron en su investigación una longitud del fruto que va de 11 cm (TN 19) hasta 22 cm (SPN 210).

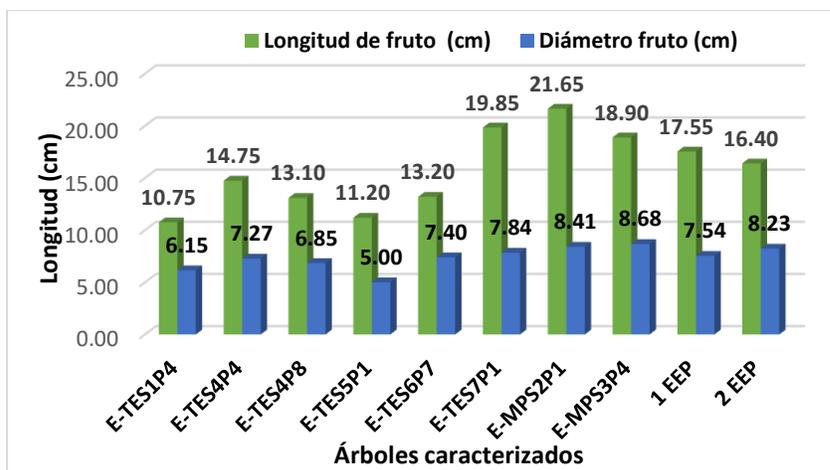


Figura 36. Longitud y diámetro de los frutos caracterizados

Para la variable diámetro de fruto se obtuvo un diámetro promedio de 7.33 cm con una desviación estándar de 1.11 y un coeficiente de variación de 0.15 (Anexo 8), con un diámetro mayor de E-MPS3P4 (8.68 cm), asimismo el de menor diámetro fue E-TES5P1 (5 cm) (Figura 36). Los frutos presentaron cierta similitud con los datos a conocer por Franco y Romero (2019), cuyo diámetro de frutos de cacao promedio fue de 7.28 cm.

Relación Largo/Diámetro del fruto (cm)

Los frutos presentaron una relación largo/diámetro promedio de 2.13 cm con una desviación estándar de 0.29 y un coeficiente de variación de 0.13 (Anexo 8). Para lo cual el fruto con una mayor relación largo/diámetro fue E-MPS2P1 (2.58 cm), y el que presentó menor relación largo/diámetro E-TES1P4 (1.75 cm), (Figura 37). A diferencia de Ramírez *et al.* (2018) los cuales en su investigación obtuvieron una relación largo/diámetro del fruto promedio para cacao criollo de 2.2 cm. Estos resultados presentan una diferencia de 7 cm entre los 10 árboles caracterizados.

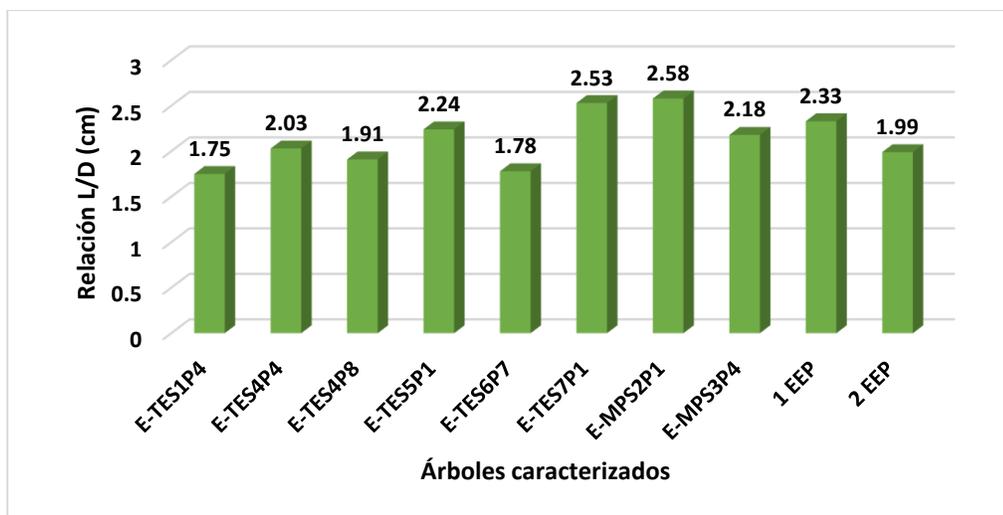


Figura 37. Relación largo entre diámetro del fruto

Espesor del caballete (cm)

De los frutos recolectados presentaron un espesor de caballete promedio de 1.14 cm con una desviación estándar de 0.29 y un coeficiente de variación de 0.26 (Anexo 8). Con un espesor de caballete mayor presentado por el E-TES7P1 (1.61 cm), y con el menor espesor de caballete del E-TES5P1 (0.80 cm) (Figura 38). Estos resultados se encuentran por debajo a los de Franco y Romero (2019) los cuales variaban en un rango de 1.32 – 2.17 cm para el espesor del caballete.

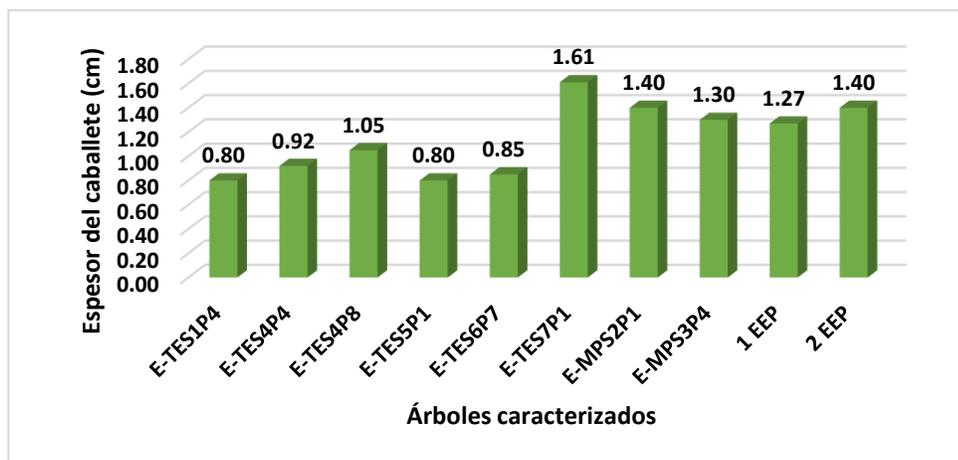


Figura 38. Espesor del caballete

Profundidad del surco (cm)

Para los frutos recolectados presentaron una profundidad de surco promedio de 0.35 cm con una desviación estándar de 0.11 y un coeficiente de variación de 0.33 (Anexo 8). Con una mayor

profundidad de surco presentada por 2-EEP (0.52cm), y una menor profundidad de surco el E-TES1P4 (0.15 cm) (Figura 39). Asimismo, el resultado promedio obtenido en esta investigación se encuentra dentro de este rango presentado por Graziani *et al.* (2002) que fue de 0.11- 0.36cm para profundidad del surco en frutos de cacao.

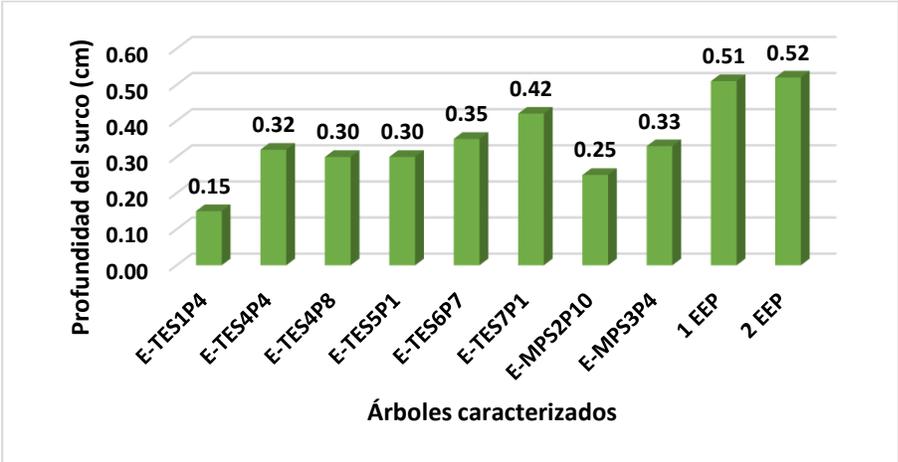


Figura 39. Profundidad del surco

Peso de las semillas con mucílago (g)

Las semillas obtenidas de los frutos recolectados presentaron un peso promedio con mucílago de 83.34 g, con una desviación estándar de 40.34 y un coeficiente de variación de 0.48 (Anexo 8). Con peso mayor de E-MPS2P1 (164 g), y un peso menor de E-TES5P1 (28 g) (Figura 40). Asimismo, estos resultados presentan diferencia con los de Sujut (2009) el cual obtuvo en su investigación en San Miguel Panán, Suchitepéquez, Guatemala, un peso promedio de 140.8 g para semilla fresca con mucílago.

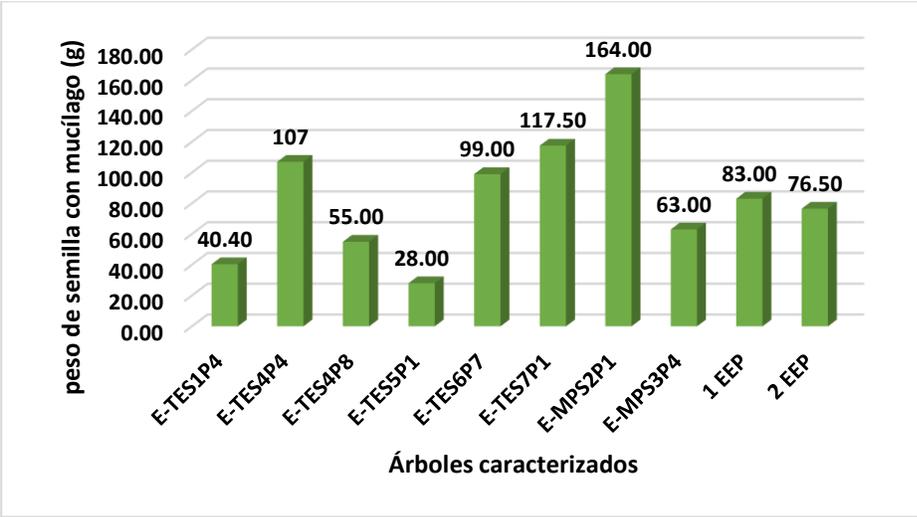


Figura 40. Peso de semillas con mucílago

Peso por semilla (g)

Los frutos recolectados presentaron un peso promedio por semillas de 1.26 g, con una desviación estándar de 0.58 y un coeficiente de variación de 0.46 (Anexo 8). Con un peso por semilla mayor obtenida por E-TES4P8, E-TES5P1, E-TES6P7 (2.0 g), y un menor peso por semillas de E-TES1P4 (0.55 g) (Figura 41). Al observar estos resultados podemos decir que el peso promedio por semilla se encuentra dentro del rango presentado por Guzmán 1997 el cual obtuvo 1.21g a 2.49 g de peso en semillas de cacao.

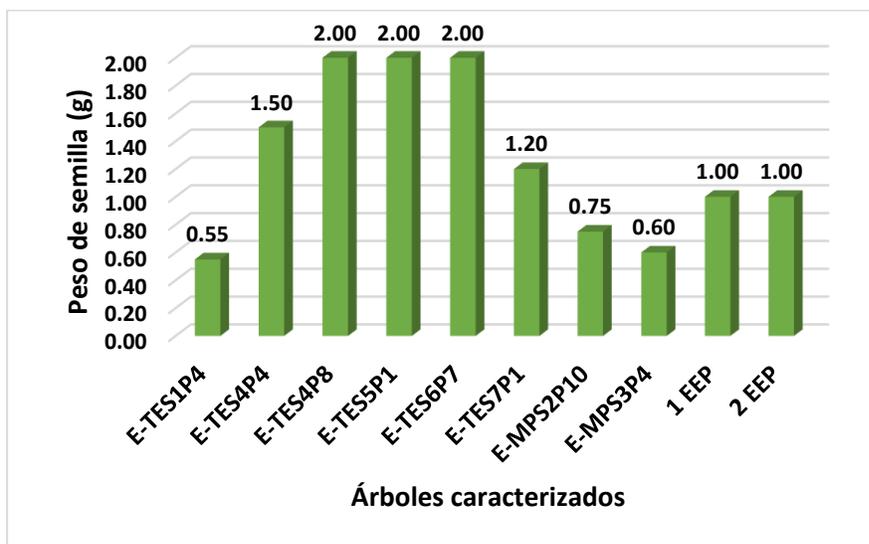


Figura 41. Peso de semilla por fruto

Peso de mucílago

Las semillas obtenidas de los frutos recolectados presentaron un peso promedio de mucílago de 44.71 g, con una desviación estándar de 36.37 y un coeficiente de variación de 0.75 (Anexo 8). Con un peso mayor del mucílago de E-MPS2P1 (109.33 g), y un peso menor del mucílago de E-MPS3P4 (14.05 g) (Figura 42). Los resultados obtenidos se encuentran por encima del rango definido por Hernández y Reinaldo (2011) los cuales presentaron que el rendimiento de mucílago en gramos por mazorca cosechada oscilaba en un rango de 28.33 g -25.10 g.

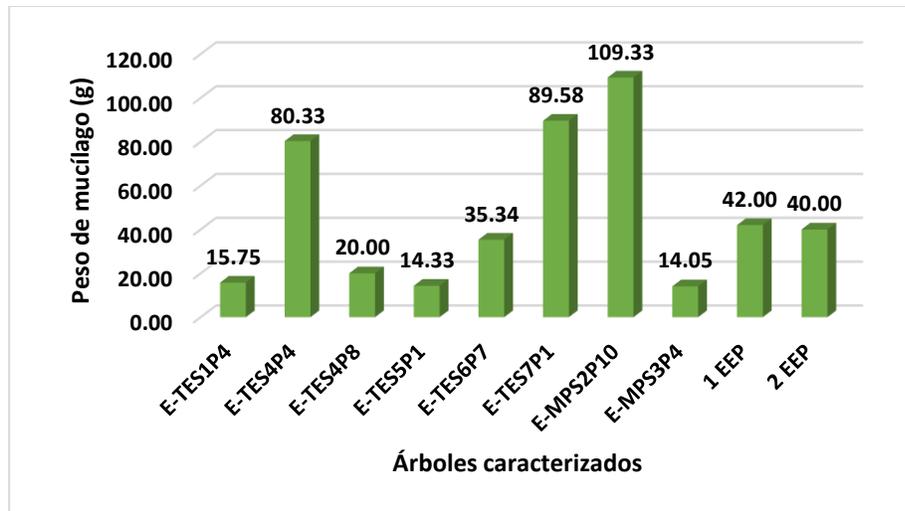


Figura 42. Peso del mucilago.

Número de semillas por fruto

De Los frutos recolectados presentaron un promedio de 37.65 semillas por fruto, con una desviación estándar de 7.27 y un coeficiente de variación de 0.19 (Anexo 8). Obteniendo un número de semillas mayor de 1-EEP (44.50 semillas), y un menor número semillas E-MPS3P4 (19.0 semillas) (Figura 43). Estos resultados se encuentran dentro del rango presentado por Franco y Romero (2019) en donde el promedio mayor fue de 47 semillas y el menor de 17 semillas por fruto.

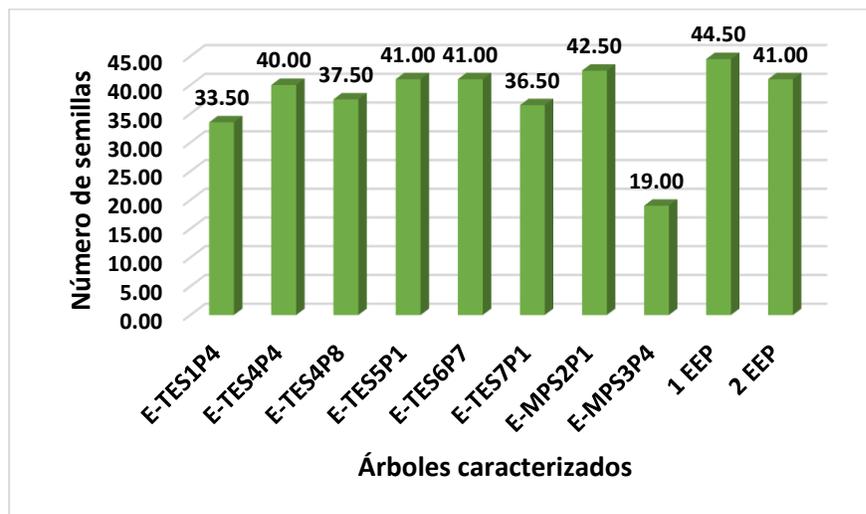


Figura 43. Número de semillas por fruto

Número de semillas vanas

Para las semillas extraídas de los frutos recolectados presentaron un número un promedios de 1.95 semillas, con una desviación estándar de 2.77 y un coeficiente de variación de 1.42 (Anexo 8). Con

un mayor número de semillas vanas de E-TES1P4 (9.50 semillas), y un menor de semillas vanas E-TES6P7 (0 semillas vanas) (Figura 44). Estos resultados al compararlos con las presentadas por el CATIE (2005) el cual obtuvo un rango de 0 a 4 semillas vanas por fruto, el promedio obtenido de los 10 árboles se encuentra dentro de este rango.

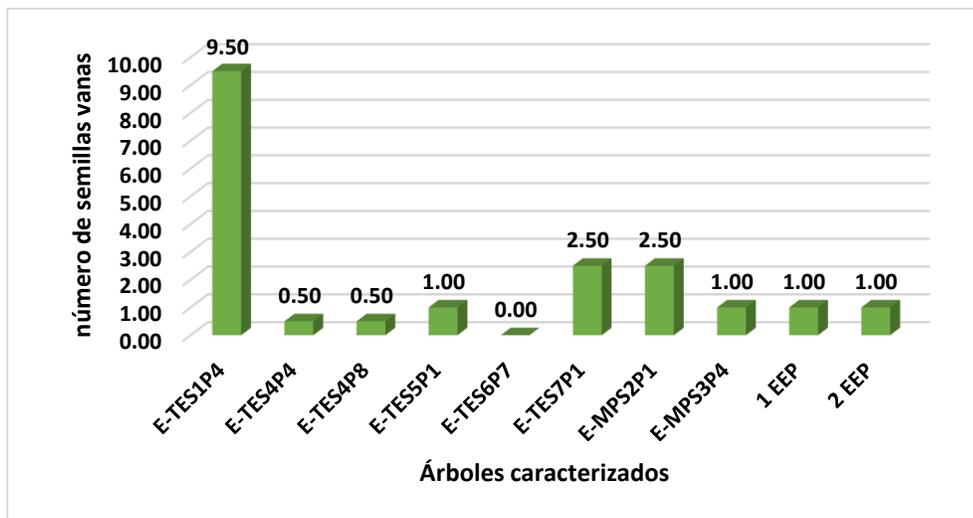


Figura 44. Número de semillas vanas

7.3.5. Descripción cuantitativa de las semillas de cacao

Longitud y diámetro de semilla (cm)

De las semillas extraídas de los frutos recolectados presentaron una longitud promedio de la semilla de 2.08 cm, con una desviación estándar de 0.33 y un coeficiente de variación de 0.16 (Anexo 9). Para lo cual se obtuvo una mayor longitud de la semillas de E-MPS3P4 (2.50 cm), y una menor longitud de la semillas de E-TES5P1 (1.37 cm) (Figura 45). Los frutos recolectados Asimismo, estos resultados presentan similitud con los del INTA (2009) el cual define que la longitud de la semilla de cacao varía de 2.0 cm a 3.0 cm.

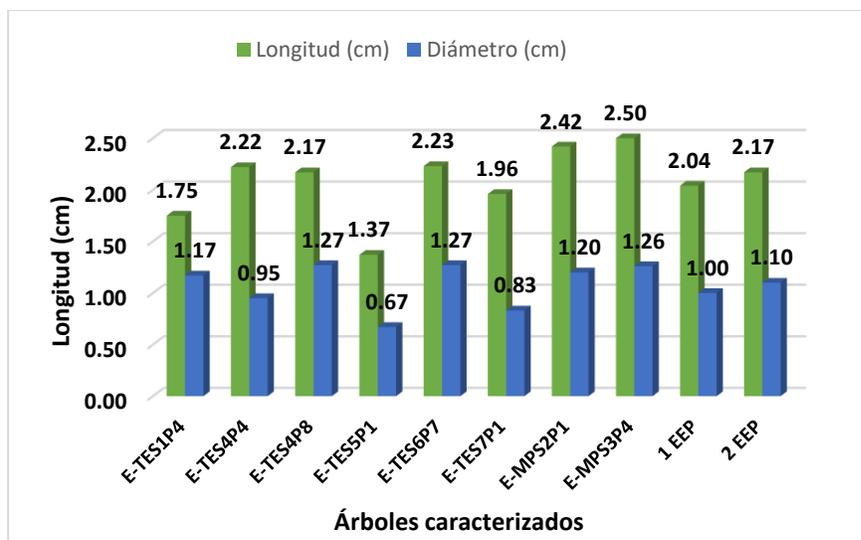


Figura 45. Longitud y diámetro de la semilla

Para la variable diámetro se semillas los árboles presentaron un diámetro promedio de la semilla de 0.19 cm, con una desviación estándar de 0.21 y un coeficiente de variación de 0.21 (Anexo 9). Para lo cual se obtuvo un mayor diámetro el E-TES4P8, E-TEP6S7 (1.27 cm), y un menor diámetro de la semillas E-TES5P1 (0.67 cm) (Figura 45). Estos datos se encuentran por encima a los de López y Deras (2017), los cuales obtuvieron un diámetro promedio de 1.4 cm.

Espesor de la semilla (cm)

Para esta variable de los frutos recolectados presentaron un espesor promedio de la semilla de 0.66 cm, con una desviación estándar de 0.17 y un coeficiente de variación de 0.26 (Anexo 9). Con un mayor espesor de la semillas de E-MPS3P4 (0.92 cm), y los que presentaron un menor espesor de la semillas de E-TES6P7 (0.40 cm) (Figura 46). López y Deras (2017) presentaron un rango de 0.21cm - 1.18cm para el espesor de la semilla de cacao.

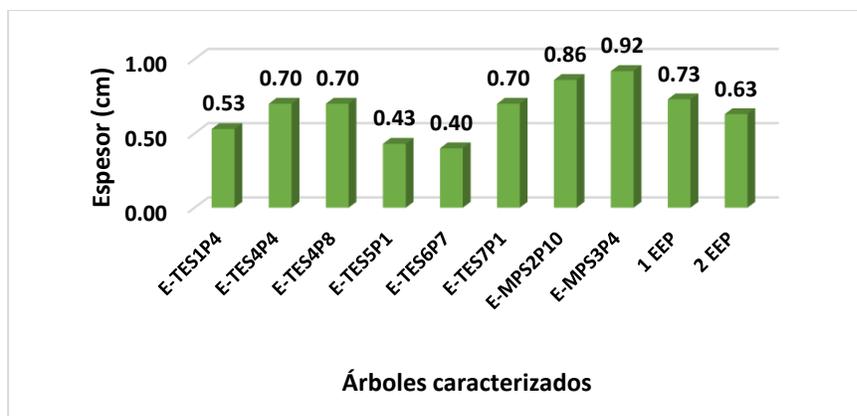


Figura 46. Espesor de la semilla

7.4. Análisis Multivalente de variables cuantitativas

7.4.1. Análisis de componentes principales

Este tipo de análisis es una técnica estadística multivariante de mucha importancia dentro del estudio de caracterización, ya que la finalidad de este es identificar cuáles son las variables que presentaron mayor y menor asociación e influencia sobre el resto (Cuadro A3).

El componente 1: Contribuyó con 81.9% (Cuadro A10) de las variables totales, las variables relacionadas para la formación de este fueron: peso del fruto, peso de semilla con mucílago, altura del árbol, altura de formación de horqueta, peso del mucílago y peso de semilla sin mucílago (Cuadro A11)

El componente 2: Contribuyó con un 12.46% (Cuadro A10) de la varianza total, las variables relacionadas que lo conformaron fueron: peso altura del árbol y peso de semilla sin mucílago (Cuadro A11).

El componente 3: Contribuyó en un 2.27% (Cuadro A10) de la varianza total, dentro de la cual las variables que lo conformaron fueron: altura a la formación de la horqueta, peso del mucílago, relación largo entre diámetro del fruto, altura del árbol, número de frutos y numero de semillas vanas todas estas influenciando de manera positiva al componente (Cuadro A11).

El componente 4: Contribuyó en un 1.88% (Cuadro A10) de la varianza total, dentro de la cual las variables que influyeron mayormente de manera positiva fueron: Peso de semilla sin mucílago, relación largo entre diámetro del fruto, peso de mucílago y peso de semilla (Cuadro A11).

El componente 5: Contribuyó en un 0.75% (Cuadro A10) de la varianza total, dentro de la cual las variables que influyeron mayormente de manera positiva fueron: número de frutos, peso de semilla

con mucílago, peso de semilla sin mucilago, peso de mucilago, largo de la hoja, altura del árbol (Cuadro A11).

El componente 6: Contribuyó en un 0.53% (Cuadro A10) de la varianza total, dentro de la cual las variables que la influyeron mayormente de manera pasiva están relación largo entre diámetro, peso de semilla con mucílago (Cuadro A11).

El componente 7: Contribuyó en un 0.11% (Cuadro A10) de la varianza total, dentro de la cual las variables que influyeron mayormente de manera positiva están: longitud de la hoja, número de semillas vanas, BPA, ancho de la hoja, longitud de peciolo, peso del mucilago, peso de semilla con mucílago y diámetro del fruto (Cuadro A11).

El componente 8: Contribuyó en un 0.04 % (Cuadro A10) de la varianza total, dentro de la cual las variables que influyeron mayormente de manera positiva están: número de semillas por fruto, número de semillas vanas, longitud de la hoja, ancho de la hoja, diámetro a 15 cm de la base, BPS, altura del árbol, diámetro de la semilla y peso de semilla sin mucílago (Cuadro A11).

El componente 9: Contribuyó en un 0.01 % (Cuadro A10) de la varianza total, dentro de la cual las variables que influyeron mayormente de manera positiva están: número de cojinetes por metro lineal, número de semillas vanas, diámetro a 15 cm de la base, número de flores por cojinete, longitud del peciolo, peso de semilla con mucílago, peso de semilla sin mucílago, relación longitud entre diámetro, y longitud del fruto (Cuadro A11).

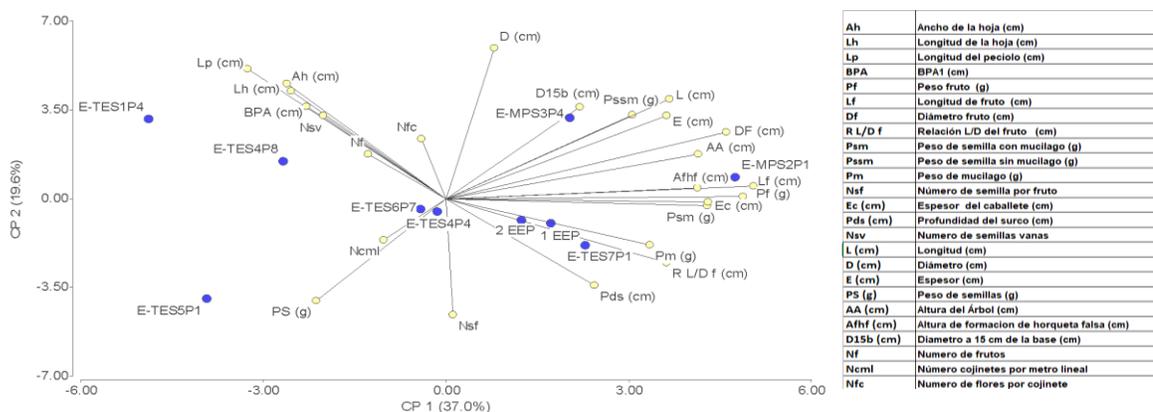


Figura 47: Plano cartesiano de la distribución de los componentes

La figura 48 muestra la variabilidad existente en la especie con un 81.0% de confiabilidad, con autovalores mayores a uno lo que origina 9 componentes y a partir de estos los autovalores son menores a uno, lo que indica que no hay variabilidad y su comportamiento es homogéneo.

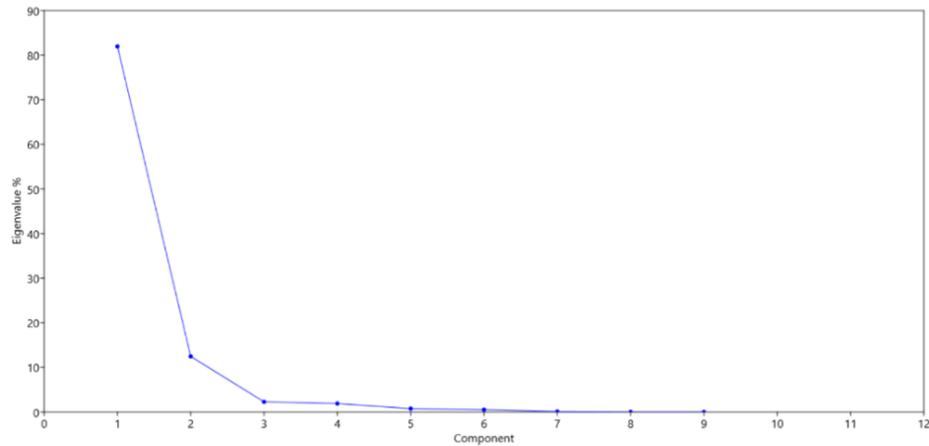


Figura 48: Proporción de la varianza explicada para cada componente principal en la caracterización de cacao

7.4.2. Análisis de conglomerado

El agrupamiento multivariado se utiliza frecuentemente para observar las asociaciones que han ocurrido entre los materiales en estudio, ya que entre ellos existe similitudes entre variables, los agrupamientos que han ocurrido muestran cinco grupos o conglomerados con una distancia euclidia de 0.54, con una relación cofenética de 0.85. Donde se observa el grado de similitud existente reflejadas en el dendograma (Figura 49) en donde se identifican el proceso de agrupamiento entre cada caso y la distancia en la que se produce cada agrupamiento.

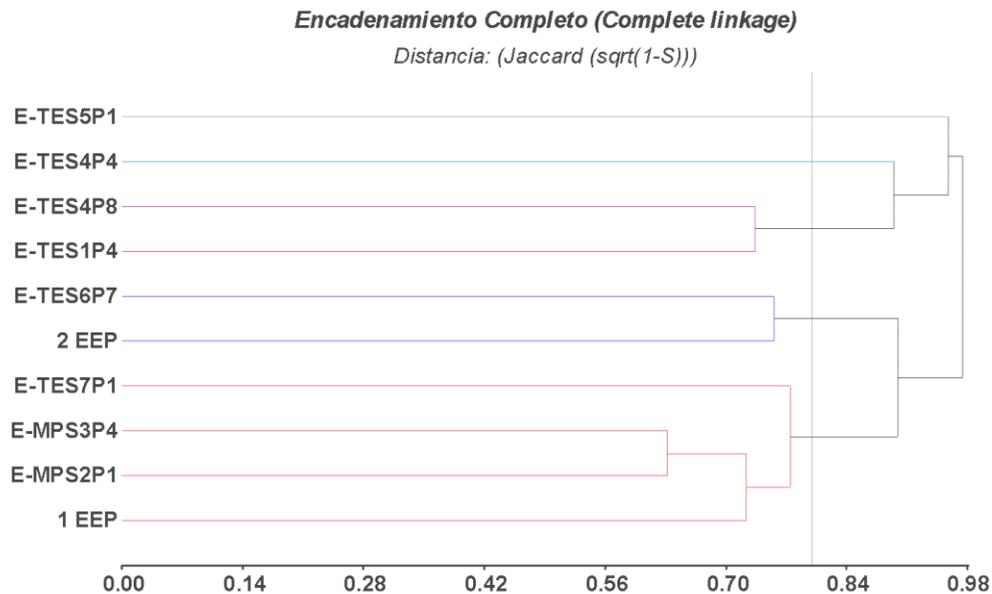


Figura 49: Dendograma de encadenamiento completo

Conglomerado 1

Esté conglomerado está conformado por los árboles 1-EEP, E-MPS2P1, E-MPS3P4, E-TES7P1; estos materiales comparten similitud y homogeneidad entre variables, correspondientes al mayor peso de frutos, mayor longitud de frutos, mayor relación longitud entre diámetro del fruto, mayor espesor de caballete, numero de semillas vanas, siendo esta variable en la que presentan los mayores datos a comparación de los otros conglomerados

Conglomerado 2

Esté conglomerado está conformado por los árboles 2-EEP y E-TES6P7, el cual presenta datos iguales en el ancho de hoja, peso del fruto e igual número de frutos.

Conglomerado 3

Conformado por los árboles E-TES1P4 y E-TES4P8, el cual presenta datos similares en las variables como: mayor ancho de hoja, longitud de hoja, largo del peciolo, BPA, menor relación Longitud/diámetro y menor número de flores por cojinete.

Conglomerado 4

Conformado por el árbol E-TES4P4 estos presentan los datos promedios en variables como número de semillas vanas y número de cojinetes por metro lineal

Conglomerado 5

Este está conformado por el árbol E-TES5P1 el cual presento los menores datos en la variable diámetro de las semillas, longitud de la semilla y espesor del caballete.

7.5. Análisis de correlación de Person

Se presentan los resultados de las correlaciones involucradas entre los descriptores (Cuadro 9). En el cuadro se observa la magnitud de la asociación entre las variables, identificando los descriptores que están muy asociados y significativos estadísticamente ($P < 0.05$) y un ($R \geq 0.7$) (Correlación alta) y las que no lo son (correlaciones bajas y no significativa).

Cuadro 1. Correlación y significancia de variables cuantitativas en árboles de cacao

Variable(1)	Variable(2)	n	Pearson	p-valor
Peso fruto (g)	Longitud de fruto (cm)	10	0.84	0.0356
	Diámetro fruto (cm)	10	0.89	0.0167
	Peso de semilla con mucílago (g)	10	0.9	0.0157
	Peso de semilla sin mucílago (g)	10	0.89	0.0163
	Peso de mucilago (g)	10	0.7	0.119
	Longitud de la semilla (cm)	10	0.73	0.0972
	Diámetro de la semilla (cm)	10	0.73	0.0985
	Peso de semillas (g)	10	0.89	0.0163

Diámetro fruto (cm)	Peso de semilla con mucílago (g)	10	0.85	0.033
	Peso de semilla sin mucílago (g)	10	0.88	0.0222
	Longitud de la semilla (cm)	10	0.88	0.0218
	Peso de semillas (g)	10	0.88	0.0222
Peso de semilla con mucilago	Peso de semilla sin mucilago (g)	10	0.92	0.0093
	Peso de mucilago (g)	10	0.88	0.0209
	Peso de semillas (g)	10	0.92	0.0093
	Longitud de la Semilla(cm)	10	0.84	0.0342
	Diámetro de la Semilla (cm)	10	0.83	0.0427
Longitud de la semilla (cm)	Diámetro de las semillas (cm)	10	0.97	0.001
	Peso de semillas (g)	10	0.84	0.0342
Diámetro de la semilla (cm)	Peso de semillas (g)	10	0.83	0.0427
Espesor de la semilla (cm)	Número cojinetes por metro lineal	10	0.74	0.0944

Los resultados mostraron correlación en un rango de 0.7 a 0,97, el cual a realizar el análisis este presentó correlaciones altamente significativas en variables como longitud de la semilla (cm) con diámetro de las semillas (cm) con un valor de $r = 0.97$ y $\alpha = 0.001$, lo cual indica que al aumentarse el diámetro de la semillas la longitud de estas aumentara de igual manera.

Las variables con correlación altamente significativas fueron peso de fruta (g) con Peso de semilla con mucilago (g) con un valor de $r=0.9$ y $\alpha= 0.0157$, peso de semilla con mucilago (g) con peso de semilla sin mucilago con valores de $r=0.92$ y $\alpha= 0.0093$, peso de fruto (g) con diámetro de fruto (cm) con valores de $r=0.89$ y $\alpha= 0.0167$, peso de fruto (g) con peso de semilla con mucilago (g) con valores de $r=0.89$ y $\alpha= 0.0163$, peso de fruto (g) con peso de semilla (g) con valores de $r=0.89$ y $\alpha= 0.0163$, Diámetro de fruto (g) con peso de semilla sin mucilago (g) con valores de $r=0.88$ y $\alpha= 0.0222$, peso de semilla con mucilago (g) con Peso de mucilago (g) con valores de $r=0.88$ y $\alpha= 0.0209$.

7.6. Proyección de producción

Las proyecciones se hicieron considerando que en una manzana de terreno (7,000 m²) se siembran 777 árboles de cacao y en el número de frutos encontrados en cada uno de los 10 árboles de cacao caracterizados en la Estación Experimental y de Prácticas, y tomando como referencia un valor teórico que 25 frutos pueden producir 1 Kg de cacao seco, se obtuvieron las proyecciones siguientes para cada árbol.

Cuadro 2. Tabla de proyección de producción de cacao en la EEP.

Árbol	N° de Frutos por Mz	Kg de cacao seco por Mz	Quintales de cacao seco por Mz
E-TES1P4	17871.00	714.84	7.15
E-TES4P4	16317.00	652.68	6.53
E-TES4P8	59052.00	2362.08	23.62
E-TES5P1	17094.00	683.76	6.84
E-TES6P7	24864.00	994.56	9.95
E-TES7P1	20979.00	839.16	8.39
E-MPS2P1	18648.00	745.92	7.46
E-MPS3P4	20979.00	839.16	8.39
1 EEP	24087.00	963.48	9.63
2 EEP	13986.00	559.44	5.59

En la gráfica se puede observar de manera más detallada la producción de cacao seco según el número de frutos obtenidos. Considerando los datos del anuario de estadísticas agropecuarias del Ministerio de Agricultura y Ganadería para el periodo 2018-2019 se obtuvo una producción de 7,988 quintales de cacao en una superficie de 10,332 manzanas lo cual es equivalente a 0.77 qq por Mz. Tomando como referencia lo anterior, podríamos mencionar que los árboles de cacao establecidos en la Estación Experimental y de Prácticas pueden considerarse como altamente productivos, ya que se estima que la producción de grano seco ronda desde los 5.59 hasta los 23.62 quintales por manzana por cosecha.

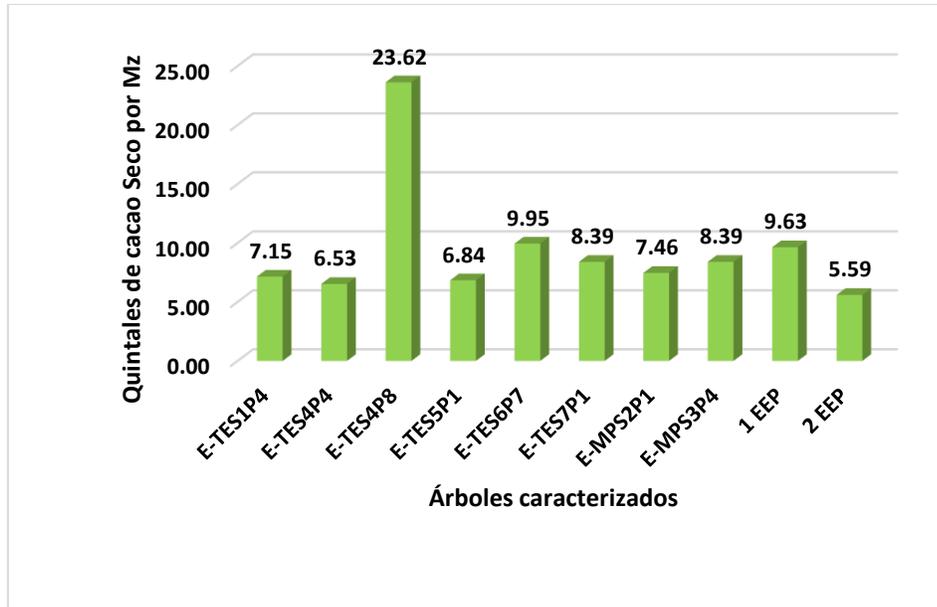


Figura 50. Gráfico de proyección de producción de cacao seco por Mz en la Estación Experimental y de Prácticas.

VIII. Conclusiones

El 30% de los árboles caracterizados presentaron semillas de color blanco, siendo los árboles identificados como: E-TES4P4, E-TES6P7, E-MPS3P4, que son de los que se consideran con características más sobresalientes de criollo. El 70% restante fueron semillas de color violeta (7 árboles) siendo los árboles: 1-EEP, 2-EEP, E-TES1P4, E-TES4P8, E-TES5P1, E-TES7P1, E-MPS2P10.

Con relación las variables cuantitativas se consideraron mayormente las de carácter productivas entre las cuales son: número de frutos por árbol en la cual, los que presentaron un mayor número de frutos fueron el E-TES4P8 con 76 frutos, E-TES6P7 con 32 frutos, 1-EEP con 31 frutos, E-TES7P1 y E-MPS3P4 con 27 frutos cada uno, número de semillas por fruto en los cuales los que presentaron un mayor número de semillas fueron el 1-EEP con 44.5 semillas, E-MPS2P10 con 42.5 semillas, E-TES5P2, E-TES6P7, 2-EEP con 41 semillas cada uno.

La importancia de la variable número de semillas vanas radica en identificar árboles que pueden tener problemas de fecundación de sus óvulos, provocando pérdidas económicas al productor por la influencia de factores genéticos en las flores de cacao, desbalances hídricos y deficiencias nutricionales en el cultivo, en la cual los árboles que obtuvieron menor número de semillas vanas fueron el E-TES4P4, E-TES4P8 con 0.5 semillas vanas cada uno y E-TES6P7 con 0 semillas vanas por fruto.

Considerando la proyección de producción elaborada con base teórica los árboles E-TES4P8, E-TES6P7, E-TES7P1, 1 EEP y E-MPS4P4 pueden considerarse para realizar estudios posteriores referentes a temas de productividad en cacao.

IX. Recomendaciones

Realizar la clonación de los árboles E-TES4P8, E-TES6P7 y 1 EEP, ya que estos son los que presentaron mejores características productivas, usando la propagación vegetativa por injerto u otras formas de clonación.

Aplicar análisis químico y bromatológico proximal a las semillas y mucílagos de los frutos de los 10 árboles caracterizados.

X. Bibliografía

- Ballesteros, W. 2011. Caracterización morfoagronómica de árboles elite de cacao (*Theobroma cacao* L) en el municipio de Tumaco, Nariño, Colombia. (En línea). Nariño, Colombia. Consultado 30 abr. 2022. Disponible en: <https://sired.udenar.edu.co/2953/1/86414.pdf>.
- Barros, O. 1981. Morfología y Clasificación botánica del cacao, capítulo II. Colombia. (En línea). Consultado 17 ago. 2022. Disponible en https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/13548/22785_3776.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- CANABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México). S.f. *Theobroma cacao*. México. (En línea). Consultado 13 ago. 2022. Disponible en (http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info_especies/arboles/doctos/68-sterc03m.pdf).
- CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigaciones y Enseñanza, Costa Rica). 2005. Caracterización de árboles superiores de cacao (*Theobroma cacao* L.) seleccionados por el programa de mejoramiento Genético CATIE. (En línea). Turrialba, Costa Rica. Consultado 30 sep. 2022. Disponible en https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/4571/Caracterizacion_de_arboles_superiores_de_cacao.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- CATIE (Centro Agronómico Tropical y Enseñanza, Costa Rica). 2012. Catálogo de clones de cacao, seleccionados por el CATIE para siembras comerciales. 1^{era} ed. Turrialba, Costa Rica. 70 p. (Serie técnica. Manual técnico, n° 105)
- CNCH (Compañía Nacional de Chocolate, Colombia). 2018. Protocolo para la caracterización morfológica de árboles de élite de cacao (*Theobroma cacao* L.). Medellín, Colombia. 28 p. ISBN 978-958-57845-2-9.
- Copa, B. 2017. CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE ÁRBOLES DE CACAO (*Theobroma cacao* L.) CON POTENCIAL PRODUCTIVO Y TOLERANCIA A MONILIA (*Moniliophthora*

roreri Cif & Par. Evans et al.) EN EL AREA IIb Y VI, DE LA REGIÓN ALTO BENI-BOLIVIA. (En línea). Tesis, Ingeniero en Producción y Comercialización Agropecuaria. Viacha, Bolivia. Consultado 12 jul. 2022. Disponible en <https://repositorio.umsa.bo/xmlui/bitstream/handle/123456789/13311/T-2421.pdf?sequence=1>

Dostert, N; Roque, J; Cano, A; La Torre, M; Weigend, M. 2012. Hoja botánica: cacao. (En línea). La Paz, Bolivia. UMSA. Consultado 30 sep. 2022. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/321796507_Hoja_botanica_Cacao_-_Theobroma_cacao_L.

Duarte, D. 2014. Caracterización Morfo agronómica de 26 materiales regionales e introducidos de cacao (*Theobroma cacao* L.) en San Vicente Chucuri, Santander. Tesis. Ing. A. CO. UFPS. 139 p.

Fraile, J; Orellana, J; Rodas, N. 2018. Diseño de plan de Marketing social para impulsar la cultura de consumo de chocolate artesanal a base de cacao, en el municipio de San Salvador; aplicado a incubadora de empresas del Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal “Enrique Álvarez Córdova” (CENTA). San Salvador, El Salvador. (En línea). Consultado 12 jul. 2022. Disponible en <https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/19617/1/TESIS%20CACAO%202019.pdf>.

Franco, R; Romero, J. 2029. Formación de un banco de germoplasma de cacao (*Theobroma cacao* L.) con árboles criollos seleccionados en el municipio de San Pedro Nonualco, Departamento de La Paz, El Salvador. Tesis. Ing. Agr. San Salvador, El Salvador. 185 p.

García, M, 2011. Estudio Agromorfológico y fisicoquímico de ecotipos de cacao cultivados en los municipios de Usulután y California del Departamento de Usulután en El Salvador. Antiguo Cuscatlán, El Salvador. (En línea). Tesis, Ingeniero Agroindustrial. Antiguo Cuscatlán. Consultado 12 jul. 2022. Disponible en <https://webquery.ujmd.edu.sv/siab/bvirtual/BIBLIOTECA%20VIRTUAL/TESIS/04/AGI/ADTESGE0001266.pdf>.

Graziani, L; Ortiz, L; Angulo, J; Parra, P. 2002. Características físicas de frutos de cacao tipo criollo, forastero y trinitario de la localidad de Cumboto, Venezuela. (En línea). Aragua, Venezuela.

Consultado 01 oct. 2022. Disponible en http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:BHUnuwsPFdIJ:ve.scielo.org/scielo.php%3Fscript%3Dsci_arttext%26pid%3DS0002-192X2002000300006&cd=22&hl=es&ct=clnk&gl=sv.

Guevara, M; Salazar, R. 2015. Caracterización morfológica del fruto y la semilla de 9 clones de cacao (*Theobroma cacao* L.) realizado en el Centro de Desarrollo Tecnológico del INTA El Recreo, El Rama, RAAS, en el año 2014-2015. Managua, Nicaragua. (En línea) consultado 12 jul. 2022. Disponible en: <https://repositorio.unan.edu.ni/782/1/10407.pdf>

Guzmán, E. 1997. Evaluación agronómica de 22 clones de cacao (*Theobroma cacao* L.) en la Estación Experimental El Recreo. (En línea). Managua, Nicaragua. Consultado 30 sep. 2022. disponible en <https://repositorio.una.edu.ni/2712/1/tnf02g993.pdf>.

Hernández, A; Reinaldo, M. 2011. ESTUDIO DEL MUCÍLAGO DE CACAO (*Theobroma cacao* L.) CON FINES DE APROVECHAMIENTO INDUSTRIAL Y ARTESANAL, EN BARLOVENTO, ESTADO MIRANDA. (En línea). Tesis. Ing. Químico. Caracas, Venezuela. UCV. Consultado el 30 sep de 2022. Disponible en <http://saber.ucv.ve/bitstream/10872/17334/1/TEG%20Hernandez%20R%20y%20Rojas%20P.pdf>.

INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, México). 2018. Manuel gráfico para la descripción varietal del cacao. 2^{da} ed. México. 82 p.

INTA (Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria). 2009. Guía Tecnológica del cultivo de cacao. (En línea). 4^{ta} ed. Managua, Nicaragua. Consultado el 01 Oct de 2022. Disponible en <http://infocafes.com/portal/wp-content/uploads/2016/12/Guia-CACAO-2010.pdf>.

Johnson, M; Bonilla, C; Agüero, L. 2008. Manual de manejo y producción de cacao. León, Nicaragua. (En línea). Consultado el 17 ago 2022. Disponible en <https://cenida.una.edu.ni/relectronicos/RENF01J71.pdf>.

- López, A; Ortiz, F. 2018. Caracterización morfo Agronómica del cacao (*Theobroma cacao* L.) y su incidencia en la selección de germoplasma promisorio en áreas de presencia natural en El Salvador. Tesis. Ing. Agr. San Salvador, El Salvador. Universidad de El Salvador 145 p.
- López, W; Lovo, L. 2019. Caracterización Morfoagronómica *In situ* de cacao criollo (*Theobroma cacao* L.) en el Cantón Cangrejera, municipio de Izalco, Departamento de Sonsonate, El Salvador. Tesis. Ing. Agr. San Salvador, El Salvador. Universidad de El Salvador. 195 p.
- López, M; Deras, E. 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. Tesis. Ing. Agr. San Salvador, El Salvador. Universidad de El Salvador. 179 p.
- MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería, El Salvador). 2019. Anuario de Estadísticas Agropecuarias 2018-2019, El Salvador.
- Macuaga, S. 2019. Caracterización Morfológica de árboles promisorios de cacao (*Theobroma cacao* L.) con grado de tolerancia a moniliasis (*Moniliophthora roreri* Cif & Evans et al.) en área IIA, Municipio Palos Blancos- La Paz. (En línea). Tesis. Ing. Agr. La paz, Bolivia. UMSA. Consultado el 29 sep. 2022. Disponible en <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/23163/T-2688.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Merino, A. 2017. “CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DEL CACAO (*Theobroma cacao* L.) EN LA CUENCA DEL RÍO NANGARITZA PROVINCIA DE ZAMORA CHINCHIPE”. (En línea). Loja, Ecuador. Consultado 25 sep. 2022. Disponible en <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/18444>.
- Merlos, R; Murillo, V; Villalta, S. 2011. El manejo técnico de los procesos agropecuarios y su influencia sobre los recursos naturales, para fomentar el desarrollo agroecoturístico en la Estación Experimental y de Prácticas de la Facultad de Ciencias Agronómicas, San Luis Talpa, departamento de La Paz”. San Luis Talpa, El Salvador. (En línea). Consultada 12 jul. 2022. Disponible en: <https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/985/1/13101237.pdf>.

OIRSA (Organización Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria, El Salvador). 2016. Manual de buenas prácticas agrícolas de proceso y empaque de cacao (*Theobroma cacao*). San Salvador, El Salvador. (En línea) consultado 19 ago. 2022. Disponible en [https://www.oirsa.org/contenido/biblioteca/Manual%20de%20buenas%20pr%C3%A1cticas%20agr%C3%ADcolas%20de%20proceso%20y%20empaque%20de%20cacao%20\(Theobroma%20cacao\).pdf](https://www.oirsa.org/contenido/biblioteca/Manual%20de%20buenas%20pr%C3%A1cticas%20agr%C3%ADcolas%20de%20proceso%20y%20empaque%20de%20cacao%20(Theobroma%20cacao).pdf).

Ordoñez, C; Suárez, J. 2016. Caracterización morfo agronómica de árboles en el norte de Huila, Estrategia de recuperación del germoplasma regional. (En línea). Consultado 26 mar. 2022. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/343450783_Caracterizacion_morfoagronomica_de_arboles_de_cacao_en_el_norte_del_Huila_Estrategia_de_recuperacion_del_germoplasma_regional.

Parco, M; Camacho, A; Parco, J; Dionisio, F. 2021. Caracterización de un jardín clonal de cacao (*Theobroma cacao* L.) en la amazonía peruana. (En línea). Perú. Consultado 25 sep. 2022. Disponible en <https://docs.google.com/viewerng/viewer?url=http://revistas.untrm.edu.pe/index.php/RIAGROP/article/viewFile/719/1020>.

Paredes, M. 2003. Manual de cultivo de cacao. Perú. (En línea). Consultado 17 ago. 2022. Disponible en <https://repositorio.midagri.gob.pe/jspui/bitstream/20.500.13036/372/1/cacao%20-%20copia.pdf>.

Ramírez, M; Lagunes, L; Ortiz, C; Gutiérrez, O; Rosa, R. 2018. Variación Morfológica de frutos y semillas de cacao (*Theobroma cacao* L.) de plantaciones en Tabasco, México. (En línea). Tabasco, México. Consultado 29 sep. 2022. Disponible en <https://www.redalyc.org/journal/610/61059020003/html/>.

Ramos, A; Gómez, M; Machado, E; Aranguren, Y. 2020. Caracterización fenotípica y genotípica de cultivares de cacao (*Theobroma cacao* L.) de Dibulla, La Guajira, Colombia. (En línea). La

Guajira, Colombia. Consultado 27 sep. 2022. Disponible en <https://revistacta.agrosavia.co/index.php/revista/article/view/1557/774>.

Rojas, J. 2020. "Caracterización morfológica del cacao (*Theobroma cacao* L.) tipo Cv. CCN-51 en zonas de producción de los cantones Babahoyo, Montalvo y Ventanas de la Provincia de Los Ríos, Ecuador". (En línea). Tesis. Ing. Agr. Babahoyo, Los Ríos, Ecuador. UTB. Consultado 27 sep. 2022. Disponible en <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/8226/PI-UTB-FACIAGING%20AGROP-000004.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

Romero, E. 2016. Evaluación ecomorfológica de cacao (*Theobroma cacao* L.) sometido a distintas fertilizaciones, en la comunidad de Nuevo Ojital, Municipio de Papantla, Ver. (En línea) consultado 12 jul. 2022. Disponible en <https://cdigital.uv.mx/bitstream/handle/123456789/47417/RomeroHernandezEsteban.pdf?sequence=3&isAllowed=y>

Salazar, M. 1949. Informe sobre el cultivo de cacao. (En línea). Turrialba, Costa Rica. IICA. Consultado 29 sep. 2022. Disponible en https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/2513/Informe_final_sobre_el_cultivo_del_cacao_1949.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

SIA (Servicios Integrales del Agro). 2012. *THEOBROMA CACAO* L. consultado 24 mar. 2023. Disponible en <https://actualizandocambios.blogspot.com/2012/03/cultivo-theobroma-cacao-1.html>.

Soto, M. 2019. Caracterización morfológica de 28 accesiones de cacao silvestre (*Theobroma cacao* L.) de la cuenca Santiago y Morona- Alto Amazonas. (En Línea). Tesis Ing. Agr. Tarapoto, Perú. UNSM. Consultado 25 sep. 2022. Disponible en <https://repositorio.unsm.edu.pe/bitstream/handle/11458/3491/AGRONOMIA%20-%20Maricruz%20Gianella%20Soto%20Amacifuen.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

Sujut, G. 2019. Caracterización agronómica y evaluación de la incidencia de *Phytophthora palmivora* butler, de 24 clones de cacao (*Theobroma cacao* L.) y servicios realizados en el centro de

agricultura tropical bulbuxyácatbul-, san miguel panán, suchitepéquez. (En línea). Tesis. Ing. Agr. Guatemala. USCG. Consultado 20 sep. 2022. Disponible en <http://www.repositorio.usac.edu.gt/9002/1/TRABAJO%20GRADUACION%20Gilberto%20200110840.pdf>

Cuadro A 3. Frecuencia absoluta y relativa de las variables cualitativas de las hojas de los árboles de cacao

Variables	Característica	Árboles	Frecuencia (%)
Forma de la hoja (ápice)	Acuminado	1	10
	Agudo	1	10
	Apiculada	8	80
Forma de la base	Aguda	3	30
	Cordiforme	3	30
	Obtuso	3	30
	Redondo	1	10
Color del brote terminal de la hoja	Marrón	2	20
	Rojo claro	1	10
	Rojo medio	3	30
	Verde claro	3	30
	Verde medio	1	10
Pubescencia en brote terminal de la hoja	Ausente	2	70
	Incipiente	7	60
	Intermedio	1	10
Total		10	100%

Cuadro A 4. Frecuencia relativa y absoluta de las variables cualitativas de los frutos de cacao

Variables	Característica	Árboles	Frecuencia (%)
Color inmaduro del fruto	Verde ligero	9	90
	Violeta intermedio	1	10
Color maduro del fruto	Amarillo intenso	2	20
	Amarillo ligero	5	50
	Amarillo intermedio	1	20
	Amarillo naranja	1	10
	Rojo naranja	1	10
Forma del fruto	Abovado	7	70

	Oblongo	3	30
Construcción basal del fruto	Ausente	3	30
	Intermedio	5	50
	Ligero	2	20
Forma del ápice	Apezonado	4	40
	Atenuado	6	60
Rugosidad de la cascara	Fuerte	1	10
	Intermedia	8	80
	Ligera	1	10
Dureza de la cascara	Dura	4	40
	Intermedia	4	40
	Suave	2	20
Total		10	100%

Cuadro A 5. Frecuencia relativa y absoluta de las variables cualitativas de la semilla de cacao

Variables	Característica	Árboles	Frecuencia (%)
Forma de la semilla	Elíptica	1	10
	Irregular	6	60
	Oblonga	2	20
	Ovada	1	10
Forma de corte transversal	Aplanada	3	30
	Intermedio	7	70
Color del cotiledón	Blanco	3	30
	Violeta	7	70
Color de la pulpa	Blanco	4	40
	Crema claro	6	60
Total		10	100%

Cuadro A 6. Características cuantitativas del árbol de cacao

Árbol	Altura del Árbol (cm)	Altura de formación de horqueta (cm)	Diámetro a 15 cm de la base (cm)	Numero de frutos	Número cojinetes por metro lineal	Numero de flores por cojinete
1 EEP	390.00	67.00	10.06	31.00	16.00	3.00
2 EEP	290.00	60.00	9.10	18.00	11.00	2.33
E-MPS2P1	390.00	192.00	8.76	24.00	12.00	4.00
E-MPS3P4	400.00	100.00	9.66	27.00	15.00	5.00
E-TES1P4	200.00	35.00	8.83	23.00	13.00	4.00
E-TES4P4	380.00	75.00	6.70	21.00	9.00	2.33
E-TES4P8	231.00	52.00	7.66	76.00	21.00	4.33
E-TES5P1	180.00	54.00	6.48	22.00	19.00	4.00
E-TES6P7	300.00	35.00	8.83	32.00	11.00	4.67
E-TES7P1	260.00	120.00	7.65	27.00	21.00	4.33
Promedio	302.1	79	8.373	30.1	14.8	3.80
Desviación estándar	83.94	47.89	1.20	16.71	4.34	0.93
Coefficiente de variación	0.28	0.61	0.14	0.56	0.29	0.25

Cuadro A 7. Características cuantitativas de la hoja de cacao

Árbol	Ancho de la hoja (cm)	Longitud de la hoja (cm)	Longitud del pecíolo (cm)	BPA1 (cm)
1 EEP	10.60	28.70	2.43	14.33
2 EEP	10.50	29.73	2.10	15.57
E-MPS2P1	11.77	29.00	2.23	15.20
E-MPS3P4	11.00	31.10	3.17	15.73
E-TES1P4	13.80	39.68	4.60	19.67
E-TES4P4	11.87	34.83	2.57	18.17
E-TES4P8	12.20	40.83	3.17	20.33
E-TES5P1	10.73	27.00	2.40	14.33
E-TES6P7	10.33	27.67	2.60	13.00
E-TES7P1	8.50	31.90	2.40	16.50
Promedio	11.13	32.04	2.77	16.28
Desviación estándar	1.40	4.88	0.74	2.40
Coeficiente de variación	0.13	0.15	0.27	0.15

Cuadro A 8. Características cuantitativas del fruto de cacao

Árbol	Peso de fruto (g)	Longitud de fruto (cm)	Diámetro de fruto (cm)	Relación L/D de fruto (cm)	Peso de semilla mucilago (g)	de Peso con semillas (g)	de Peso mucilago (g)	de de semilla por fruto	Número de caballete	Espesor de surco (cm)	Profundidad del surco (cm)	Numero de semillas vanas
1 EEP	371.50	17.55	7.54	2.33	83.00	1.00	42.00	44.50	1.27	0.51	1.00	
2 EEP	374.50	16.40	8.23	1.99	76.50	1.00	40.00	41.00	1.40	0.52	1.00	
E-MPS2P1	588.50	21.65	8.41	2.58	164.00	0.75	109.33	42.50	1.40	0.25	2.50	
E-MPS3P4	335.00	18.90	8.68	2.18	63.00	0.60	14.50	19.00	1.30	0.33	1.00	
E-TES1P4	165.00	10.75	6.15	1.75	40.40	0.55	15.73	33.50	0.80	0.15	9.50	
E-TES4P4	317.00	14.75	7.27	2.03	107.00	1.50	80.33	40.00	0.92	0.32	0.50	
E-TES4P8	266.50	13.10	6.85	1.91	55.00	2.00	20.00	37.50	1.05	0.30	0.50	
E-TES5P1	125.00	11.20	5.00	2.24	28.00	2.00	14.33	41.00	0.80	0.30	1.00	
E-TES6P7	313.50	13.20	7.40	1.78	99.00	2.00	35.34	41.00	0.85	0.35	0.00	
E-TES7P1	512.50	19.85	7.84	2.53	117.50	1.20	89.58	36.50	1.61	0.42	2.50	
Promedio	336.9	15.74	7.337	2.132	83.34	1.26	44.71	37.65	1.14	0.345	1.95	
Desviación estándar	140.28	3.73	1.11	0.29	40.34	0.58	36.37	7.27	0.29	0.11	2.77	
Coefficiente de variación	0.42	0.24	0.15	0.14	0.49	0.46	0.75	0.19	0.26	0.33	1.42	

Cuadro A 9. Características cuantitativas de la semilla de cacao

Árbol	Longitud (cm)	Diámetro (cm)	Espesor (cm)
1 EEP	2.04	1.00	0.73
2 EEP	2.17	1.10	0.63
E-MPS2P1	2.42	1.20	0.86
E-MPS3P4	2.50	1.26	0.92
E-TES1P4	1.75	1.17	0.53
E-TES4P4	2.22	0.95	0.70
E-TES4P8	2.17	1.27	0.70
E-TES5P1	1.37	0.67	0.43
E-TES6P7	2.23	1.27	0.40
E-TES7P1	1.96	0.83	0.70
Promedio	2.08	1.07	0.66
Desviación estándar	0.33	0.21	0.17
Coefficiente de variación	0.16	0.19	0.26

Cuadro A 10. Análisis de los componentes principales

PC	Eigenvalue	% variance
1	26760.4	81.936
2	4068.99	12.459
3	742.747	2.2742
4	616.761	1.8884
5	245.013	0.75019
6	173.477	0.53116
7	37.3911	0.11449
8	12.054	0.036907
9	3.44798	0.010557

Cuadro A 11. Comportamiento de los componentes principales

	PC 1	PC 2	PC 3	PC 4	PC 5	PC 6	PC 7	PC 8	PC 9
Ah (cm)	-0.0033317	0.0049374	0.015819	-0.0052382	0.031989	0.0090637	0.082964	0.2638	-0.0040891
Lh (cm)	-0.0095225	-0.010891	-0.010702	0.0005101	0.15118	-0.11669	0.55068	0.3578	0.012824
Lp (cm)	-0.0023994	0.00048711	-0.00087203	-0.0056618	0.006305	0.0060922	0.079225	0.063481	0.13839
BPA (cm)	-0.0039471	-0.0070052	0.0063378	-0.0045648	0.065322	-0.077369	0.26486	0.16924	-0.12023
Pf (g)	0.84552	-0.32678	-0.37566	-0.0054626	-0.14671	-0.11533	0.0071563	0.026654	-0.018338
Lf (cm)	0.021443	0.0026458	-0.0089657	-0.040367	-0.032347	-0.033203	-0.008558	-0.081998	0.046157
DF (cm)	0.0056246	0.0047017	-0.015335	-0.0039959	-0.0076963	0.0037963	0.039671	0.0069719	-0.11142
R L/D f (cm)	0.0012183	-0.00087498	0.0031138	-0.0041785	-0.0026107	-0.0060084	-0.015387	-0.017065	0.032129
Psm (g)	0.22869	-0.052342	0.26558	0.3909	0.28788	0.53527	0.062265	-0.080516	0.060003
Pssm (g)	0.052015	0.11549	-0.26889	-0.10149	0.15444	0.72431	-0.01438	0.033928	0.046213
Pm (g)	0.17667	-0.16783	0.53448	0.49239	0.13344	-0.18905	0.076644	-0.11444	0.01379
Nsf	0.0051322	-0.033727	0.052476	0.18654	0.046343	-0.052259	-0.71121	0.58419	0.085302
Ec (cm)	0.0014115	-0.00093985	-0.0033007	-0.0030139	-0.0048726	-0.00708	0.00044706	-0.0044641	-0.0082396
Pds (cm)	0.00021548	0.00020805	-0.0021213	0.0012553	-0.0028154	-0.0035057	-0.0079145	-0.005695	-0.0091371
Nsv	-0.0042329	-0.012684	0.021069	-0.013023	-0.040067	0.019297	0.25082	0.40272	0.62758
L (cm)	0.001378	0.0022791	-0.0037152	-0.00065565	0.0054578	0.0043086	0.014599	0.0046762	-0.046897
D (cm)	0.00022077	0.00095277	-0.0037	-0.00088516	0.0051609	0.0066727	0.011574	0.024022	-0.011332
E (cm)	0.0006927	0.00084268	-9.9367E-05	-0.0033028	0.001439	-0.0045124	0.0067541	0.0030475	-0.0047394
PS (g)	-0.0013816	-0.0017676	-0.0006706	0.0084634	0.017587	0.0031674	-0.042127	-0.076355	-0.066405
AA (cm)	0.36899	0.91331	0.070535	0.04064	0.025407	-0.14659	-0.0098404	5.7493E-05	0.023452
Afhf (cm)	0.24843	-0.10451	0.58608	-0.73769	0.14178	0.07805	-0.080612	0.067046	-0.030791
D15b (cm)	0.0023027	0.007405	-0.025584	-0.0084487	-0.020505	0.015277	0.0028438	0.15319	0.18955
Nf	-0.017313	-0.035012	-0.27526	-0.072649	0.89147	-0.26015	-0.072577	-0.02819	-0.045595
Ncml	-0.0050301	-0.032992	-0.038023	-0.077423	0.065747	-0.1374	-0.13549	-0.44011	0.68383
Nfc	-0.00042352	-0.0025457	-0.0081614	-0.020938	0.01703	0.036309	0.01907	-0.093842	0.17084

Cuadro A 12. Catálogo de ejemplares caracterizados en la Estación Experimental y de Prácticas

<p>E-TES1P4</p>	<p>Ubicación: Estación Experimental y de Practicas de la Facultas de Ciencias Agronómicas, Cantón Tecualuya, San Luis Talpa, La Paz, con coordenadas geográficas 13°28'3" Latitud Norte, -89°05'8" Longitud Oeste y una elevación de 50 metros sobre el nivel del mar</p>
	<p>El árbol muestra la presencia de horqueta (falsa) a una altura de 35 cm de la base, de igual manera presenta pubescencia en brotes terminales, la una altura del árbol es de 200 cm con un diámetro a 15 cm de la base de 8.83 cm, posee un número promedio de 13 cojinetes por metro lineal cada cojinete presenta 4 flores y un total de 23 frutos.</p>

	<p>Las hojas presentan una forma cordiforme en la base, forma aguda en el ápice, con brotes color marrón y pubescencia incipiente, con un ancho de hoja de 13.80 cm, una longitud de 39.68 cm, longitud del peciolo de 4.60 cm y un BPA de 19.67 cm.</p>
	<p>Color verde ligero en estado inmaduro, color amarillo intenso en estado maduro, fruto con forma abovada, una construcción basal intermedia, con una forma atenuada en el ápice, presentando una cascara ligeramente rugosa, con dureza suave, el fruto presento un peso de 165.0 gr, longitud de 10.75 cm, diámetro de 6.15 cm, con una relación longitud/ diámetro de 1.75 cm, con un número promedio de 33 semillas por fruto, con un peso de 40.40 gr con mucilago y peso de similla sin mucilago de 24.67 gr, peso del mucilago 15.73 gr, con un espesor de caballete de 0.80 cm, una profundidad de 0.15 cm y un número promedio de 9.5 semilla vana</p>
	<p>En cuanto a la semilla esta presento una forma irregular, pulpa color crema claro, con un color del cotiledón violeta, y forma de corte transversal intermedio, la longitud de 1.75 cm, un diámetro de 1.17 cm, con un espesor de 0.53 cm y un peso por semilla de 0.55 gr.</p>
<p>E-TES4P4</p>	<p>Ubicación: Estación Experimental y de Practicas de la Facultas de Ciencias Agronómicas, Cantón Tecualuya, San Luis Talpa, La Paz, con coordenadas geográficas 13°28'3" Latitud Norte, -89°05'8" Longitud Oeste y una elevación de 50 metros sobre el nivel del mar</p>

	<p>El árbol muestra la presencia de horqueta (falsa) a una altura de 75 cm de la base, de igual manera presenta pubescencia en brotes terminales, la una altura del árbol es de 380 cm con un diámetro a 15 cm de la base de 6.70 cm, posee un número promedio de 9 cojinetes por metro lineal cada cojinete presenta 2.33 flores y un total de 21 frutos.</p>
	<p>Las hojas presentan una forma obtusa en la base, forma apiculada en el ápice, con brotes color marrón y pubescencia Incipiente, con un ancho de hoja de 11.87cm, una longitud de 34.83 cm, longitud del peciolo de 2.57 cm y un BPA de 18.17 cm.</p>
	<p>Color verde ligero en estado inmaduro, color amarillo naranja en estado maduro, fruto con forma abovada una construcción basal ausente o muy débil, con una forma atenuada en el ápice, presentando una cascara rugosa intermedia con dureza intermedia, el fruto presento un peso de 317 gr, longitud de 14.75 cm, diámetro de 7.27 cm, con una relación longitud/ diámetro de 2.03 cm, con un número promedio de 40 semillas por fruto, con un peso de 107 gr con mucilago y peso de similla sin mucilago de 26.67 gr, peso del mucilago 80.33 gr, con un espesor de caballete de 0.92 cm, una profundidad de 0.32 cm y un número promedio de 0.50 semilla vana</p>
	<p>En cuanto a la semilla esta presento una forma irregular, pulpa color blanco, con un color del cotiledón blanco, y forma de corte transversal intermedio, la longitud de 2.22 cm, un diámetro de 0.95 cm, con un espesor de 0.70 cm y un peso por semilla de 1.50 gr.</p>

<p>E.TES4P8</p>	<p>Ubicación: Estación Experimental y de Practicas de la Facultas de Ciencias Agronómicas, Cantón Tecualuya, San Luis Talpa, La Paz, con coordenadas geográficas 13°28'3" Latitud Norte, -89°05'8" Longitud Oeste y una elevación de 50 metros sobre el nivel del mar</p>
	<p>El árbol muestra la presencia de horqueta (falsa) a una altura de 52 cm de la base, de igual manera presenta pubescencia en brotes terminales, la una altura del árbol es de 231 cm con un diámetro a 15 cm de la base de 7.66 cm, posee un número promedio de 21cojinetes por metro lineal cada cojinete presenta 4.33 flores y un total de 76 frutos.</p>
	<p>Las hojas presentan una forma aguda en la base, forma apiculada en el ápice, con brotes color verde claro y pubescencia incipiente, con un ancho de hoja de 12.20 cm, una longitud de 40.83 cm, longitud del peciolo de 3.17 cm y un BPA de 20.33 cm.</p>
	<p>Color verde ligero en estado inmaduro, color amarillo ligero en estado maduro, fruto con forma abovado una construcción basal ligero, con una forma atenuada en el ápice, presentando una cascara rugosa intermedia con dureza intermedia, el fruto presento un peso de 266.50 gr, longitud de 13.10 cm, diámetro de 6.85 cm, con una relación longitud/ diámetro de 1.91 cm, con un número promedio de 37.50 semillas por fruto, con un peso de 55 gr con mucilago y peso de similla sin mucilago de 35 gr, peso del mucilago 20 gr, con un espesor de caballete de 1.05 cm, una profundidad de 0.30 cm y un número promedio de 0.5 semilla vana por fruto.</p>

	<p>En cuanto a la semilla esta presento una forma irregular, pulpa color crema claro, con un color del cotiledón violeta, y forma de corte transversal intermedio, la longitud de 2.17 cm, un diámetro de 1.27 cm, con un espesor de 0.70 cm y un peso por semilla de 2 gr.</p>
<p>E-TES5P1</p>	<p>Ubicación: Estación Experimental y de Practicas de la Facultas de Ciencias Agronómicas, Cantón Tecualuya, San Luis Talpa, La Paz, con coordenadas geográficas 13°28'3" Latitud Norte, -89°05'8" Longitud Oeste y una elevación de 50 metros sobre el nivel del mar</p>
	<p>El árbol muestra la presencia de horqueta (falsa) a una altura de 54 cm de la base, de igual manera no presenta pubescencia en brotes terminales, la una altura del árbol es de 180 cm con un diámetro a 15 cm de la base de 6.48 cm, posee un número promedio de 19 cojinetes por metro lineal cada cojinete presenta 4 flores y un total de 22 frutos.</p>
	<p>Las hojas presentan una forma cordiforme en la base, forma apiculada en el ápice, con brotes color marrón y pubescencia ausente, con un ancho de hoja de 10.73 cm, una longitud de 27 cm, longitud del peciolo de 2.40 cm y un BPA de 14.30 cm.</p>
	<p>Color verde ligero en estado inmaduro, color amarillo ligero en estado maduro, fruto con forma abovado una construcción basal intermedio, con una forma atenuada en el ápice, presentando una cascara rugosa intermedia con dureza suave, el fruto presento un peso de 125 gr, longitud de 11.20 cm, diámetro de 5 cm, con una relación longitud/ diámetro de 2.24 cm, con un número promedio de 41 semillas por fruto, con un peso de 28 gr con mucilago y peso de similla sin mucilago</p>

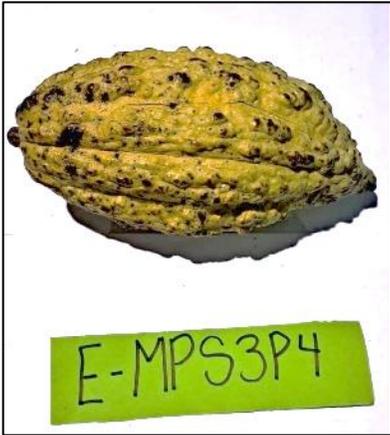
	<p>de 13.67 gr, peso del mucilago 14.33 gr, con un espesor de caballete de 0.80 cm, una profundidad de 0.30 cm y un número promedio de 1 semilla vana por fruto.</p>
	<p>En cuanto a la semilla esta presento una forma irregular, pulpa color crema claro, con un color del cotiledón violeta, y forma de corte transversal intermedio, la longitud de 1.37 cm, un diámetro de 0.67 cm, con un espesor de 0.43 cm y un peso por semilla de 2 gr.</p>
<p>E-TES6P7</p>	<p>Ubicación: Estación Experimental y de Practicas de la Facultas de Ciencias Agronómicas, Cantón Tecualuya, San Luis Talpa, La Paz, con coordenadas geográficas 13°28'3" Latitud Norte, -89°05'8" Longitud Oeste y una elevación de 50 metros sobre el nivel del mar</p>
	<p>El árbol muestra la presencia de horqueta (falsa) a una altura de 35 cm de la base, de igual manera presenta pubescencia en brotes terminales, la una altura del árbol es de 300 cm con un diámetro a 15 cm de la base de 8.83 cm, posee un número promedio de 11 cojinetes por metro lineal cada cojinete presenta 4.67 flores y un total de 32 frutos.</p>

	<p>Las hojas presentan una forma aguda en la base, forma apiculada en el ápice, con brotes color verde claro y pubescencia incipiente, con un ancho de hoja de 10.33 cm, una longitud de 27.66 cm, longitud del peciolo de 2.60 cm y un BPA de 13.0 cm.</p>
	<p>Color verde ligero en estado inmaduro, color amarillo ligero en estado maduro, fruto con forma abovado una construcción basal intermedio, con una forma apezonado en el ápice, presentando una cascara con rugosidad intermedia con dureza intermedia, el fruto presento un peso de 313.50 gr, longitud de 13.20 cm, diámetro de 7.40 cm, con una relación longitud/ diámetro de 1.78 cm, con un número promedio de 41.0 semillas por fruto, con un peso de 99 gr con mucilago y peso de similla sin mucilago de 63.66 gr, peso del el mucilago 35.34 gr, con un espesor de caballete de 0.85 cm, una profundidad de 0.35 cm y un número promedio de 0 semilla vana por fruto.</p>
	<p>En cuanto a la semilla esta presento una forma irregular, pulpa color crema claro, con un color del cotiledón blanco claro, y forma de corte transversal intermedio, la longitud de 2.23 cm, un diámetro de 1.27 cm, con un espesor de 0.40 cm y un peso por semilla de 2 gr.</p>
<p>E-TES7P1</p>	<p>Ubicación: Estación Experimental y de Practicas de la Facultas de Ciencias Agronómicas, Cantón Tecualuya, San Luis Talpa, La Paz, con coordenadas geográficas 13°28'3" Latitud Norte, -89°05'8" Longitud Oeste y una elevación de 50 metros sobre el nivel del mar</p>

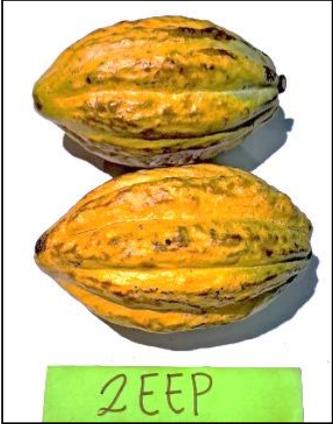
	<p>El árbol muestra la presencia de horqueta (falsa) a una altura de 120 cm de la base, de igual manera presenta pubescencia en brotes terminales, la una altura del árbol es de 260 cm con un diámetro a 15 cm de la base de 7.65 cm, posee un número promedio de 21 cojinetes por metro lineal cada cojinete presenta 4.33 flores y un total de 27 frutos.</p>
	<p>Las hojas presentan una forma aguda en la base, forma acuminado en el ápice, con brotes color rojo medio y pubescencia incipiente, con un ancho de hoja de 8.50 cm, una longitud de 31.90 cm, longitud del peciolo de 2.40 cm y un BPA de 16.50 cm.</p>
	<p>Color verde ligero en estado inmaduro, color amarillo intermedio en estado maduro, fruto con forma oblonga, una construcción basal intermedia, con una forma apezonado en el ápice, presentando una cascara con rugosidad ligera con dureza fuerte, el fruto presento un peso de 512.50 gr, longitud de 19.85 cm, diámetro de 7.84 cm, con una relación longitud/ diámetro de 2.53 cm, con un número promedio de 36.50 semillas por fruto, con un peso de 117.50 gr con mucilago y peso de similla sin mucilago de 27.92 gr, peso del el mucilago 89.58 gr, con un espesor de caballete de 1.61 cm, una profundidad de 0.42 cm y un número promedio de 2.50 semilla vana por fruto.</p>

	<p>En cuanto a la semilla esta presento una forma irregular, pulpa color blanco, con un color del cotiledón violeta, y forma de corte transversal intermedio, la longitud de 1.96 cm, un diámetro de 0.86 cm, con un espesor de 0.70 cm y un peso por semilla de 1.20 gr.</p>
<p>E-MPS2P1</p>	<p>Ubicación: Estación Experimental y de Practicas de la Facultas de Ciencias Agronómicas, Cantón Tecualuya, San Luis Talpa, La Paz, con coordenadas geográficas 13°28'3" Latitud Norte, -89°05'8" Longitud Oeste y una elevación de 50 metros sobre el nivel del mar</p>
	<p>El árbol muestra la presencia de horqueta (falsa) a una altura de 192 cm de la base, de igual manera no presenta pubescencia en brotes terminales, la una altura del árbol es de 390 cm con un diámetro a 15 cm de la base de 8.76 cm, posee un número promedio de 12 cojinetes por metro lineal cada cojinete presenta 4 flores y un total de 24 frutos.</p>
	<p>Las hojas presentan una forma redonda en la base, forma apiculada en el ápice, con brotes color rojo medio y pubescencia ausente, con un ancho de hoja de 11.77 cm, una longitud de 29.0 cm, longitud del peciolo de 2.23 cm y un BPA de 15.20 cm.</p>

	<p>Color violeta intermedio en estado inmaduro, color rojo naranja en estado maduro, fruto con forma oblonga, una construcción basal ausente o muy débil, con una forma apezonada en el ápice, presentando una cascara con rugosidad intermedia con dureza fuerte, el fruto presento un peso de 558.52 gr, longitud de 21.65 cm, diámetro de 8.41 cm, con una relación longitud/ diámetro de 2.58 cm, con un número promedio de 42.5 semillas por fruto, con un peso de 164 gr con mucilago y peso de similla sin mucilago de 54.67 gr, peso del el mucilago 109.33 gr, con un espesor de caballete de 1.40 cm, una profundidad de 0.25 cm y un número promedio de 2.5 semilla vana por fruto.</p>
	<p>En cuanto a la semilla esta presento una forma oblonga, pulpa color blanco, con un color del cotiledón violeta, y forma de corte transversal aplanada, la longitud de 2.42 cm, un diámetro de 1.20 cm, con un espesor de 0.86 cm y un peso por semilla de 0.75 gr.</p>
<p>E-MPS3P4</p>	<p>Ubicación: Estación Experimental y de Practicas de la Facultas de Ciencias Agronómicas, Cantón Tecualuya, San Luis Talpa, La Paz, con coordenadas geográficas 13°28'3" Latitud Norte, -89°05'8" Longitud Oeste y una elevación de 50 metros sobre el nivel del mar</p>
	<p>El árbol muestra la presencia de horqueta (falsa) a una altura de 100 cm de la base, de igual manera presenta pubescencia en brotes terminales, la una altura del árbol es de 400 cm con un diámetro a 15 cm de la base de 9.66 cm, posee un número promedio de 15 cojinetes por metro lineal cada cojinete presenta 5.00 flores y un total de 27 frutos.</p>

	<p>Las hojas presentan una forma obtusa en la base, forma apiculada en el ápice, con brotes color verde claro y pubescencia intermedio, con un ancho de hoja de 11.0 cm, una longitud de 31.10 cm, longitud del peciolo de 3.17 cm y un BPA de 15.73 cm.</p>
	<p>Color verde ligero en estado inmaduro, color amarillo ligero en estado maduro, fruto con forma oblonga, una construcción basal ligero, con una forma atenuada en el ápice, presentando una cascara con rugosidad fuerte con cascara dura, el fruto presento un peso 335.0 gr, longitud de 18.90 cm, diámetro de 8.68 cm, con una relación longitud/ diámetro de 2.18 cm, con un número promedio de 19 semillas por fruto, con un peso de 63.0 gr con mucilago y peso de similla sin mucilago de 62.5 gr, peso del el mucilago 14.5 gr, con un espesor de caballete de 1.30 cm, una profundidad de 0.33 cm y un número promedio de 1.0 semilla vana por fruto.</p>
	<p>En cuanto a la semilla esta presento una forma elíptica, pulpa color crema claro, con un color del cotiledón blanco, y forma de corte transversal aplanada, la longitud de 2.50 cm, un diámetro de 1.26 cm, con un espesor de 0.92 cm y un peso por semilla de 0.60 gr.</p>
<p>1 EEP</p>	<p>Ubicación: Estación Experimental y de Practicas de la Facultas de Ciencias Agronómicas, Cantón Tecualuya, San Luis Talpa, La Paz, con coordenadas geográficas 13°28'3" Latitud Norte, -89°05'8" Longitud Oeste y una elevación de 50 metros sobre el nivel del mar</p>

	<p>El árbol muestra la presencia de horqueta (falsa) a una altura de 67.0 cm de la base, de igual manera presenta pubescencia en brotes terminales, la una altura del árbol es de 390.0 cm con un diámetro a 15 cm de la base de 10.06 cm, posee un número promedio de 16.0 cojinetes por metro lineal cada cojinete presenta 3.0 flores y un total de 31.0 frutos.</p>
	<p>Las hojas presentan una forma cordiforme en la base, forma apiculada en el ápice, con brotes color rojo medio y pubescencia incipiente, con un ancho de hoja de 10.60 cm, una longitud de 28.70 cm, longitud del peciolo de 2.43 cm y un BPA de 14.33 cm.</p>
	<p>En cuanto a la semilla esta presento una forma oblonga, pulpa color blanco, con un color del cotiledón violeta, y forma de corte transversal aplanada, la longitud de 2.04 cm, un diámetro de 1.0 cm, con un espesor de 0.73 cm y un peso por semilla de 1.0 gr.</p>
<p>2 EEP</p>	<p>Ubicación: Estación Experimental y de Practicas de la Facultas de Ciencias Agronómicas, Cantón Tecualuya, San Luis Talpa, La Paz, con coordenadas geográficas 13°28'3" Latitud Norte, -89°05'8" Longitud Oeste y una elevación de 50 metros sobre el nivel del mar</p>

	<p>El árbol muestra la presencia de horqueta (falsa) a una altura de 60.0 cm de la base, de igual manera presenta pubescencia en brotes terminales, la una altura del árbol es de 290.0 cm con un diámetro a 15 cm de la base de 9.10 cm, posee un número promedio de 11 cojinetes por metro lineal cada cojinete presenta 2.33 flores y un total de 18.0 frutos.</p>
	<p>Las hojas presentan una forma obtusa en la base, forma apiculada en el ápice, con brotes color rojo claro y pubescencia incipiente, con un ancho de hoja de 10.50 cm, una longitud de 29.73 cm, longitud del peciolo de 2.10 cm y un BPA de 15.57 cm.</p>
	<p>Color verde ligero en estado inmaduro, color amarillo intenso en estado maduro, fruto con forma oblonga, una construcción basal ausente o muy debil, con una forma apezonada en el ápice, presentando una cascara con rugosidad intermedia con cascara dura, el fruto presento un peso 374.50 gr, longitud de 16.40 cm, diámetro de 8.23 cm, con una relación longitud/ diámetro de 1.99 cm, con un número promedio de 41.0 semillas por fruto, con un peso de 76.50 gr con mucilago y peso de similla sin mucilago de 36.50 gr, peso del el mucilago 40.0 gr, con un espesor de caballete de 1.40 cm, una profundidad de 0.52 cm y un número promedio de 1.0 semilla vana por fruto.</p>



En cuanto a la semilla esta presenta una forma ovada, pulpa color crema claro, con un color del cotiledón violeta, y forma de corte transversal intermedia, la longitud de 2.17 cm, un diámetro de 1.10 cm, con un espesor de 0.63 cm y un peso por semilla de 1.0 gr.