

Universidad de El Salvador
Facultad de Ciencias Agronómicas



**“Identificación de características morfoagronómicas en el cultivo
de cacao criollo (*Theobroma cacao* L.) de cuatro años de
establecido en la Estación Experimental y de Prácticas de la
Facultad de Ciencias Agronómicas”**

por

Br. Henry Josué Samper Mejía

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



“Identificación de características morfoagronómicas en el cultivo de cacao criollo (*Theobroma cacao* L.) de cuatro años de establecido en la Estación Experimental y de Prácticas de la Facultad de Ciencias Agronómicas”

por

Br. Henry Josué Samper Mejía

Presentada como requisito para obtener el título de
Ingeniero Agroindustrial

Ciudad Universitaria, San Salvador, El Salvador, mayo 2023

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
RECTOR

M. Sc. ROGER ARMANDO ARIAS ALVARADO

SECRETARIO GENERAL

M. Sc. FRANCISCO ANTONIO ALARCÓN SANDOVAL

FACULTAD DE CIENCIAS AGRONOMICAS

DECANO

DR. FRANCISCO LARA ASCENCIO

SECRETARIO

ING. AGR. BALMORE MARTÍNEZ SIERRA

JEFE DEL DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA

ING. AGR. M. Sc. FIDEL ÁNGEL PARADA BERRÍOS

ASESOR DIRECTO

ING. AGR. ELÍAS ANTONIO VÁSQUEZ OSEGUEDA

TRIBUNAL EVALUADOR

ING. AGR. BALMORE MARTÍNEZ SIERRA

ING. AGR. M.Sc. FIDEL ANGEL PARADA BERRÍOS

ING. AGR. ELÍAS ANTONIO VÁSQUEZ OSEGUEDA

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

ING. AGR. MARIO ALFREDO PÉREZ ASCENCIO

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por darme la vida, la sabiduría, la constancia, superando cada dificultad a lo largo de mi vida, por llenarme de bendiciones y gozar de buena salud. Así como permitir culminar mis estudios universitarios y desarrollar de manera eficaz esta investigación.

A mis padres, Henry William Samper López y Sara Edith Mejía Girón, por darme el apoyo económico, moral y por traerme al mundo y brindarme su apoyo incondicional en el transcurso de mi vida, consejos, fortaleza, determinación, sacrificio y amor en todo momento, así como permitirme seguir con mis estudios hasta coronar mi carrera como Ingeniero Agroindustrial.

A mi hermana por su apoyo emocional durante el transcurso de mis años de estudio.

A mi asesor el Ing. Agr. Elías Antonio Vásquez Osegueda, por la vocación, dedicación, enseñanza, el tiempo invertido en cada asesoría y la disponibilidad para coordinar el proceso de la investigación y por el apoyo.

Al Ing. Agr. Christopher Erick Guardado Deras por proporcionarme los conocimientos teóricos y prácticos para el desarrollo de la investigación y al Ing. Agr. M. Sc. Fidel Ángel Parada Berríos por la disponibilidad para coordinar el proceso para llevar a cabo la investigación.

A los amigos y compañeros cercanos que estuvieron incondicionalmente en apoyo durante mi formación profesional, en especial a mi amiga Alba Yanira Maldonado Cerritos por su amistad, y por todo el apoyo brindado para el desarrollo de la investigación.

A la Facultad de Ciencias Agronómicas por permitirme ser parte de esta y formarme en el área de agroindustria.

A la Universidad de El Salvador, por haberme brindado el conocimiento base teórico y práctico durante el transcurso de mi carrera y permitirme formarme como profesional.

DEDICATORIA

A Dios, por darme la vida, la fortaleza, la esperanza y cuidarme siempre en todo lugar y en todo momento.

A mi madre Sara Edith Mejía Girón, por cuidarme e impulsarme a seguir adelante y darme todo lo que necesario en los años de mi carrera y tesina.

A mi padre Henry William Samper López, por darme el apoyo incondicional y económico para poder culminar mis estudios y conseguir una de mis mayores metas de la vida.

A mi hermana que siempre me apoyo moral y emocional en el proceso de mi carrera y tesina.

A mi amiga, compañera y futura colega, Alba Maldonado Yanira Cerritos, por su apoyo en las etapas finales de mi carrera en el proceso de tesina.

A mi asesor Elías Antonio Vásquez Osegueda, por la dedicación, el compartir de sus conocimientos y todo el apoyo brindado durante el proceso del proyecto de investigación.

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

A la Universidad de El Salvador por permitirme formarme profesionalmente.

Y a todos aquellos que directa o indirectamente se vieron involucrados en el desarrollo de la presente investigación.

Índice

Contenido	Página
I. Introducción	1
II.Planteamiento del problema.....	2
III. Objetivos.....	3
3.1. Objetivo General	3
3.2. Objetivos Específicos	3
IV. Estado del arte.....	3
V. Revisión Bibliográfica.....	3
5.1. Historia y origen del cacao	3
5.2. Importancia económica, social y ambiental del cacao.....	4
5.3. Situación del cacao en El Salvador	5
5.4. Clasificación taxonómica del cacao	5
5.5. Morfología y biología.....	6
5.6. Clasificación genética del cacao.....	9
5.7. La variabilidad del cacao	10
5.8. La caracterización morfológica	10
5.9. Definiciones y uso de los descriptores.....	11
5.10. Clasificación y uso de los descriptores	11
VI. Metodología.....	12
6.1. Ubicación del estudio	12
6.2. Condiciones climáticas	12
6.3. Tipos de suelo	12
6.4. Fase de campo.....	13
6.4.1 Material experimental	13
6.4.2. Codificación de árboles de cacao caracterizados.....	13
6.4.3. Herramientas utilizadas para la caracterización	13
6.4.4. Recolección del material y de datos	14
6.5. Variables Evaluadas	14
6.6. Caracterización de variables morfológicas	15
6.6.1. Variables cualitativas según descriptores.....	15
6.6.1.1. De árbol.....	15

6.6.1.2. De hoja	15
6.6.1.3. De frutos.....	15
6.6.1.4. De semilla.....	16
6.6.2. Variables cuantitativas	16
6.6.2.1. De árbol.....	16
6.6.2.2. De hoja	18
6.6.2.3. De frutos.....	18
6.6.2.4. De semilla.....	18
6.7. Metodología estadística	19
6.7.1. Estadística simple	19
6.7.2. Análisis de conglomerado	19
6.7.3. Análisis de componentes principales	19
6.7.4. Análisis de correlación de Pearson	19
6.7.5. Análisis de proyección.....	20
VII. Resultados y Discusión	20
7.1. Análisis descriptivo de variables cualitativas	20
7.2. Análisis descriptivo de variables cuantitativas.....	25
7.2.3. Análisis de conglomerados	38
7.2.4. Análisis de componentes principales	40
7.2.5. Análisis de correlación.....	42
7.2.6. Análisis de proyección.....	43
VIII. Conclusiones	45
XI. Recomendaciones	45
IX. Bibliografía.....	46
X. Anexos.....	51

Índice de Cuadros

Cuadro 1. Clasificación taxonómica del cacao.	5
Cuadro 2. Significado de código de árboles de cacao criollo.	13
Cuadro 3. Frecuencia Absoluta y relativa para características de variable árbol.	20
Cuadro 4. Frecuencia Absoluta y relativa para características cualitativas de las hojas.	21
Cuadro 5. Frecuencia Absoluta y relativa para características cualitativas del fruto.	23
Cuadro 6. Frecuencia Absoluta y relativa para características cualitativas de semilla.	24
Cuadro 7. Sumatoria de componentes principales.	40
Cuadro 8. Matriz factorial.	41
Cuadro 9. Correlaciones y significancia de variables morfológicas cuantitativas.	42
Cuadro 10. Proyección de producción de cacao en la EEP.	43

Índice de figuras

Figura 1. Mapa de ubicación de la Estación Experimental.	12
Figura 2. Descriptores utilizados para la caracterización morfoagronómica del cacao.	14
Figura 3. Variables cualitativas de hoja: a) Forma del ápice; b) Forma de la base; c) color del brote terminal de la hoja; d) pubescencia de brotes terminales.	15
Figura 4. Variables cualitativas de fruto: a) Color de fruto maduro e inmaduro; b) Forma del fruto; c) constricción basal; d) Rugosidad de la cascara; e) Forma del ápice.	16
Figura 5. Variables cualitativas de semillas: a) Color de la pulpa; b) color de cotiledón; c) Forma de la semilla (longitudinal); d) Forma de la semilla (transversal).	16
Figura 6. Medición de variables cuantitativas de árbol: a) Medición de Altura del árbol; b) medición diámetro del árbol; c) conteo de número de frutos por árbol; d) conteo de numero de cojinetes florales.	17
Figura 7. Medición de variables cuantitativas de hojas: a) Longitud de peciolo; b) medición desde la base hasta el punto más ancho.	18
Figura 8. Toma de datos de frutos: a) Peso de fruto; b) peso de semilla más mucílago por fruto; c) peso total de semilla sin mucílago por fruto; d) número de semillas por fruto.	18
Figura 9. Medición de variables de semilla: a) Diámetro de semilla; b) longitud de semilla.	18
Figura 10. Altura de árbol y altura de formación de horqueta.	25
Figura 11. Diámetro del árbol a los 15 cm de la base del suelo.	26
Figura 12. Numero de frutos por árbol.	27
Figura 13. Número de cojinetes florales por metro lineal.	27

Figura 14. Número de flores por cojinete.....	28
Figura 15. Longitud del peciolo.....	29
Figura 16. Ancho y longitud de la hoja.....	29
Figura 17. Longitud desde la base hasta el punto más amplio de la hoja (BPA).....	30
Figura 18. Longitud y diámetro de fruto.....	31
Figura 19. Relación Largo/Diámetro de fruto.....	31
Figura 20. Espesor de caballete de fruto y profundidad de surco del fruto.....	32
Figura 21. Peso de fruto.....	33
Figura 22. Peso de semilla más mucílago por fruto.....	33
Figura 23. Peso total de semilla sin mucílago por fruto (g) y peso total de mucílago por fruto (g)	34
Figura 24. Número de semillas por fruto.....	35
Figura 25. número de semillas vanas por fruto.....	36
Figura 26. Peso fresco de semilla.....	36
Figura 27. Espesor de semilla.....	37
Figura 28. Diámetro y longitud de semilla.....	38
Figura 29. Dendograma de promedio.....	38
Figura 30. Gráfico de sedimentación.....	40
Figura 31. Plano cartesiano de la distribución de componentes.....	41
Figura 32. Quintales de cacao seco por manzana.....	44

Índice de Anexos

Cuadro A 1. Catálogo de árboles de cacao criollo por semilla.....	51
Cuadro A 2. Registro para recopilar las características cualitativas de los árboles de cacao.....	61
Cuadro A 3. Registro para recopilar las características cuantitativas de los árboles de cacao.....	62
Cuadro A 4. Cuadro de las características cuantitativas del árbol de Cacao.....	63
Cuadro A 5. Cuadro de las características cuantitativas de la hoja de Cacao.....	64
Cuadro A 6. Cuadro de las características cuantitativas del fruto de Cacao.....	65
Cuadro A 7. Cuadro de las características cuantitativas de semilla de cacao.....	66
Cuadro A 8. Abreviatura de variables del gráfico de componentes principales.....	67

Resumen

Con el objetivo de caracterizar morfoagronómicamente 10 árboles de cacao criollo (*Theobroma cacao* L.) con potencial para la producción, se llevó a cabo una investigación en la Estación Experimental y de Prácticas de la Universidad de El Salvador, ubicada en el cantón Tecualuya, municipio de San Luís Talpa, departamento de La Paz, en el periodo de marzo a agosto de 2022, en la cual se realizó la caracterización de variables cuantitativas y cualitativas con ayuda de descriptores de caracteres morfológicos propuestos por el CATIE, Compañía nacional de chocolates Grupo Nutresa y el INIFAP, en la que se realizaron giras de campo para la toma de datos de cada uno de los árboles.

Para el procesamiento de datos se utilizó Softwares estadísticos como InfoStat® 2020 y past3®, para la interpretación de datos se utilizó análisis descriptivos y se aplicó métodos multivariantes como análisis por conglomerados y análisis de componentes principales.

Como resultado se encontró variabilidad genética alta, confirmada por los 7 conglomerados formados; los árboles con el mayor número de frutos fueron el 3-EEP y el 4-EEP con 90 y 50 frutos respectivamente; en el peso de mucílago los árboles FRU-S15P1 y 4-EEP pesaron 68 y 63 gramos de mucílago por fruto respectivamente.

Palabras claves: caracterización morfoagronómica, cacao, descriptores, morfología.

Abstract

With the objective of characterizing morphoagronomically 10 criollo cacao trees (*Theobroma Cacao* L.) with production potential, an investigation was carried out at the experimental and practice station of the university of El Salvador, located in the tecualuya canton, municipality of San Luis Talpa, department of La Paz, in the period from march to august 2022, in which the characterization of quantitative and qualitative variables was carried out with the help of descriptors of morphological characters proposed by CATIE, national Company grupo nutresa and INIFAP, in which field trips were made to collect data from each of the trees.

For data processing, statistical software such as InfoStat® 2020 and past3® was used, descriptive analysis was used for data interperation and multivariate methods were applied such as cluster analysis and principal component analysis.

As a result, high genetic variability was found, confirmed by the 7 clusters formed; the trees with the highest number of fruits were 3-EEP and 4EPP with 90 and 50 fruits respectively; in terms of mucilage weight, the FRU-S15P1 and 4-EEP trees weghed 68 and 63 grams of mucilage per fruit, respectively.

Keywords: morphoagronomic characterization, cocoa, descriptors, morphology.

I. Introducción

El cacao se cultiva en regiones cálidas y húmedas en más de 50 países ubicados en 4 continentes (África, América, Asia y Oceanía); 23 de esos países son de América y en ellos se produce cacao con fines comerciales, lo que convierte el cacao en un cultivo de gran importancia económica, social, ambiental y, particularmente, cultural para los territorios en donde se produce (IICA 2017).

La Balanza Comercial de El Salvador para los granos de cacao, se puede determinar que es deficitaria, con el 98.7% del volumen transado siendo representado por importaciones. Por su parte, se exportaron 31,307 kg de cacao en grano en el 2020, el mayor volumen y valor registrado desde 2016. Al considerar las exportaciones totales de cacao y derivados, el volumen asciende a 3.7 millones de Kg, lo que demuestra que El Salvador se está moviendo hacia un enfoque industrializado en el cacao (MAG 2021).

La producción anual nacional ronda las 200 toneladas métricas (TM) las cuales solo cubren 20 por ciento de la demanda interna de 1,000 TM por lo que el país se ve obligado a importar de Guatemala, Nicaragua y Honduras (Montesinos 2012).

Las razas de cacao actualmente en El Salvador son mayoritariamente los criollos y trinitarios, aunque se pueden encontrar germoplasma del tipo forastero en la zona occidental del país. La variedad criolla generalmente se reserva para chocolate fino y otros productos elaborados (MAG 2021).

El cacao criollo corresponde a una planta de poco vigor y bajo rendimiento, destacándose la alta calidad de sus semillas. Este tipo de cacao posee dos cotiledones de color crema claro o jaspeado, con un olor de cacao dulce unido a un aroma delicado característico a este tipo de variedad (Gutiérrez 2011).

Por otra parte, según el INIA (2005) a través de programas de mejoramiento genético se puede seleccionar cultivares que presenten características de alta calidad, producción y adaptabilidad a las condiciones ambientales de un determinado lugar. Por tal razón, la prospección, la caracterización morfológica y el rescate de germoplasma es fundamental para estudiar la variabilidad genética, identificar plantas y conservar los recursos genéticos a fin de garantizar la seguridad alimentaria y nutricional de la humanidad.

La caracterización consiste en registrar aquellas cualidades que son altamente heredables, que pueden ser fácilmente vistas y expresadas. Debe ser clara y describir los atributos morfológicos que posee la planta en forma positiva, y no describir una planta comparándola con otra. Para aumentar el valor relativo de una descripción además de los datos morfológicos y agronómicos, debe incluir una descripción de las condiciones del clima, suelo y fecha de siembra (Navarro 2008).

Por tal motivo, el propósito de esta investigación se centra en caracterizar morfoagronómicamente 10 árboles de cacao de criollo con potencial para la producción en la Estación Experimental y de Prácticas, los cuales se seleccionaron por su adaptabilidad a las condiciones edafoclimáticas de la Estación y parámetros de producción.

II. Planteamiento del problema

El Salvador tiene déficit en la producción de cacao anualmente se produce 200 toneladas métricas anuales siendo casi inexistente para las cantidades que se importan que es más de 1000 toneladas métricas de cacao. Por otro lado, se menciona que El Salvador es principalmente un país importador de cacao, e importa un 71% de sus requerimientos anuales y un 8% el cual exporta cacao fino de aroma hacia Estados Unidos y Honduras.

El área actual de producción en el país es de 694.47 hectáreas, con un rendimiento de 0.26 Tm/ha (8.1 qq/mz) lo que constituye una productividad bastante baja. Por lo cual se han generado alternativas para solucionar la baja producción.

A pesar de los esfuerzos por distintas instituciones aún no se ha logrado aumentar de manera significativa la producción, esto puede relacionarse que no existe un banco de germoplasma con alto potencial de producción y que la mayoría de cacao criollo se propaga por semilla por lo cual ocurre una segregación genética, dado que no son razas puras y están mezcladas aparecen plantas improductivas con autocompatibilidades o compatibilidades. Por esta razón se pretende realizar caracterizaciones morfoagronómicas de árboles de cacao criollo que ayuden a evaluar aquellos materiales genéticos que cumplen estas características deseables ayudando a aumentar la producción y autosatisfacer la demanda de granos.

Por lo cual, se debe verificar si los árboles de cacao criollo existentes en la Estación Experimental y de Prácticas poseen las características morfoagronómicas sobresalientes idóneas para su selección y propagación.

III. Objetivos

3.1. Objetivo General

- ✓ Caracterizar morfoagronómicamente 10 árboles de cacao criollo (*Theobroma cacao* L.) con potencial para la producción en la Estación Experimental y de Prácticas, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador.

3.2. Objetivos Específicos

- ✓ Determinar las características cualitativas y cuantitativas de los árboles de cacao criollo identificados.
- ✓ Comparar estadísticamente atributos cualitativos y cuantitativos de los árboles de cacao criollo.

IV. Estado del arte

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

López y Deras Guardado (2017), identificaron 47 árboles de cacao de los cuales 27 en la cooperativa hacienda Santa clara, San Luis Talpa, 3 en San Pedro Nonualco departamento de la Paz, 11 en el canton Cerro Grande Arcatao, Chalatenango, 3 en Tenancingo, Cuscatlán 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 Hernández y Ortiz Mejía (2018), 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 Avilés y Lovo Lara (2019), 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.

V. Revisión Bibliográfica

5.1. Historia y origen del cacao

El cacao es un árbol originario de las selvas de América Central y del Sur, antes de su expansión y exportación mundial. Su origen exacto, determinado por estudios genéticos, parece estar ubicado en la Amazonía brasilera. Su nombre científico es *Theobroma cacao* L. (Montesinos 2012).

El cultivo de cacao tuvo su origen en América, pero aún no se ha podido identificar con exactitud el lugar puntual ni su distribución. Algunos autores indican que el cultivo de cacao se inició en México y América Central, señalando al mismo tiempo que los españoles lo vieron cultivado en América del Sur. Cuando arribaron a este continente lo encontraron creciendo en forma natural en muchos bosques a lo largo de los ríos Amazonas y Orinoco y sus afluentes, donde aún hoy existen tipos genéticos de un alto valor (Estrada et al. 2011)

Los Mayas comenzaron a cultivar el árbol de cacao, gracias a evidencias arqueológicas. En Costa Rica se comprobó que el cacao era consumido por los Mayas 400 años Antes de Cristo. En la cultura Maya se le daba un gran valor a sus semillas, que se utilizaba como moneda y gracias a sus cualidades nutritivas, como alimento. La cultura Azteca continuo con esta tradición, elaborando con las semillas de cacao el “xocoatl”, una bebida de fuerte sabor que producía una gran energía y vitalidad. Consideraban al cacao como un don divino y un alimento de los dioses, y reservaban su consumo a personas de alta posición social (Montesinos 2012).

5.2. Importancia económica, social y ambiental del cacao

El cultivo de cacao se enmarca en un sistema agroforestal, se cultiva conjuntamente con otras especies vegetales principalmente café, plátano, frutales y maderables, los cuales al mismo tiempo que le producen sombra al cacao le permiten al agricultor tener otras alternativas de ingresos. El cacao es un cultivo tradicional de economía campesina que demanda gran cantidad de mano de obra (Díaz 2013).

El cacao es una fuente importante de ingresos para las familias productoras, a la vez que lo utilizan para su alimentación ya que forma parte de una gran variedad de alimentos, además, es un aporte importante a la soberanía alimentaria, porque contiene nutrientes esenciales para el sano desarrollo de las familias, aunque requiere de una inversión considerable para su establecimiento y manejo, siendo en un sistema agroforestal una buena alternativa productiva (Díaz 2013).

Tanto los árboles de cacao como las especies utilizadas como sombra permanente protegen el suelo de la erosión y de la proliferación de malezas, lo que conlleva a reducir su control, a la vez mantienen un clima equilibrado dentro de la plantación, las hojas al caer se descomponen y contribuyen a mejorar el contenido de materia orgánica del suelo. Permite que exista una mayor infiltración de agua en el suelo, ayudan a restaurar los mantos acuíferos, además de proteger las cuencas hidrográficas (Estrada *et al.* 2011).

5.3. Situación del cacao en El Salvador

Es interesante el desarrollo que ha tenido el cacao en El Salvador. De ser un fruto domesticado en la época de los mayas en Mesoamérica, aunque exclusivo para clases altas, y luego convertido en la época precolombina en moneda de cambio con mucho poder, y en su momento ser el producto más exportado mucho antes del café, paso a ser un producto olvidado, abandonado en muchas fincas, a crecer entre matorrales y plagas. (Montesinos 2012).

Han pasado muchos años para que la dulzura que depara su producto final, el chocolate, despertara el interés de agricultores salvadoreños grandes y pequeños no solo para recuperar este cultivo nativo, sino para apostar por un producto que pueda volver a ser una materia prima de exportación hacia el Viejo Continente, donde es altamente demandado por su alta calidad. (Montesinos 2012).

Además, las condiciones climáticas y orgánicas del territorio salvadoreño permiten que se pueda cosechar "cacao fino de aroma", ya ese tipo de producto es el mejor comercializado en mercados altamente exigentes como las chocolaterías finas de Suiza, Francia e Italia (Gutiérrez 2009).

La producción anual nacional ronda las 200 toneladas métricas (TM) las cuales solo cubren 20 por ciento del consumo interno de 1,000 TM por lo que el país se ve obligado a importar de Guatemala, Nicaragua y Honduras (Montesinos 2012).

5.4. Clasificación taxonómica del cacao

Taxonomía del cacao

La sistemática de la especie *Theobroma cacao* L. ha sido bien investigada y la especie está claramente clasificada de la manera siguiente (Cuadro 1):

Cuadro 1. Clasificación taxonómica del cacao.

Categoría taxonómica	Clasificación
Reino	Plantae
Subreino	Tracheobionta
Division	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Subclase	Dilleniidae
Orden	Malvales
Familia	Malvaceae
Subfamilia	Byttnerioideae
Tribu	Theobromeae
Genero	Theobroma
Especie	<i>Theobroma cacao</i>

Fuente: Batista 2009.

5.5. Morfología y biología

Descripción general

El árbol de cacao es de tamaño mediano, aunque puede alcanzar alturas hasta 20 metros cuando crece libremente bajo sombra intensa (estado silvestre). Tiene un tronco recto que se puede desarrollar en forma muy variada, según las condiciones ambientales (Dubón, 2011).

El cacao alcanza su máximo desarrollo a los 10 años. Se estima que en plantaciones el periodo de vida productivo es de 25 a 30 años. Se conocen, sin embargo, árboles mucho más antiguos, alguno de los cuales son centenarios, pero constituyen casos aislados (Denys 1962).

Raíz

La planta de cacao presenta un sistema radicular alorrizo y crecen de dos maneras: vertical, que puede llegar hasta 0.80 m y lateral hasta 1.40 m, cuyo desarrollo ocurre en los primeros 30 a 50 cm de profundidad y se extiende por dos o tres metros alrededor del tallo (Rodríguez 2013).

Tallos y ramas

En una planta proveniente de semilla, el tallo crece verticalmente alcanzando de 1 a 1.50 m de altura, posteriormente se pausa el crecimiento apical y emite de 3 a 5 ramas laterales (plagiotrópicas) formando lo que se llama una “horqueta” o molinillo dándose más en cacao tipo trinitario. Las ramas laterales a su vez se ramifican profusamente.

Por abajo de la primera horqueta se desarrolla verticalmente un chupón, que crece hasta formar un nuevo “piso” y así sucesivamente continúa el crecimiento vertical u ortotrópico de la planta. Los que provienen de injerto, estaca o acodo su crecimiento del tallo crece horizontalmente desde sus primeras etapas (Castro 1987).

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

Hojas

Las hojas adultas son de color verde, de lámina simple, entera, de forma que va desde lanceoladas o casi ovaladas, con una nervadura penninervia y ambas superficies glabras. Las hojas cuando jóvenes

son muy delicadas por lo que son apetecidas por los insectos y dañadas por el viento, poseen un color verde pálido y al alcanzar su madurez hacen el cambio de color (Estrada *et al.* 2011).

El color de las hojas nuevas o muy tiernas varía de acuerdo al contenido de pigmentos antociánicos, lo que difiere de los distintos cacaos, puede variar desde verde claro a tonalidades rojas (Rosa pálida o Bronce oscuro) a medida maduran toman un color verde oscuro, siendo más oscuras en el haz que en el envés y adquieren una rigidez que les permite estar en una posición sub-horizontal, al envejecer pierde flexibilidad y se tornan quebradizas (Possu 2011).

Flor

Las flores del cacao son pequeñas, carecen de nectarios, son de color rosado a blanco, son hermafroditas (tiene ambos sexos), pentámera, de ovario súpero, cuya fórmula floral es: $\times, K_5, C_5, A_{5+5}, G(5)$, esto indica que la flor del cacao está constituida en su estructura floral por cinco sépalos, cinco pétalos; el androceo está conformado por 10 filamentos de los cuales cinco son fértiles (estambres) y los otros cinco son infértiles (estaminoides); el gineceo (pistilo) está formado por un ovario súpero con 5 lóculos fusionados desde la base donde cada uno puede contener de 5 a 15 óvulos (Batista 2009).

Antesis

La biología reproductiva comienza en la formación del botón floral, el cual inicia su apertura en horas de la tarde y continúa abriendo durante la noche, hasta que termina de abrirse completamente en horas tempranas de la mañana del día siguiente.

Una vez abierto el botón floral, las anteras que contienen los sacos polínicos se abren y liberan el polen y minutos más tarde el estilo y estigma son receptivos a este. El grano de polen del cacao tiene una viabilidad relativamente corta, normalmente 48 horas (Wood 1982).

Polinización y fecundación

La polinización se da cuando un insecto lleva el polen del estambre al estigma, luego el polen viaja a través del tubo polínico hasta el óvulo, este proceso puede demorar de 24 a 72 horas en fecundar la flor. Una característica especial de la flor del cacao es su punto de abscisión, que provoca su desprendimiento uno o dos días después si no es fecundada hasta un 5% de flores u óvulos por baya, siendo la fecundación ineficiente. Un factor que influye en el bajo porcentaje de fecundación es la estructura que posee la flor, cuyo diseño impide la autopolinización, además, las tecas están protegidas

o cubiertas por una estructura que forma los pétalos, conocida como cogulla (capuchón petal). Este tipo de morfología convierte al cacao en una especie de polinización cruzada. Este intercambio de polen de una flor a otra se realiza en un 95% por diminutos insectos del género *Forcipomya*, que es un microdíptero muy activo especialmente en horas tempranas de la mañana (Wood 1982).

Fruto

El fruto es una baya conocida como mazorca, sostenida por un pedúnculo fuerte que evita que se desprenda aun estando maduro. Tiene diferentes tamaños, colores y formas según la raza. Tiene un tamaño aproximado de 30 cm de largo y 10 cm de ancho. Por lo general contiene de 20 a 40 semillas y están rodeadas por una pulpa que se forma del integumento externo del ovulo (Torres 2012).

Semilla

Puede contener entre 20 a 60 semillas o almendras, cuyo tamaño y forma varían según el tipo genético. En el cacao tipo Criollo las semillas tienen de 3 a 4 cm de largo, casi ovaladas, alargadas, de color blanco o rosado más bien violeta pálido. En el cacao forastero las semillas tienen de 2 a 3 cm de largo con formas aplanadas, redondeadas y de color violeta púrpura. La semilla del cacao está constituida por dos cotiledones y un embrión que está protegido por ambos cotiledones.

El endospermo es sumamente reducido y toma la forma de una membrana conocida como testa, la cual es delgada y envuelta en su periferia por una pulpa llamada mucílago, de sabores variables según su procedencia genética, generalmente más azucarados en los tipos criollos y más ácidos en los forasteros (Batista 2009).

Germinación de la semilla

La semilla de cacao esta lista para germinar desde un poco antes de su madurez de cosecha. La madurez fisiológica de la semilla se alcanza incluso mucho antes de que la mazorca este maduro. La germinación de la semilla es epigea, se produce generalmente de cuatro a seis días; los cotiledones salen a la superficie de 10 a 15 días después de la siembra, aparecen al principio revestidos por el tegumento de la semilla que se desprende en seguida, con lo cual pueden abrirse. El hipocótilo y los cotiledones expuestos a la luz enverdecen poco a poco cuando son cacaos criollos de aroma fino y cotiledones oscuros si son trinitarios o forasteros. Las primeras hojas verdaderas aparecen con el desarrollo, de 10 a 15 días después de la germinación (Braudeav 1970).

5.6. Clasificación genética del cacao

Los cacaos cultivados presentan una variabilidad muy grande en lo referente a los caracteres de color, dimensiones y forma de las distintas partes de la flor, del fruto o de la semilla. La calidad de las almendras en cuanto a sabor y aroma, además del factor genético, está influenciado por las características ambientales propias de cada región y culmina con un buen manejo poscosecha. Se ha demostrado que esta región posee una relación genotipo-ambiente ideal para producir cacao. (Sánchez y Dubon 1994).

Desde el punto de vista botánico se identifican dos poblaciones básicas de cacaos, que a la vez determinan dos calidades de granos; ellos son los tipos criollos y los forasteros. Estos dos grupos primitivos dieron origen a la población trinitaria. Se considera que los cacaos criollos y forasteros son la base genética de los híbridos modernos (Sánchez y Dubon 1994).

Grupos criollos

Mazorcas de color verde antes de la madurez, de forma generalmente alargada, con una punta muy acentuada en el extremo inferior, y marcados con diez surcos muy profundos iguales o a veces repartidos en dos grupos alternos de cinco, uno de los dos menos acentuados. Granos gruesos, de sección casi redonda, con los cotiledones frescos de color blanco o muy ligeramente pigmentados.

Pericarpio en general muy rugoso, delgado y muy fácil de cortar; el mesocarpio, delgado, esta poco lignificado. Los caracteres del grano (forma y color de los cotiledones) son los más importantes (Malespín, 1982).

Los caracteres de la mazorca presentan una cierta variabilidad y se encuentran a veces cultivares de criollo con mazorcas que pueden tener un extremo redondeado y una superficie casi lisa, es un cacao reconocido como fino de gran calidad, por su agradable sabor y exquisito aroma (Malespín, 1982).

Grupos forasteros

Fruto es redondeado y casi liso y cuyos cotiledones son violetas, mazorcas de color verde (amarillo en la madurez), de morfología variable desde la forma del criollo hasta la forma “amelonado” (superficie lisa, extremidades redondeadas), pericarpio espeso y difícil de cortar a causa de la presentación de un mesocarpio fuertemente lignificado, granos aplastados con los cotiledones frescos de color morado oscuro o violeta oscuro, el sabor es amargo por su alto contenido de taninos, con un mucílago de sabor ácido (Malespín, 1982)

Grupos trinitarios

El grupo de los trinitarios es una población híbrida muy heterogénea, resultado de cruces espontáneos en América Central, el cacao criollo introducido en un principio por los españoles, se cruzó con forasteros llevados probablemente del valle del Orinoco (Colombia-Venezuela), en Venezuela en 1852. Estos cruces naturales dieron origen a un tipo de cacao con características intermedias entre criollos y forasteros, incluyendo por supuesto la calidad; de manera que heredó en parte la robustez del cacao forastero y a su vez el delicado sabor del criollo (Zúñiga 2012).

Los caracteres botánicos de los trinitarios y los forasteros son difíciles de definir. Son los de una población híbrida muy polimorfa donde se pueden observar la segregación de ambas razas y la combinación de ellas. (Wood, 1982).

5.7. La variabilidad del cacao

Las plantas de cacao que se originan por semillas, aunque provengan de una misma mazorca, presentaran en el campo algunas características similares, pero también mostraran otras características importantes, producto de la combinación de genes entre padres, el intercambio de polen durante la polinización cruzada. La variabilidad ocasionada por la contaminación de genes que aportan tanto el padre como la madre, se presentan cuando se observan características diferentes entre arboles sembrados por semilla, cuando provengan de una mazorca resultante de la autopolinización de una misma flor y a su vez, muestren diferencias con los padres (Dubon 2011).

Este proceso natural de polinización se formarán semillas con características heredadas de ambos padres; estas semillas de mazorcas resultantes de la polinización cruzada tendrán varios padres y por lo tanto esas semillas originarán nuevos árboles con características muy variadas, incluyendo su capacidad de producción (Dubón 2011).

5.8. La caracterización morfológica

Son datos que muestran las características del germoplasma que se tiene. Mediante este método se pueden seleccionar materiales vegetales con características sobresalientes, por ejemplo: resistencia a patógenos, plagas, entre otros. Para conocer el comportamiento planta-ambiente es importante contar con la información derivada de una caracterización (Ramos 1994).

En la caracterización se extraen una serie de características cuantitativas y cualitativas que permiten la selección de materiales y su posterior utilización en programas de investigación o de otra naturaleza.

Es importante tomar en cuenta las características de interés agronómico que estén influidas por las condiciones del medioambiente, como la precocidad, contenidos de proteína, resistencia a plagas y enfermedades (Torres 2007).

5.9. Definiciones y uso de los descriptores

Un descriptor es el nombre que se le asigna a una característica o a una parte de la planta, mazorca o semilla, el cual se quiere medir. Indica que un descriptor es una variable o atributo que se observa en un conjunto de elementos, ejemplo: altura de la planta, color de la flor, entre otros (Navarro *et al.* 2008).

Actualmente el IPGRI utiliza las siguientes definiciones en la documentación de recursos fitogenéticos:

Descriptores de caracterización: permiten una discriminación fácil y rápida entre fenotipos. Generalmente son caracteres altamente heredables, pueden ser fácilmente detectados a simple vista y se expresan igualmente en todos los ambientes. Además, pueden incluir un número limitado de caracteres adicionales que son deseables según el consenso de los usuarios de un cultivo en particular.

Descriptores de evaluación: muchos de los descriptores de esta categoría son susceptibles a las diferencias ambientales, pero son generalmente útiles en la mejora de un cultivo y otros pueden involucrar la caracterización bioquímica o molecular. (IPGRI, 2000)

5.10. Clasificación y uso de los descriptores

Según Navarro *et al.* (2008), la clasificación de los descriptores puede ser de la siguiente manera:

- 1) Descriptores de pasaporte.** Son los que proporcionan la información básica que se utiliza para el manejo general de la accesión y describen los parámetros que se deberían observar cuando se recolecta originalmente la accesión, los cuales son: nombre de los recolectores, fecha de recolección de la información, departamento, municipio, cantón, latitud y longitud, área total de la finca, área con cacao, edad de la plantación, altura sobre el nivel del mar, edad del árbol con características deseables, nombre de la finca o parcela, nombre del productor, edad del productor y número correlativo del árbol.
- 2) Descriptores de manejo.** Proporcionan las bases para el manejo de las accesiones en el banco de germoplasma y ayudan durante su multiplicación y regeneración.

- 3) **Descriptorios del sitio y del medio ambiente.** En estos se describen los parámetros específicos del sitio y del clima en el lugar determinado, que son importantes cuando se realizan pruebas de caracterización y evaluación. Se incluyen en esta categoría los descriptorios del sitio de recolección del germoplasma.

VI. Metodología

6.1. Ubicación del estudio

La investigación se realizó entre los meses de marzo hasta agosto de 2022. En la Estación Experimental y de Prácticas de la Universidad de El Salvador, ubicada en el cantón Tecualuya, Municipio de San Luís Talpa, Departamento de la Paz (Figura 1); con coordenadas geográficas; 13°28'3" Latitud Norte, 89°05'8" Longitud Oeste y a una elevación de 50 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m.).

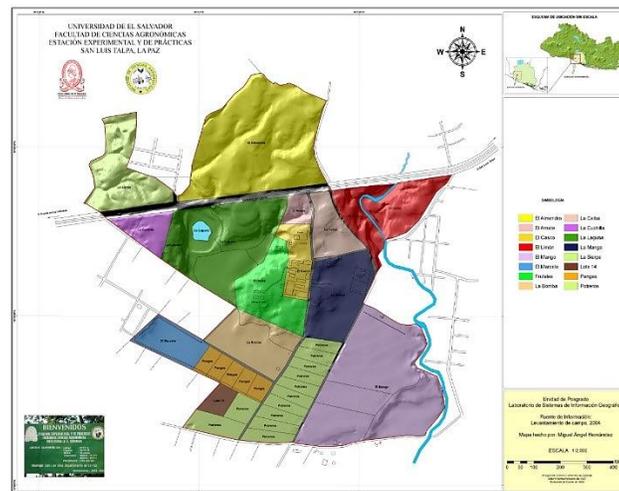


Figura 1. Mapa de ubicación de la Estación Experimental.

6.2. Condiciones climáticas

La precipitación en la zona presenta un rango entre los 1500 a 1700 milímetros/ año. En cuanto a la temperatura media anual en el área se presentan rangos entre los 28 a 33 grados centígrados o sobrepasando esta temperatura. La humedad relativa es de un 70 a 76 % y una velocidad del viento de 7 a 8 km.h⁻¹.

6.3. Tipos de suelo

El tipo de suelo es; Franco areno limoso, con un drenaje que va de bueno a moderadamente bueno; contando con una profundidad efectiva de 1.50 m.

6.4. Fase de campo

6.4.1 Material experimental

Se caracterizaron 10 árboles de cacao criollo que han demostrado mayor producción, en el lote de mango Panades, en el lote de los Frutales y en el lote la bomba. De cada uno de los árboles se tomaron muestras de hojas, frutos y semillas de cada fruto. Asimismo, cada material se identificó con un código de acuerdo a su ubicación, el surco y número de planta (cuadro 2). Además, se registraron datos de las variables y se realizó un catálogo de árboles. (Anexo 1).

6.4.2. Codificación de árboles de cacao caracterizados

Cuadro 2. Significado de código de árboles de cacao criollo.

Código	Ubicación	Significado de código
FRU-S15P1	Parcela los frutales	Frutales - surco 15, planta 1.
FRU-S12P3	Parcela los frutales	Frutales - surco 12, planta 3.
FRU-S17P2	Parcela los frutales	Frutales - surco 17, planta 2.
3 EEP	Lote la bomba	Planta 3 Estación Experimental y de Prácticas
FRU-S18P4	Parcela los frutales	Frutales - surco 18, planta 3.
MAN-S1P1	Parcela mango panades	Mango Panades - surco 1, planta 1.
4 EEP	Lote la bomba	Planta 4 Estación Experimental y de Prácticas.
MAN-S3P1	Parcela mango panades	Mango Panades - surco 3, planta 1.
MAN-S4P3	Parcela mango panades	Mango Panades - surco 4, planta 3
FRU-S9P1	Parcela los frutales	Frutales - surco 9, planta 1.

6.4.3. Herramientas utilizadas para la caracterización

Las herramientas utilizadas para la caracterización fueron los descriptores de caracteres morfológicos y agronómicos propuestos por: Compañía Nacional de chocolates (Grupo Nutresa 2018), y por el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (Phillips 2012) y el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) (Figura 2), los cuales sirvieron para

comparar los atributos y así establecer las propiedades morfoagronómicas que presentaba cada árbol seleccionado.



Figura 2. Descriptores utilizados para la caracterización morfoagronómica del cacao.

6.4.4. Recolección del material y de datos

Para la medición de variables se colectaron de cada árbol de cacao criollo 3 hojas, 2 frutos y 3 semillas de cada fruto para promediar. Posteriormente se realizó la toma de datos, con cinta métrica, pie de rey y balanza digital generando datos los cuales se registraron en los cuadros (Anexos 2 y 3). Se utilizaron tijeras de podar, bolsas plásticas de cinco libras y papel periódico para trasladar las hojas, frutos en bolsas jardineras y posteriormente se registraron las variables en el Laboratorio N°4 del departamento de Fitotecnia de la Facultad de Ciencias Agronómicas.

6.5. Variables Evaluadas

- **Variables cualitativas**

- De árbol: Presencia de horqueta.
- De hojas: Forma del ápice, forma de la base, color del brote terminal, pubescencia en brotes terminales
- De frutos: Color de fruto inmaduro, color de fruto maduro, forma del fruto, constricción basal, Rugosidad de la cascara, forma del ápice, dureza de la cascara.
- De semillas: Color de la pulpa, color de cotiledón, forma del corte longitudinal, forma del corte transversal.

- **Variables cuantitativas**

- De árbol: Altura, altura de formación de horqueta, Diámetro del árbol a los 15 cm de la base del suelo, número de frutos, número de cojinetes por metro lineal, número de flores por cojinete.

- De hojas: Longitud del peciolo, ancho, longitud, longitud desde la base hasta el punto más ancho (BPA).
- De frutos: Longitud de fruto, diámetro de fruto, relación L/D, espesor de caballete de fruto, profundidad de surco del fruto, peso del fruto, peso de semilla más mucílago por fruto, peso total de semilla sin mucílago por fruto, peso total de mucílago por fruto, numero de semillas por fruto, numero de semillas vanas por fruto.
- De semillas: Peso fresco de semilla, espesor, diámetro, longitud.

6.6. Caracterización de variables morfológicas

6.6.1. Variables cualitativas según descriptores

6.6.1.1. De árbol

- Presencia de horqueta en el árbol

6.6.1.2. De hoja

Forma del ápice, forma de la base, color del brote terminal de la hoja, pubescencia de brotes terminales (Figura 3).

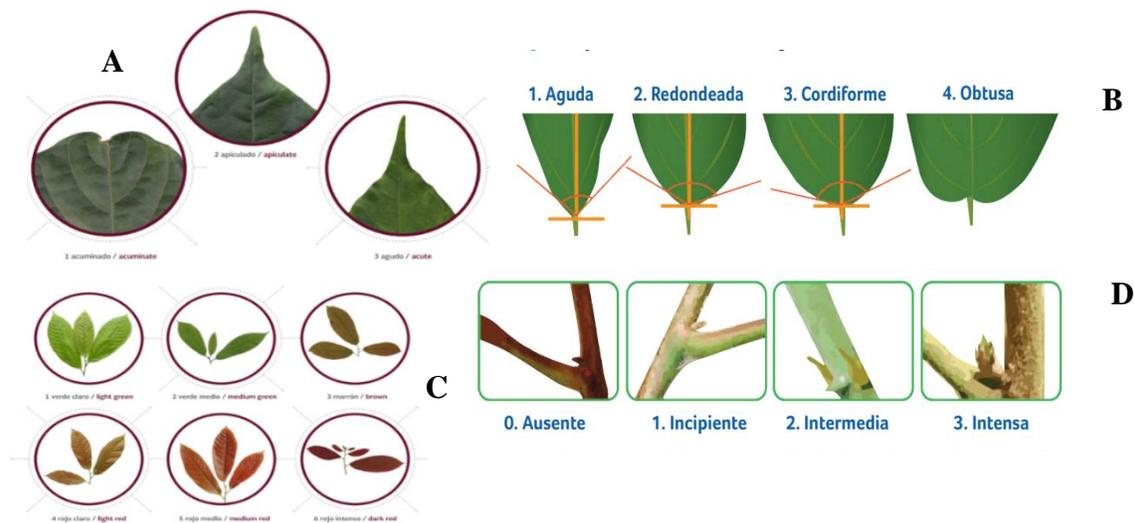


Figura 3. Variables cualitativas de hoja: a) Forma del ápice; b) Forma de la base; c) color del brote terminal de la hoja; d) pubescencia de brotes terminales.

6.6.1.3. De frutos

Color de fruto inmaduro, color de fruto maduro, forma del fruto, constricción basal, rugosidad de la cascara, forma del ápice, dureza de la cascara (Figura 4).

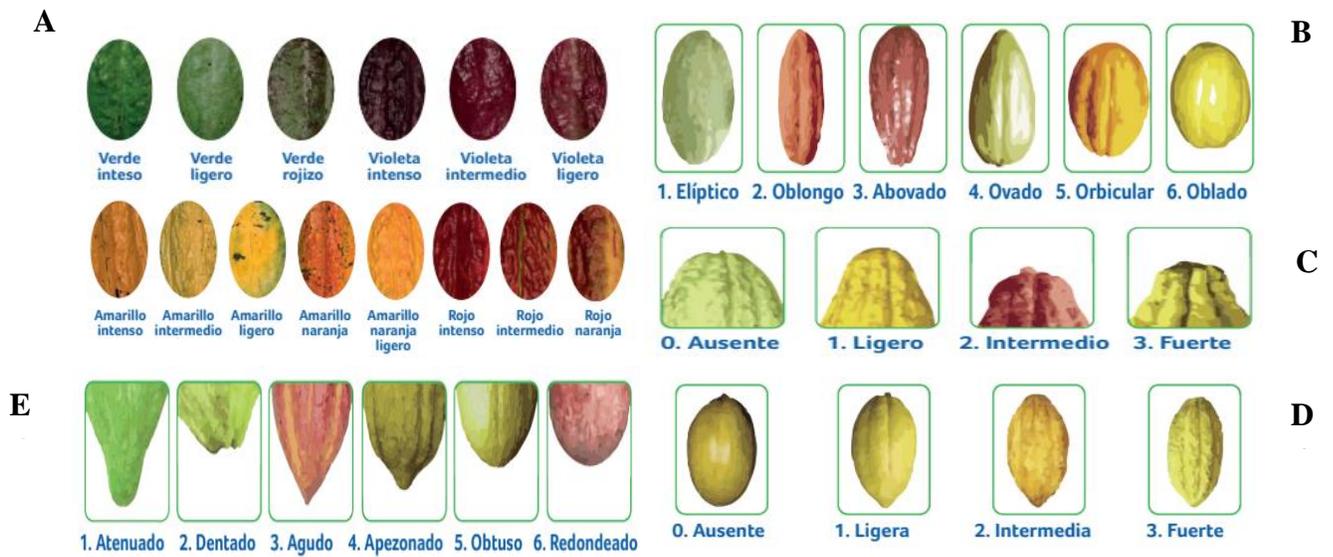


Figura 4. Variables cualitativas de fruto: a) Color de fruto maduro e inmaduro; b) Forma del fruto; c) constricción basal; d) Rugosidad de la cascara; e) Forma del ápice.

6.6.1.4. De semilla

Color de la pulpa, color de cotiledón, forma de la semilla (longitudinal), forma de la semilla (transversal) (Figura 5).



Figura 5. Variables cualitativas de semillas: a) Color de la pulpa; b) color de cotiledón; c) Forma de la semilla (longitudinal); d) Forma de la semilla (transversal).

6.6.2. Variables cuantitativas

6.6.2.1. De árbol

Altura del árbol, diámetro a los 15 cm de la base del suelo, número de frutos por árbol, número de cojinetes florales por metro lineal (Figura 6).



Figura 6. Medición de variables cuantitativas de árbol: a) Medición de Altura del árbol; b) medición diámetro del árbol; c) conteo de número de frutos por árbol; d) conteo de numero de cojinetes florales.

6.6.2.2. De hoja

Longitud de peciolo, longitud desde la base hasta el punto más ancho (BPA) (Figura 7)

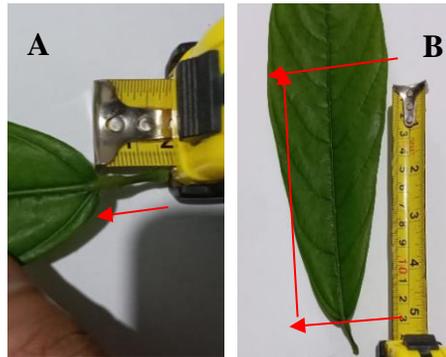


Figura 7. Medición de variables cuantitativas de hojas: a) Longitud de peciolo; b) medición desde la base hasta el punto más ancho.

6.6.2.3. De frutos

Peso de fruto, peso de semilla más mucílago por fruto, peso total de semilla sin mucílago por fruto, número de semillas por fruto (Figura 8).

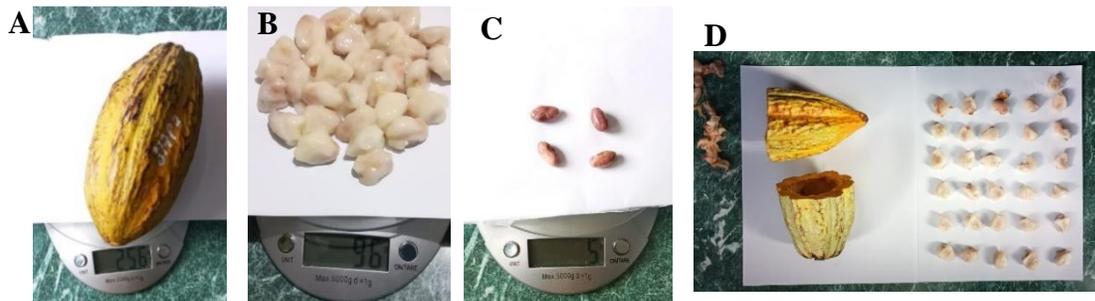


Figura 8. Toma de datos de frutos: a) Peso de fruto; b) peso de semilla más mucílago por fruto; c) peso total de semilla sin mucílago por fruto; d) número de semillas por fruto.

6.6.2.4. De semilla

Diámetro de semilla, longitud de semilla (Figura 9).

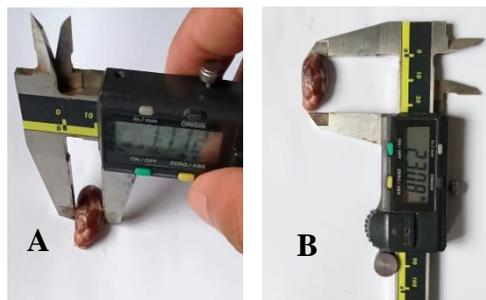


Figura 9. Medición de variables de semilla: a) Diámetro de semilla; b) longitud de semilla.

6.7. Metodología estadística

Para el análisis de los datos o atributos cualitativos se utilizó estadística descriptiva a partir de tablas con su frecuencias, y para los datos cuantitativos se aplicó estadística simple (desviación estándar, media y coeficiente de variación) y análisis multivariado, específicamente componentes principales y de conglomerados; ambos análisis permitieron resumir la información de un número grande de casos, agrupándolos con base a similitudes, cercanías o distancia, para lo cual se utilizó el programa Infostat[®] 2020, Excel[®] 2016 y PAST 3[®].

6.7.1. Estadística simple

Se utilizó para estimar y describir el comportamiento de los diferentes cultivares en relación a cada carácter, mediante la estimación de valores promedios, desviación estándar y coeficiente de variación. Para la interpretación de los coeficientes de variación se utilizó la escala siguiente: 0–10 altamente homogéneos, 11–20 homogéneo, 21 a 30 heterogéneo y valores mayores de 30 altamente heterogéneo.

6.7.2. Análisis de conglomerado

Se aplicó a las variables cuantitativas de los 10 árboles de cacao que representaron conjuntos grandes. Esta técnica sirvió para agrupar a los elementos de una muestra, denominados conglomerados, de tal forma, que respecto a la distribución de los valores de las variables cada conglomerado sea lo más homogéneo posible y entre los conglomerados sean muy distintos entre sí.

6.7.3. Análisis de componentes principales

Con este método se realizó la transformación lineal sobre las variables originales de los 10 árboles de cacao y permitió generar un nuevo conjunto de variables independientes o componentes principales interrelacionadas entre sí. Este análisis permitió simplificar la complejidad del estudio de variables correlacionadas, en el cual se pueden transformar el conjunto original de variables en nuevas variables que reciben el nombre de componente principal (Joaquín 2017).

6.7.4. Análisis de correlación de Pearson

Se utilizó para indicar el grado de asociación entre valores de una variable con los valores de otra mediante un coeficiente de correlación “Pearson”, el cual sirvió para asociar variables de los 10 árboles de cacao criollo con diferentes unidades de medida, por ejemplo: peso de fruto (g), longitud de fruto (cm), peso total de semilla más mucilago por fruto (g) y numero de semillas por fruto.

6.7.5. Análisis de proyección

Este método se utilizó para indicar si los 10 árboles de cacao criollo caracterizados son altamente productivos tomando en cuenta el número de frutos por árbol para poder determinar los quintales de cacao seco por manzana para así comparar con los datos de producción dados por el ministerio de agricultura y ganadería (MAG).

VII. Resultados y Discusión

7.1. Análisis descriptivo de variables cualitativas

✓ Presencia de horqueta

Los 10 árboles de la población caracterizada presentaron horqueta (Cuadro 3). Asimismo, el INIA (2005), clasifica la ramificación 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 más de tres o más ramas. Asimismo, Según López y Guardado (2017), los árboles de cacao con ramificación simple son mayormente encontrada en los árboles con características fenotípicas a cacao criollo.

Cuadro 3. Frecuencia Absoluta y relativa para características de variable árbol.

Variabales	Característica	Árboles	Frecuencia (%)
Presencia de	Presente	10	100
horqueta	Total	10	100

✓ Forma del ápice y base de la hoja

Se determinó que 9 árboles de la población caracterizada presentaron hojas con ápice en forma apiculada, mientras que 1 árbol posee el ápice en forma aguda (Cuadro 4). Asimismo, López y Guardado (2017), encontraron tres formas de ápices en las hojas: de 47 árboles caracterizados para esta variable el 46.81% de las hojas posee un ápice de forma apiculado, 31.91% con ápice de forma agudo y 21.28% un ápice de forma acuminado. Gutiérrez Hernández (2011), en su estudio agromorfológico y fisicoquímico de los ecotipos de cacao trinitario cultivados en los municipios de Izalco y Nahulingo, Sonsonate, El Salvador, reportó el 100% de árboles con hojas de ápice acuminado.

Para la variable base de la hoja se encontró que 6 árboles poseen hojas con una base en forma aguda y 4 árboles poseen una base en forma obtusa (Cuadro 4). Asimismo, Gutiérrez Hernández (2011), reportó árboles con características de hojas con base aguda y redondeada. Phillips (2012), en un estudio de

caracterización de cacao de tipo trinitario en Costa Rica, encontró que los clones internacionales CCN-51, ICS-95 y PMCT-58, presentaban hojas con base obtusa.

✓ **Color y pubescencia en brotes terminales de la hoja**

De los arboles caracterizados 4 árboles presentaron un color de brote terminal marrón, 2 árboles poseen color de brote terminal de la hoja de una coloración rojo medio y finalmente 4 árboles poseen una coloración del brote terminal verde (Cuadro 4). Además, (Rojas *et al.*2012) menciona que las semillas del cacao blanco de Piura, al germinar, emiten cotiledón color verde, asimismo, el cogollo de las plántulas es verde claro con pubescencia; mientras que las otras semillas (violetas), al germinar, originan cotiledones violetas y cogollo del mismo color. De acuerdo a los resultados obtenidos existe mayor tendencia a tener características de cacao tipo trinitario.

Se encontró que 2 árboles poseen una pubescencia en brotes terminales incipiente, 7 árboles poseen una pubescencia en brotes terminales intermedia y finalmente 1 árbol posee una pubescencia en brotes terminales ausente (Cuadro 4). Asimismo, Duarte (2014), afirma que la pubescencia en ramas jóvenes en los cacaos con tendencias fenotípicas criollas presenta mayor pubescencia en los brotes terminales a diferencia de los cacaos de tipo forasteros e híbridos que presentan poca pubescencia. De acuerdo a los resultados obtenidos existe mayor tendencia a tener características de cacao tipo criollo.

Cuadro 4. Frecuencia Absoluta y relativa para características cualitativas de las hojas.

Variables	Característica	Árboles	Frecuencia (%)
Forma de la hoja (ápice)	Agudo	1	10
	Apiculado	9	90
	Total	10	100
Forma de la hoja (base)	Agudo	6	60
	Obtuso	4	40
	Total	10	100
Color del brote terminal de la hoja	Marrón	4	40
	Rojo Medio	2	20
	Verde	4	40
	Total	10	100
Pubescencia en brotes terminales	Ausente	1	10
	Incipiente	2	20
	Intermedia	7	70
	Total	10	100
Total general		10	100%

✓ **Color de fruto inmaduro y maduro**

Cuando los frutos son inmaduros se determinó que los 10 árboles poseen un color de fruto inmaduro verde ligero (Cuadro 5). Asimismo, Fowler (1952), afirma que los frutos en su estado inmaduro son de color verde o morado.

Cuando los frutos están maduros se observó que 4 de los árboles poseen un color del fruto maduro amarillo naranja y 3 árboles poseen una coloración del fruto amarillo ligero, 2 árboles poseen un color del fruto maduro amarillo intermedio y finalmente un 1 árbol posee un color del fruto maduro amarillo intenso (Cuadro 5). Asimismo, Medina (1950), menciona que cuando los frutos están maduros el color verde del mismo se vuelve amarillo, mientras que en las mazorcas de las variedades rojas se torna de carmesí a bermejo y finalmente a un color más o menos anaranjado.

✓ **Forma del fruto**

Se encontró que 8 de los árboles poseen una forma del fruto ovado y 2 árboles poseen una forma del fruto oblonga (Cuadro 5). Asimismo, Medina (1950), menciona que cuando los frutos tienen forma angoleta (ovado) estas características son propias de los cultivares encontrados con alta tendencia fenotípica a criollos (Medina 1950).

✓ **Constricción basal del fruto**

Se determinó que 5 de los árboles poseen una constricción basal del fruto intermedio y 2 árboles poseen una constricción basal fuerte y finalmente 3 árboles poseen una constricción basal ligero (Cuadro 5). Asimismo, Medina (1950), menciona que los cacaos de forma fenotípica angoleta característicos de cacao tipo criollo no poseen constricción cerca de la base; el cundeamor tiene constricción cerca de la base; la forma amelonada con o sin constricción cerca de la base y la forma calabacillo no cuenta con constricción basal. García Carrión (2012), menciona que la constricción basal del fruto posee cuatro características las cuales son: ausente, ligero, intermedio y fuerte de acuerdo con este descriptor. De acuerdo a los resultados obtenidos existe mayor tendencia a tener características de cacao tipo criollo.

✓ **Rugosidad de la cascara del fruto**

Se encontró que 8 de los árboles poseen una rugosidad de la cascara del fruto intermedia y 2 árboles poseen una rugosidad de la cascara del fruto fuerte (Cuadro 5). Asimismo, Medina (1950), indica que los cacaos se clasifican por la rugosidad: forma fenotípica Angoleta, posee rugosidad verrugosa; el cundeamor tiene constricción superficie verrugosa; la forma amelonada tiene superficie verrugosa o lisa y la forma calabacillo superficie lisa. Los resultados de la presente investigación coinciden en

cuanto a la forma angoleta y cundeamor con rugosidad moderada y fuerte, siendo estas características propias de los cultivares encontrados con alta tendencia fenotípica a criollos.

✓ **Forma del ápice del fruto**

Se determinó que los 10 árboles poseen frutos con la forma del ápice apezonado (Cuadro 5). Estas características coinciden con las mencionadas por García Carrión (2012), ya que encontró en su investigación formas de ápice entallado (Apezonado) y agudo en cultivares de tipo criollo.

✓ **Dureza de la cascara del fruto**

Se obtuvo que 2 árboles poseen una dureza del fruto fuerte, 4 de los árboles poseen una dureza de la cascara del fruto intermedia y 4 árboles poseen una dureza de la cascara del fruto suave (Cuadro 5). Medina (1950), menciona que los tipos criollos tienen frutos con cáscara delgada y blanda, mientras los forasteros poseen cáscara un poco más dura. De acuerdo a los resultados obtenidos existe mayor tendencia a tener características de cacao tipo criollo.

Cuadro 5. Frecuencia Absoluta y relativa para características cualitativas del fruto.

Variables	Característica	Árboles	Frecuencia (%)
Color de fruto inmaduro	Verde ligero	10	100
	Total	10	100
Color del fruto maduro	Amarillo intenso	1	10
	Amarillo intermedio	2	20
	Amarillo ligero	3	30
	Amarillo naranja	4	40
	Total	10	100
Forma del fruto	Oblonga	2	20
	Ovado	8	80
	Total	10	100
Constricción basal del fruto	Fuerte	2	20
	Intermedio	5	50
	Ligero	3	30
	Total	10	100
Rugosidad de la cascara	Fuerte	2	20
	Intermedia	8	80
	Total	10	100
Forma del ápice del fruto	Apezonado	10	100
	Total	10	100
Dureza de la cascara	Fuerte	2	40
	Intermedia	4	40
	Suave	4	40
	Total		100
Total general		10	100%

✓ **Color de la pulpa**

Se obtuvo que los 10 árboles poseen semillas con color de la pulpa blanco (Cuadro 6). Graziani de Fariñas *et al.* (2002), encontró coloración blanco opaco en la pulpa de tres tipos de cacaos estudiados la misma coloración, aspecto casi siempre húmedo y moderadamente abundante.

✓ **Color del cotiledón**

Se obtuvo que 7 árboles poseen semillas de color del cotiledón violeta y 3 árboles poseen el color del cotiledón blanco cremoso (Cuadro 6). Al respecto, Bartley (1989), menciona que los cotiledones manifiestan una gran variedad de colores, sin embargo, se reportan con mayor frecuencia los cotiledones púrpuras típico de los genotipos trinitarios y en menor frecuencia los cotiledones blancos típico de los genotipos criollos tal como los encontrados en la presente investigación. López y Guardado (2017), mencionan que en el cultivo de cacao se producen granos de colores diferentes en la misma mazorca, esto dependerá del origen del polen que fecunda la flor, generando efectos positivos y negativos en las características cualitativas y cuantitativas de la semilla, a este fenómeno se le conoce como Xenia.

✓ **Forma longitudinal y transversal de la semilla**

Se encontró que 7 de los árboles poseen una forma de semilla en la sección longitudinal irregular y 3 árboles poseen una forma ovada, mientras que, para la sección transversal, se determinó que 4 árboles poseen una forma aplanada y 6 árboles poseen una forma intermedia (Cuadro 6). En una investigación similar Ramírez (2011), encontró en mazorcas colectados en Jayaque presentaron semillas de forma oblonga, ovada y elíptica en la sección longitudinal; y semillas de forma intermedia en las mazorcas colectados en Ciudad Arce, ambos municipios del departamento de La Libertad.

Cuadro 6. Frecuencia Absoluta y relativa para características cualitativas de semilla.

Variables	Característica	Árboles	Frecuencia (%)
Color de la pulpa	Blanco	10	100
	Total	10	100
Color del cotiledón	Violeta	7	70
	Blanco cremoso	3	30
	Total	10	100
Forma de la semilla (longitudinal)	Irregular	7	70
	Ovada	3	30
	Total	10	100
Forma de la semilla (Corte transversal)	Aplanada	4	40
	Intermedia	6	60
	Total	10	100
Total general		10	100%

7.2. Análisis descriptivo de variables cuantitativas

Altura de árbol y altura de formación de horqueta

Al analizar la altura de árbol el FRU-S9P1 presentó el mayor valor con 3.73 m mientras, que el FRU-S12P3 con el menor valor con 1.47 m (Figura 10), encontrando un valor promedio de 2.37, con una desviación estándar de 0.67 y un coeficiente de variación de 0.28 m (Anexo 4). Al revisar el plano cartesiano del análisis multivariante (Figura 31), reporta al árbol FRU-S9P1 y MAN-S9P1 con las alturas mayores de 3.73 m y 3.01 m respectivamente. Además, los resultados obtenidos se encuentran dentro del rango, según Merino (2017), encontró que en promedio los árboles de cacao se encuentran en un rango entre 2 y 4 metros de altura, que los convierte en manejable para las labores culturales sobre todo de cosecha.

Para la variable altura de formación de horqueta el MAN-S1P1 presentó el mayor con 1.41 m mientras, que el FRU-S12P3 con el menor valor con 0.54 m (Figura 10), encontrando un valor promedio de 0.98 m, con una desviación estándar de 0.32 y un coeficiente de variación de 0.33 (Anexo 4). También, los resultados obtenidos se encuentran en el rango mencionado por Merino (2017), en la altura de la horqueta de los árboles registró un valor máximo de 1.44 m (lote 17) y un valor mínimo de 0.10 m (lote 13) en diferentes lotes de plantaciones de cacao.

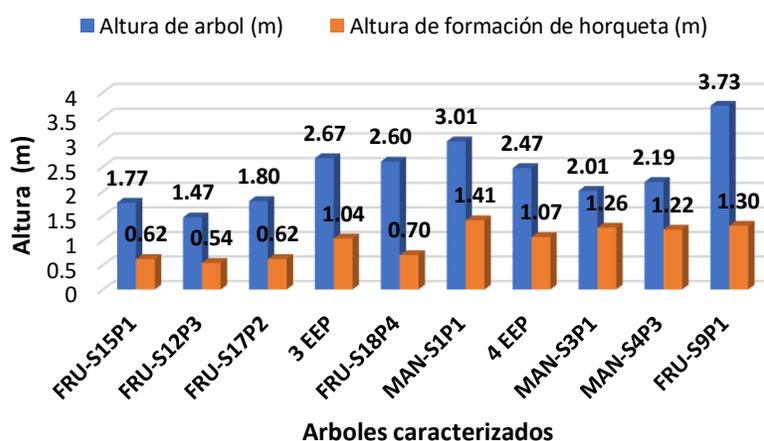


Figura 10. Altura de árbol y altura de formación de horqueta.

Diámetro del árbol a los 15 cm de la base del suelo (cm)

Con respecto a la variable diámetro a los 15 cm de la base del suelo el árbol el mayor diámetro lo presentó el árbol 3 EEP con un valor de 9.67 cm mientras, que el menor valor lo presentó el FRU-S17P2 con 4.89 cm (Figura 11), encontrando un valor promedio de 7.16 cm, con una desviación

estándar de 1.57 y un coeficiente de variación de 0.22 (Anexo 4). Al revisar el plano cartesiano del análisis multivariante (Figura 31), reporta al árbol 3 EEP con el mayor valor de diámetro con 9.67 cm respectivamente. Además, Los resultados obtenidos se encuentran en el rango mencionado por López y Lovo (2019), afirman que el diámetro de los arboles evaluados fue de 13 cm para el árbol JA 40A y el menor valor de 4 cm para el árbol JA 33A.

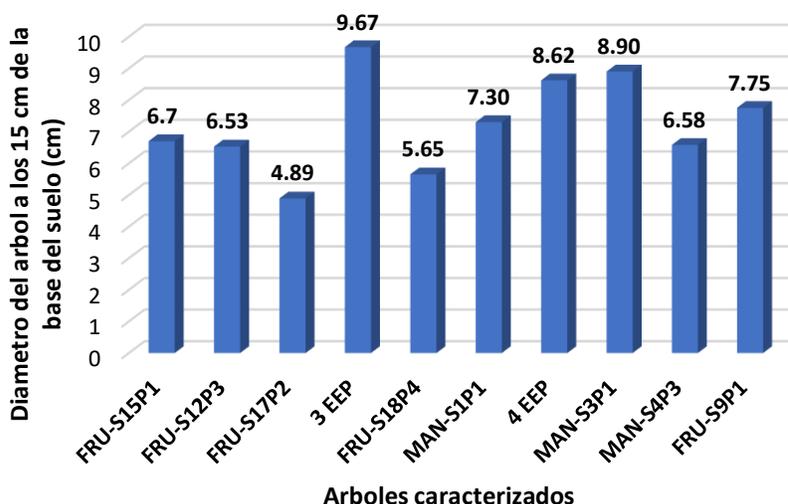


Figura 11. Diámetro del árbol a los 15 cm de la base del suelo.

Número de frutos por árbol

En la variable número de frutos por árbol el 3 EEP presento el mayor valor con 90 frutos mientras, que el FRU-S18P4 con el menor valor con 15 (Figura 12), encontrando un valor promedio de 34.60 frutos, con una desviación estándar de 23.03 y un coeficiente de variación de 0.66 (Anexo 4). Al revisar el plano cartesiano del análisis multivariante (Figura 31), reporta al árbol 3 EEP y 4 EEP con los mayores valores de 90 y 50 frutos. Además, Los resultados obtenidos se encuentran en el rango, aunque siendo mayor el 10% a lo mencionado por López y Lovo (2019), afirman que los numero de frutos de los árboles evaluados fue de 80 frutos para el árbol JA 7A y el menor valor de 5 frutos para el árbol JA 37. Además, una planta debe producir aproximadamente por cosecha alrededor de 15 a 25 frutos, es decir por año entre 30 y 50 frutos. (Elías 2018).

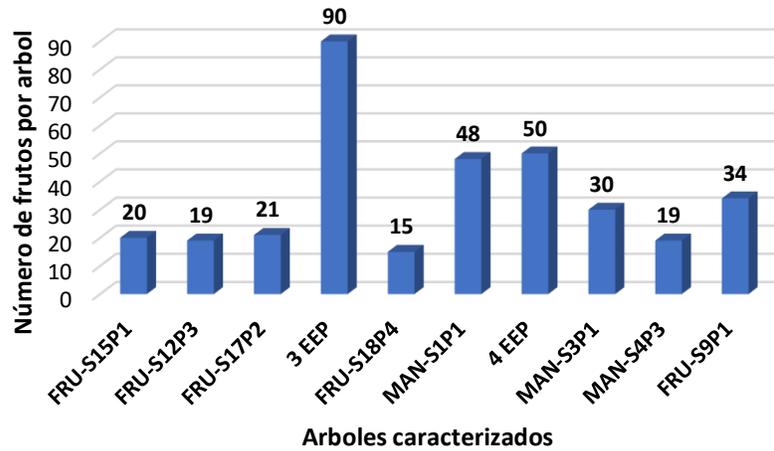


Figura 12. Numero de frutos por árbol.

Número de cojinetes florales por metro lineal

En cuanto a la variable número de cojinetes florales el árbol FRU-S18P4 presento el mayor valor con 68 cojinetes florales mientras, que el MAN-S4P3 presento el menor valor con 17 (Figura 13), encontrando un promedio de 35 cojinetes florales, con una desviación estándar de 15.97 y un coeficiente de variación de 0.45 (Anexo 4). Al revisar el plano cartesiano del análisis multivariante (Figura 31), reporta al árbol FRU-S18P4 y FRU-S9P1 con los mayores valores de 68 y 56 cojinetes florales respectivamente. Además, los resultados obtenidos están en el rango de lo mencionado por López y Lovo (2019), en el cual el número de cojinetes por metro lineal están en un rango de 23 a 66 y un máximo de 74.

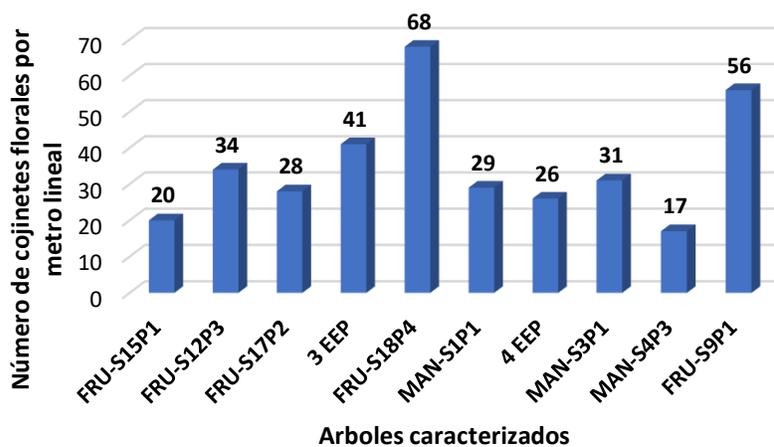


Figura 13. Número de cojinetes florales por metro lineal.

Número de flores por cojinete

Con respecto a la variable número de flores por cojinete el árbol FRU-S18P4 presentó el mayor valor con 7 flores por cojinete mientras, que el MAN-S4P3 con el menor valor con 1 (Figura 14), encontrando un valor promedio de 3.70 flores por cojinete, con una desviación estándar de 1.82 y un coeficiente de variación de 0.49 (Anexo 4). Al revisar el plano cartesiano del análisis multivariante (Figura 31), reporta al árbol FRU-S18P4 como el mayor valor con 7 flores por cojinete. Agregado a eso, el 90% de los valores se encuentran por debajo del promedio mencionado por López y Guardado (2017), los cuales presentaron un promedio de 7 flores por cojinete floral en árboles de cacao.

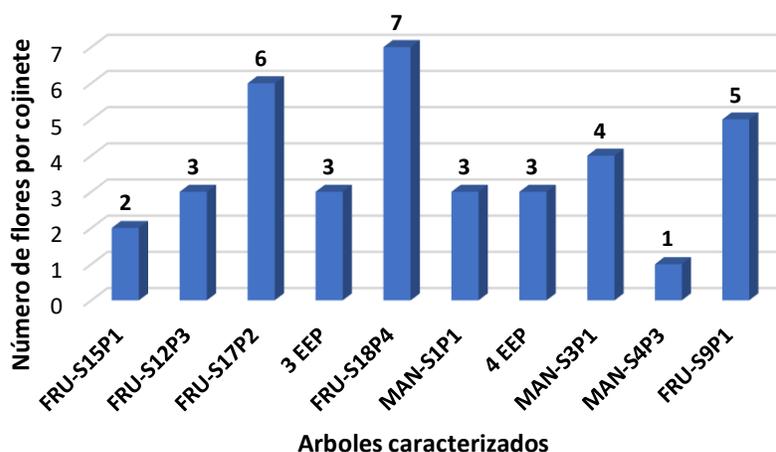


Figura 14. Número de flores por cojinete.

Longitud del peciolo

Con respecto a la variable longitud del peciolo los árboles FRU-S18P4 y FRU-S9P1 presentaron el mayor valor con 4 cm mientras, que el FRU-S15P1 presentó el menor valor con 1.8 cm (Figura 15), encontrando un valor promedio de 2.56 cm, con una desviación estándar de 0.82 y un coeficiente de variación de 0.32 (Anexo 5). Agregado a eso, los valores obtenidos se encuentran en los rangos mencionados por Mora (2012), el largo del peciolo de 1.8-2.7 cm, aunque el 30% está por encima del rango.

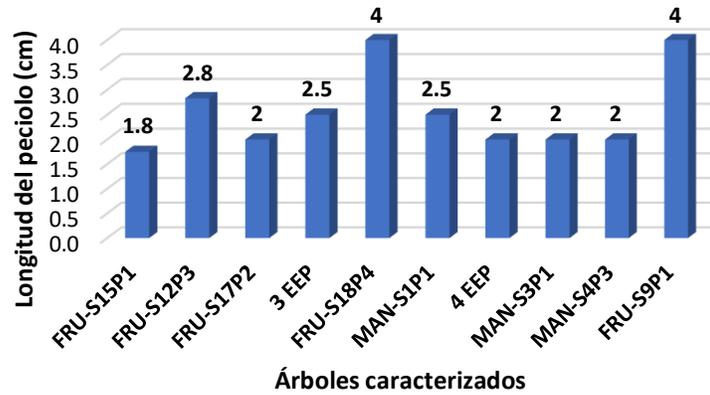


Figura 15. Longitud del peciolo.

Ancho y longitud de la hoja

Al analizar el ancho de la hoja el MAN-S1P1 presento el mayor valor con 12.30 cm mientras, que el FRU-S17P2 con el menor valor con 8 cm (Figura 16), encontrando un valor promedio de 9.38 cm, una desviación estándar de 1.11 y un coeficiente de variación de 0.11 (Anexo 5). Además, los valores obtenidos se encuentran en los rangos mencionados por Mora (2012), el ancho de la hoja es de 10.7-13.4 cm.

Para la variable longitud de hoja el MAN-S1P1 presento el mayor valor con 34.16 cm mientras, que el 4 EEP con el menor valor con 23 cm (Figura 16), encontrando un valor promedio de 28.15 cm, una desviación estándar de 3.33 y un coeficiente de variación de 0.11 (Anexo 5). Agregado a eso, los valores obtenidos se encuentran en los rangos mencionados por Mora (2012), para el largo de la hoja que es de 30.4-38 cm.

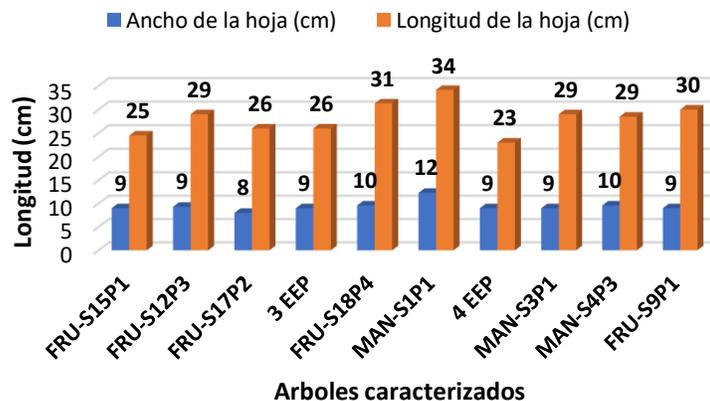


Figura 16. Ancho y longitud de la hoja.

Longitud desde la base hasta el punto más ancho de la hoja (BPA)

En cuanto a la variable (BPA) el árbol MAN-S1P1 presentó el mayor valor con 17.60 cm mientras, que el 3 EEP y 4 EEP presentaron el menor valor con 12 cm (Figura 17), encontrando un valor promedio de 15.04 cm, con una desviación estándar de 2.07 y un coeficiente de variación de 0.13 (Anexo 5). Además, los resultados obtenidos están dentro del rango en los clones evaluados por CATIE (2016), el mayor largo de hoja desde la base hasta el punto más ancho lo reportó el clon ICS-95 T1 con 17.6 cm y el clon CATIE R-1 con el valor mínimo de 11.3 cm.

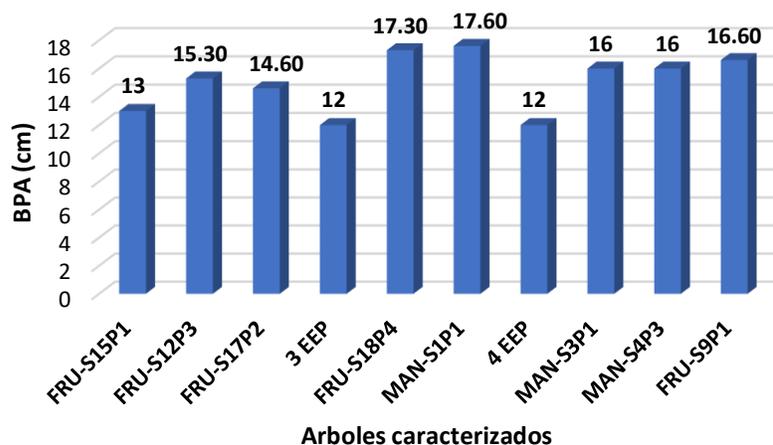


Figura 17. Longitud desde la base hasta el punto más amplio de la hoja (BPA).

Longitud y diámetro de fruto

Para la variable longitud de fruto el árbol FRU-S9P1 presentó el mayor valor con 18.20 cm mientras, que el MAN-S4P3 presentó el menor valor con 12 cm (Figura 18), encontrando un valor promedio de 14.26 cm, con una desviación estándar de 2.0 y un coeficiente de variación de 0.14 (Anexo 6). Agregado a eso, con relación a las longitudes máximas y mínimas de los frutos se coincide con lo reportado por Vargas (1995), quien encontró que la mayor longitud de mazorca en el árbol 004 con 20 cm y la menor longitud la presentó el árbol 126 con 11.17 cm.

Con respecto a la variable diámetro de fruto el árbol FRU-S15P1 presentó el mayor valor con 8.17 cm mientras, que el FRU-S17P2 presentó el menor valor 3.84 cm (Figura 18), encontrando un valor promedio de 6.39 cm, con una desviación estándar de 1.37 y un coeficiente de variación de 0.21 (Anexo 6). Al revisar el plano cartesiano del análisis multivariante (Figura 31), reporta al árbol FRU-S15P1 con el mayor valor de diámetro de fruto con 8.17 cm respectivamente. También, los resultados

obtenidos son congruentes con los encontrados por Lopez y Mejia (2018), encontraron diámetros en el cual el 100% de los frutos se encuentra en el rango 5.73-10.52 cm.

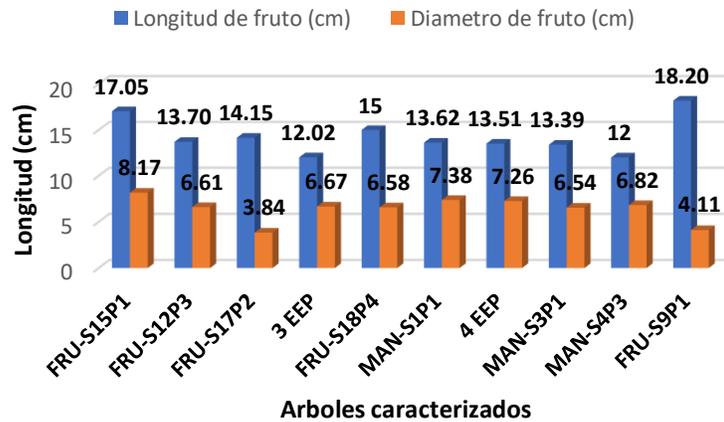


Figura 18. Longitud y diámetro de fruto.

Relación Largo diámetro (L/D) de fruto

En cuanto a la relación largo diámetro de fruto el árbol FRU-S9P1 presento el mayor valor con 4.43 cm mientras, que el MAN-S4P3 presento el menor valor con 1.76 cm (Figura 19), encontrando un valor promedio de 2.38 cm, con una desviación estándar de 0.91 y un coeficiente variación de 0.38 (Anexo 6). Al revisar el plano cartesiano del análisis multivariante (Figura 31), reporta al árbol FRU-S9P1 con el mayor valor de relación largo diámetro de fruto con 4.43 respectivamente. Además, los resultados obtenidos el 80% coinciden con los mencionados por Gutierrez et al (2018), con valores en relación Largo diámetro del fruto de 1.6 cm a máximo de 3 cm en cacao criollo.

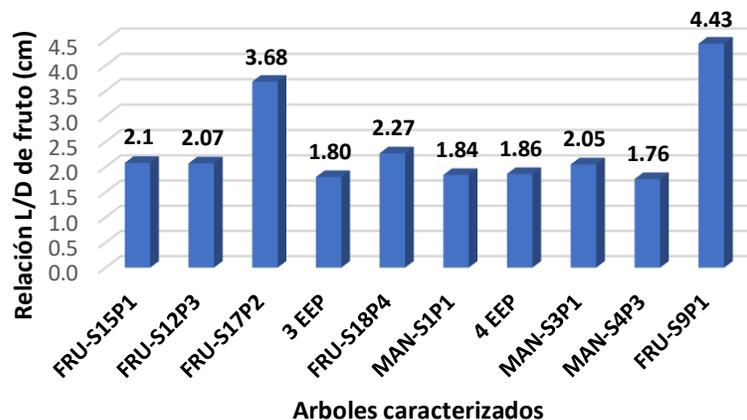


Figura 19. Relación Largo/Diámetro de fruto.

Espesor de caballete de fruto y profundidad de surco del fruto

Para la variable espesor de caballete de fruto el árbol FRU-S15P1 presento el mayor valor con 1.45 cm mientras, que el FRU-S12P3 presento el menor valor con 0.96 cm (Figura 20), encontrando un valor promedio de 1.17 cm, con una desviación estándar de 0.18 y un coeficiente variación de 0.15 (Anexo 6). También, los resultados se encuentran en el rango mencionado por Ayesta Villega (2009), en sus estudios de caracterización en Nicaragua, indicando que el espesor vario entre 0.77 cm para el árbol ID-269 y 2.97 cm en el árbol ID-298.

En cuanto a la variable profundidad de surco del fruto el árbol FRU-S18P4 presento el mayor valor con 0.65 cm mientras, que el FRU-S9P1 presento el menor valor con 0.16 cm (Figura 20), encontrando un valor promedio de 0.36 cm, con una desviación estándar de 0.13 y un coeficiente variación de 0.37 (Anexo 6). También, los resultados obtenidos están en el rango mencionado por López y Lovo (2019), en el cual el valor máximo de profundidad de surco en el fruto es 0.7 cm para el árbol JA 21A y el menor con 0.10 cm JA 12A.

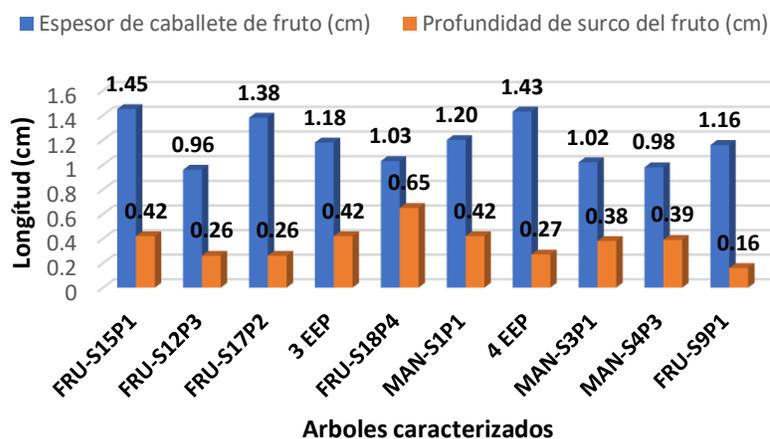


Figura 20. Espesor de caballete de fruto y profundidad de surco del fruto.

Peso de fruto

En cuanto al peso de fruto el árbol FRU-S15P1 presento el mayor valor con 509 g mientras, que el MAN-S4P3 presento el menor valor con 179 g (Figura 21), encontrando un valor promedio de 289.05 g, con una desviación estándar de 94.41 y un coeficiente variación de 0.33 (Anexo 6). Al revisar el plano cartesiano del análisis multivariante (Figura 31), reporta al árbol FRU-S15P1 como el mayor valor de peso de fruto con 509 g respectivamente. Además, los resultados obtenidos están dentro del rango establecido por Dostert *et al.* (2012), quienes en los muestreos realizados encontraron pesos de frutos de cacao entre 200 y 1,000 g.

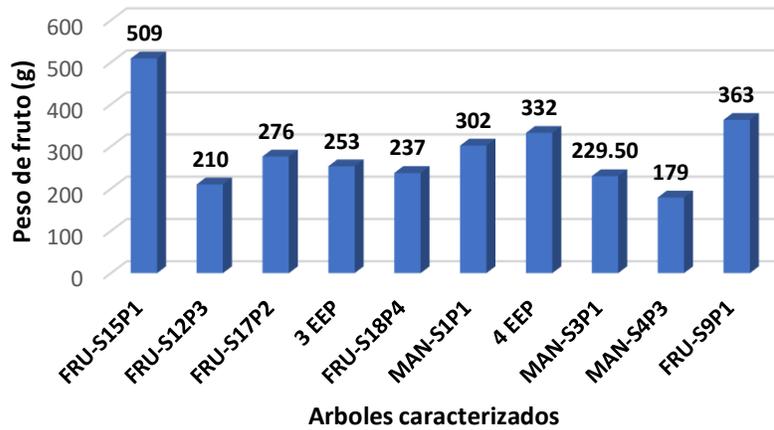


Figura 21. Peso de fruto.

Peso de semilla más mucílago por fruto

En cuanto al peso de semilla más mucílago el árbol FRU-S15P1 presentó el mayor valor con 108 g mientras, que el FRU-S12P3 presentó el menor valor con 29 g (Figura 22), encontrando un valor promedio de 67.90 g, con una desviación estándar de 24.27 y un coeficiente de 0.35 (Anexo 6). Los datos están influenciados por el número de semillas y el grado de madurez de cada fruto dado que al momento de la colecta no todos los árboles tenían frutos maduros. Además, los resultados obtenidos el 50% se encuentran en el rango mencionado por Guerra (2009), con resultados en clones como el EET-62 con 75.2 gr como mínimo y en el clon ICS-6 con un valor de 202 gr de peso de semilla más mucílago.

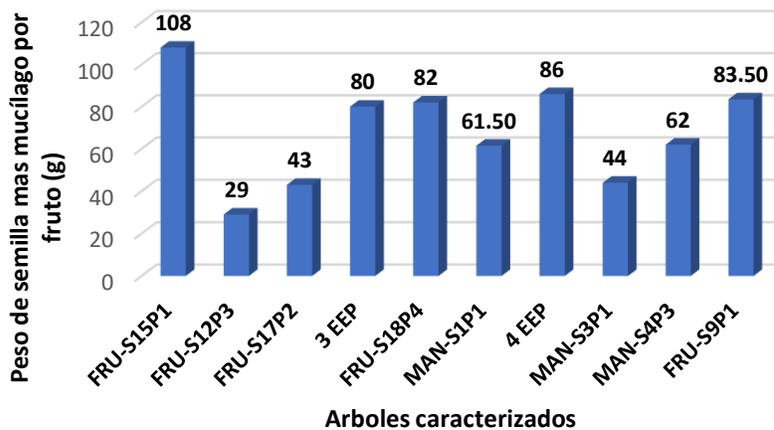


Figura 22. Peso de semilla más mucílago por fruto.

Peso total de semilla sin mucílago por fruto y peso total de mucílago por fruto

Para la variable peso total de semilla sin mucílago por fruto el árbol FRU-S9P1 presento el mayor valor con 57 g mientras, que el FRU-S17P2 presento el menor valor con 15 g (Figura 23), encontrando un valor promedio de 31.9 g, con una desviación estándar de 13.51 y un coeficiente de variación de 0.42 (Anexo 6).

En cuanto a la variable peso total de mucílago por fruto el árbol FRU-S15P1 presento el mayor valor con 68 g mientras, que el FRU-S12P3 presento el menor valor con 12.5 g (Figura 23), encontrando un valor promedio de 36 g, con una desviación estándar de 18.69 y un coeficiente de variación de 0.51 (Anexo 6). Al revisar el plano cartesiano del análisis multivariante (Figura 31), reporta al árbol FRU-S15P1 como el mayor valor de peso de mucilago con 68 g respectivamente. También, los resultados obtenidos coinciden con los encontrados por Hernández *et al.* (2011), en el cual el peso de mucílago por mazorca es de 25.10 g a un máximo de 28.33 g.

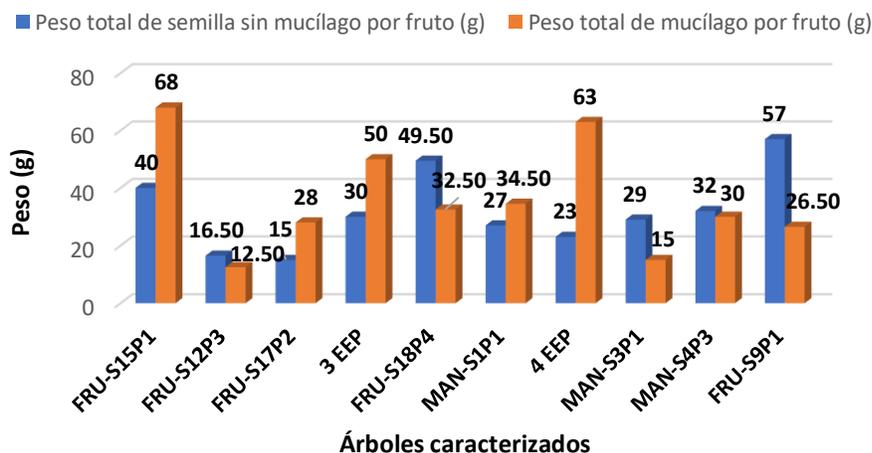


Figura 23. Peso total de semilla sin mucílago por fruto (g) y peso total de mucílago por fruto (g)

Número de semillas por fruto

En la variable número de semilla por fruto el árbol FRU-S9P1 presento el mayor valor con 38 semillas por fruto mientras, que el FRU-S12P3 presento el menor valor con 22 (Figura 24), encontrando un valor promedio de 29 semillas por fruto, con una desviación estándar de 5.05 y un coeficiente de variación de 0.17 (Anexo 6). Al revisar el plano cartesiano del análisis multivariante (Figura 31), reporta al árbol FRU-S9P1 con el mayor valor de numero de semillas por fruto con 38 semillas respectivamente. Agregado a eso, los resultados coinciden con lo reportado por López y Guardado (2017), quienes reportaron que el árbol Santa Clara 2 obtuvo un valor máximo de 57 semillas por fruto

y el árbol Arcatao 2 con un valor mínimo de 12 semillas, los demás árboles tenían entre 18 y 56 semillas.

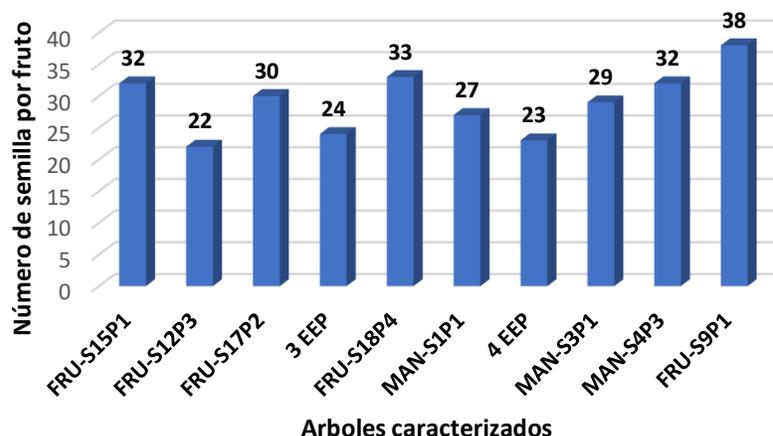


Figura 24. Número de semillas por fruto.

Número de semillas vanas por fruto

En cuanto a la variable número de semillas vanas por fruto el árbol FRU-S12P3 presentó el mayor valor con 12 mientras, que el FRU-S15P1, 3 EEP presentaron el menor valor con 1 semilla vana por fruto (Figura 25), encontrando un valor promedio de 4.8 semillas vanas por fruto, con una desviación estándar de 3.64 y un coeficiente de variación de 0.75 (Anexo 6). Al revisar el plano cartesiano del análisis multivariante (Figura 31), reporta al árbol FRU-S15P1 como el menor valor de número de semillas vanas con un valor de 1 respectivamente. Los resultados coinciden con lo encontrados por Gutierrez *et al.* (2018), con cacao criollos con un número de semillas vanas de 0 a 9.

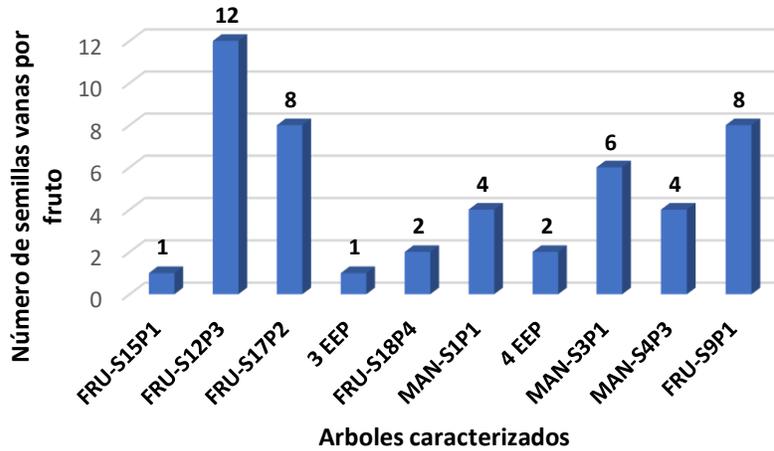


Figura 25. número de semillas vanas por fruto.

Peso fresco de semilla

Para este variable peso fresco de semilla el árbol FRU-S18P4 y FRU-S9P1 presentaron el mayor valor con 1.5 g mientras, que el FRU-S17P2 presento el menor valor con 0.5 g (Figura 26), encontrando un valor promedio de 1.08 g, con una desviación estándar 0.31 y un coeficiente de variación de 0.29 (Anexo 7). Además, los resultados obtenidos solo el 80% coincide con lo mencionado por López y Guardado (2017), en su investigación encontraron valores mínimos de peso de semilla para el árbol UES-PDP-19 de 0.95 g y máximo de 3.18 g para el árbol UES-SAL-4.

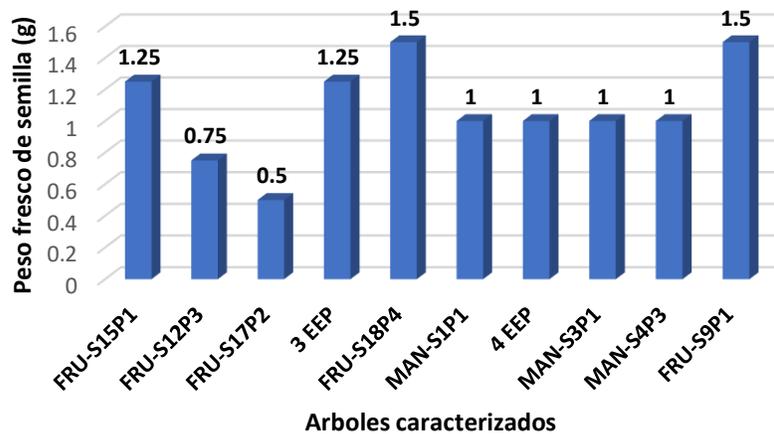


Figura 26. Peso fresco de semilla.

Espesor de semilla

En la variable espesor de semilla el árbol FRU-S18P4 presento el mayor valor con 0.98 cm mientras, que el MAN-S3P1 presento el menor valor con 0.55 cm (Figura 27), encontrando un valor promedio de 0.78 cm, con una desviación estándar de 0.13 y un coeficiente de variación de 0.17 (Anexo 7). Al revisar el plano cartesiano del análisis multivariante (Figura 31), reporta al árbol FRU-S18P4 con el mayor valor de espesor de semilla con 0.98 cm respectivamente. Agregado a eso, los resultados obtenidos coinciden con los mencionados por López y Guardado (2017), en su investigación encontraron un máximo espesor de semilla de 1.18 cm y un mínimo grosor de semilla de 0.21 cm, los demás valores oscilan entre 0.46 y 1.09 cm.

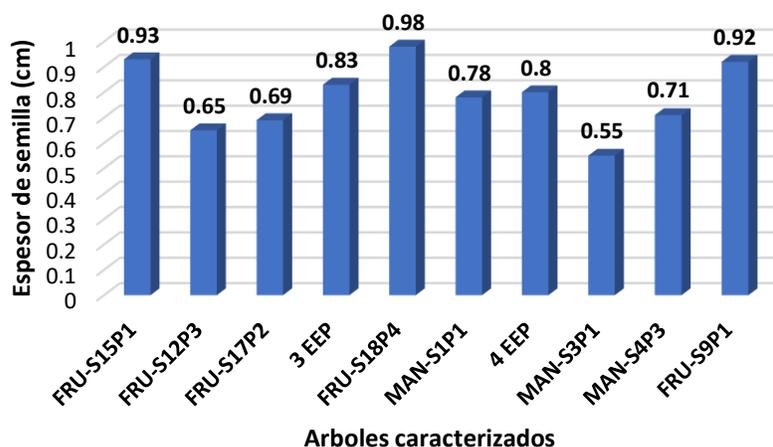


Figura 27. Espesor de semilla.

Diámetro y longitud de semilla

En cuanto a la variable diámetro de semilla el árbol FRU-S15P1 presento el mayor valor con 1.25 cm mientras, que el FRU-S1P2 presento el menor valor con 0.84 cm (Figura 28), encontrando un valor promedio de 1.09 cm, con una desviación estándar de 0.13 y un coeficiente de variación de 0.12 (Anexo 7). Además, los resultados obtenidos el 50% está por encima del rango mencionado por Mora (2012), el cual encontró que los valores para el diámetro de la semilla se encuentran en un rango de 0.80 a 1.1 cm.

Para la variable longitud de semilla el árbol FRU-S9P1 presento el mayor valor con 2.25 cm mientras, que el FRU-S12P3 presento el menor valor con 1.77 cm (Figura 28), encontrando un valor promedio de 2.01 cm, con una desviación estándar de 0.17 y un coeficiente de variación de 0.08 (Anexo 7). Al revisar el plano cartesiano del análisis multivariante (Figura 31), reporta al árbol FRU-S9P1 con el

mayor valor de longitud de semilla con 2.25 cm respectivamente. Además, los resultados obtenidos coinciden con los mencionados por López y Guardado (2017), en su investigación encontraron una longitud máxima de 2.66 cm y una mínima con 1.52 cm.

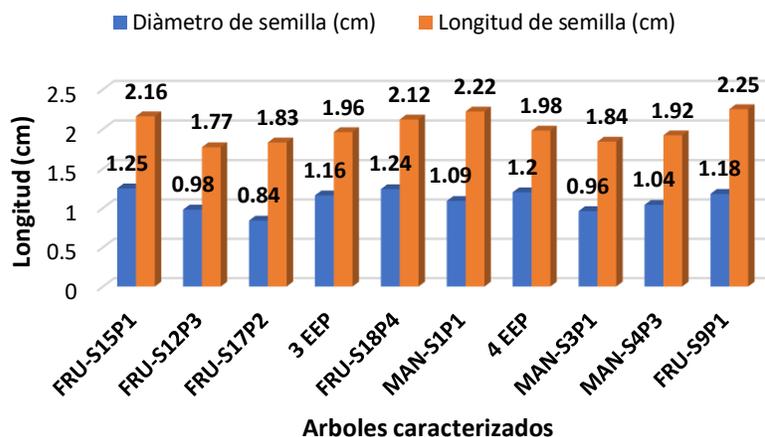


Figura 28. Diámetro y longitud de semilla.

7.2.3. Análisis de conglomerados

Se construyó un dendrograma que muestra el proceso de agrupamiento entre los arboles con características similares y aquellos arboles con características siempre similares entre ellos, pero diferentes respecto a los otros conglomerados (Figura 29). En el cual se formaron 7 agrupamientos o 7 conglomerados con una distancia euclídea de 5.56 con un coeficiente de correlación cofenética de 0.828.

Dendrograma

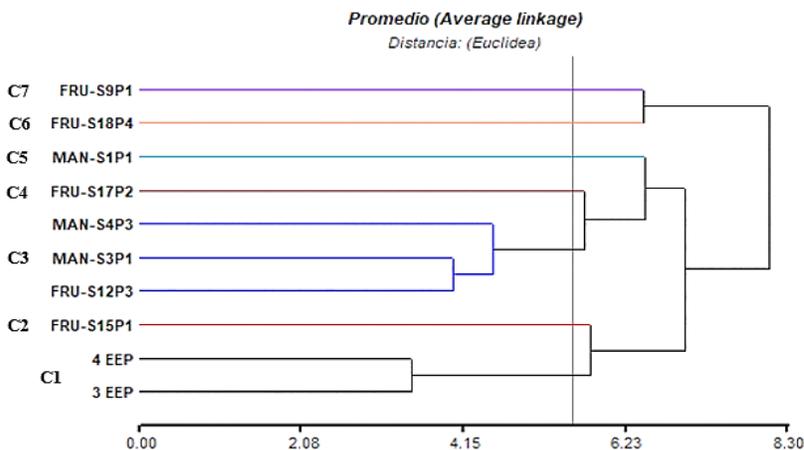


Figura 29. Dendrograma de promedio.

El conglomerado 1 (C1)

Está formado por los árboles 3 EEP y 4 EEP, en los que están incluidos por poseer similitudes en las variables de frutos como el peso de semilla más mucílago por fruto, peso total de mucílago por fruto, de los menores número de semillas vanas por fruto, siendo de los mayores en el número de frutos por árbol y de los mejores en el número de flores por cojinetes.

El conglomerado 2 (C2)

Está formado por el árbol FRU-S15P1, en las características de semilla fue el mayor diámetro de semilla, en las características de fruto tuvo el mayor peso de fruto, siendo el mayor peso de semilla más mucílago por fruto, así como el mayor peso total de mucílago por fruto.

El conglomerado 3 (C3)

Está formado por los árboles FRU-S12P3, MAN-S3P1 y MAN-S4P3, en los que están incluidos por poseer similitudes en las variables número de cojinetes florales por metro lineal, en el número de flores por cojinete y el número de frutos por árbol.

El conglomerado 4 (C4)

Está formado por el árbol FRU-S17P2, el menor peso fresco de semilla, el menor diámetro de semilla.

El conglomerado 5 (C5)

Está formado por el árbol MAN-S1P1, en las características de la hoja es el mayor valor en el ancho de hoja, con la mayor longitud de hoja y el mayor en longitud desde la base hasta el punto más amplio (BPA).

El conglomerado 6 (C6)

Está formado por el árbol FRU-S18P4, es el mayor valor de todos los árboles en el espesor de semilla, en el número de cojinetes florales por metro lineal, el mayor número de flores por cojinete y es el menor valor en la variable número de frutos por árbol.

El conglomerado 7 (C7)

Está formado por el árbol MAN-S9P1, con el mayor valor en longitud de semilla, uno de los mayores valores en la variable peso fresco de semilla, la mayor longitud de fruto, el mayor peso total de semilla sin mucílago por fruto y el mayor número de semillas por fruto.

7.2.4. Análisis de componentes principales

Aplicando este método de análisis por componentes en la caracterización morfoagronómica de 10 árboles de cacao el componente 1 representa el 31.72% de la variación total y el componente 2 el 24.09% de la variación total representando una acumulación tenemos un 55.81% de la variación total. Además, tomando el criterio que la variación total no debe ser menor al 50% y de acuerdo al resultado obtenido es aceptable trabajar con dos componentes. (cuadro 7).

Cuadro 7. Sumatoria de componentes principales.

Principal components analysis

Summary	Scatter plot	Scores	Loadings plot	Loadings	Scree plot
PC	Eigenvalue	% variance			
1	7.93107	31.724			
2	6.02318	24.093			
3	3.76944	15.078			
4	2.64381	10.575			
5	1.83919	7.3568			
6	1.19483	4.7793			
7	0.776974	3.1079			
8	0.62663	2.5065			
9	0.194884	0.77954			

Gráfico de sedimentación

Según el gráfico de sedimentación es viable trabajar dos componentes principales o nuevas variables (Figura 30).

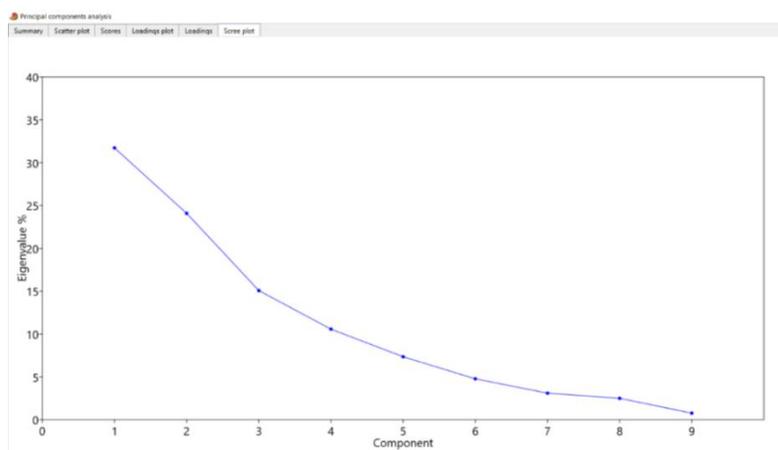


Figura 30. Gráfico de sedimentación.

Matriz factorial

Según la matriz factorial se puede visualizar cuales variables corresponden a cada componente (Cuadro 8).

Cuadro 8. Matriz factorial.

Principal components analysis

Summary	Scatter plot	Scores	Loadings plot	Loadings	Scree plot	PC 1	PC 2	PC 3	PC 4	PC 5	PC 6	PC 7	PC 8	PC 9
ANH		0.061684	0.016528	0.3831	0.0019528	0.42063	0.22531	0.015787	-0.21139	-0.059947				
LH		0.060393	0.27826	0.31401	-0.013222	0.23813	0.11549	-0.016288	-0.019524	0.24707				
LP		0.2117	0.27109	0.069752	0.062478	-0.20149	0.0068647	0.25448	-0.27669	-0.032865				
BPA		0.04546	0.33246	0.19849	-0.13098	0.23324	0.052499	-0.09237	0.11698	-0.16733				
PF		0.19889	-0.17857	-0.25528	-0.048177	0.29622	0.05159	0.23631	0.15712	0.31208				
LF		0.23956	0.10252	-0.27427	-0.073783	0.19512	-0.068311	0.33991	0.149	0.14888				
DF		0.013097	-0.27594	0.29023	-0.19884	0.097946	-0.041543	0.3316	0.12661	-0.11966				
R (L/D) F		0.1029	0.24297	-0.3576	0.13694	0.056649	-0.0077112	-0.14313	-0.070853	0.13964				
PSMF		0.29222	-0.21437	-0.064262	-0.078573	-0.034311	-0.062095	-0.083434	-0.020001	-0.090695				
PTSSM		0.31732	0.10142	0.016604	-0.075037	-0.052965	-0.29183	-0.068976	0.14362	0.0031353				
PTMF		0.15008	-0.35161	-0.095429	-0.047785	-0.0062701	0.13027	-0.058476	-0.12976	-0.12001				
NSPF		0.21036	0.18801	-0.14454	-0.18738	0.10351	-0.233	-0.43055	0.23803	0.048675				
EC		0.07691	-0.24194	-0.31437	0.052023	0.16091	0.37309	-0.087503	0.0075284	-0.068598				
PS		0.094642	-0.048042	0.31109	-0.31335	-0.2442	0.27435	-0.1317	0.28914	0.35953				
NSV		-0.17434	0.28065	-0.13772	0.090998	0.13484	-0.13108	0.38639	-0.17899	0.075186				
LS		0.32281	-0.0043868	0.048581	-0.005842	0.28193	0.084424	-0.066729	-0.098955	0.026756				
DS		0.29957	-0.16176	0.090558	-0.05566	-0.090494	-0.086991	0.23323	-0.1312	-0.27197				
ES		0.32111	-0.052411	-0.044451	-0.12176	-0.10525	0.11935	0.042103	-0.34894	0.14244				
PFS		0.32002	0.0016179	0.1252	-0.0026169	-0.14864	-0.25547	0.056267	0.10745	0.042067				
AA		0.25802	0.096188	0.08801	0.30771	0.097858	-0.033719	-0.29451	-0.21373	-0.33401				
AFH		0.12853	0.015789	0.076781	0.47017	0.19724	0.21565	0.14254	0.4332	-0.04049				
DA		0.037531	-0.17847	0.15779	0.4408	-0.058975	-0.32436	0.06211	0.29198	-0.068159				
NFA		0.042071	-0.19249	0.13554	0.46065	-0.12105	0.049196	-0.17663	-0.20514	0.51687				
NCFPL		0.21105	0.22744	0.061805	0.092439	-0.36192	0.13513	0.20437	-0.010681	0.12242				
NFPC		0.0977	0.21635	-0.14123	0.074636	-0.30962	0.51412	0.043491	0.25581	-0.30256				

Plano cartesiano

Gráfico de análisis de componentes principales

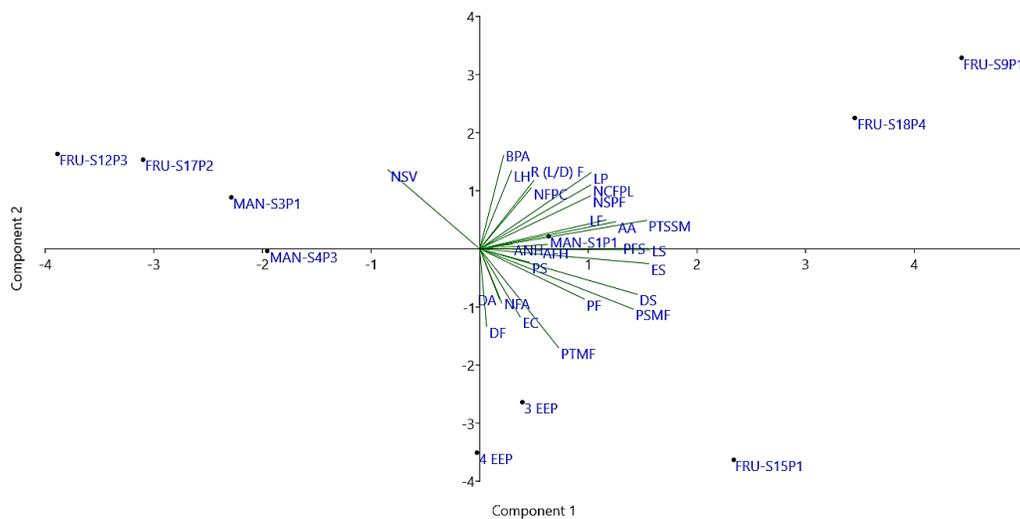


Figura 31. Plano cartesiano de la distribución de componentes.

7.2.5. Análisis de correlación

En el cuadro 9, se observa la magnitud de la asociación entre las variables, identificando los que están muy asociados y significativos estadísticamente con un nivel de significancia de ($P < 0.05$) y un coeficiente de Pearson de ($R \geq 0.7$) (Correlación alta) y las que no lo son (correlaciones bajas y no significativa).

Cuadro 9. Correlaciones y significancia de variables morfológicas cuantitativas.

Variable (1)	Variable (2)	N	Pearson r	p-valor
Peso de fruto (g)	Longitud de fruto (cm)	10	0.73	0.0167
	Peso de semilla más mucílago por fruto (g)	10	0.72	0.0193
	Peso total de mucílago por fruto (g)	10	0.7	0.0283
Peso de semilla más mucílago por fruto (g)	Longitud de semilla (cm)	10	0.72	0.0178
	Diámetro de semilla (cm)	10	0.9	0.0004
	Espesor de semilla (cm)	10	0.84	0.0021
	Peso fresco de semilla (cm)	10	0.73	0.016
	Peso total de mucílago por fruto (g)	10	0.83	0.0028
Numero de semillas por fruto	Peso total de semilla sin mucílago por fruto (g)	10	0.79	0.0068
Longitud de semilla (cm)	Diámetro de semilla (cm)	10	0.73	0.0171
	Espesor de semilla (cm)	10	0.79	0.0060
	Peso fresco de semilla (cm)	10	0.73	0.0165
Diámetro de semilla (cm)	Espesor de semilla (cm)	10	0.85	0.0018
	Peso fresco de semilla (cm)	10	0.85	0.0017
Numero de cojinetes florales por metro lineal	Numero de flores por cojinete	10	0.73	0.016
Espesor de caballete de fruto (cm)	Peso de fruto (g)	10	0.77	0.0094

Los resultados mostraron correlaciones en un rango que va de 0.7 a 0.9, al analizar la matriz de correlación (cuadro 9), se observó que existen correlaciones altamente significativas, en relación a la variable peso de semilla más mucílago por fruto (g) tiene una elevada correlación con diámetro de semilla (cm) con $r=0.9$ y $\alpha=0.0004$, lo que indica si aumenta el peso de semilla más mucílago por fruto (g), aumenta el diámetro de semilla (cm).

Las correlaciones que resultaron ser altamente significativas fueron diámetro de semilla (cm) con espesor de semilla (cm) con $r=0.85$ y $\alpha=0.0018$; diámetro de semilla (cm) con peso fresco de semilla

(cm) con $r=0.85$ y $\alpha=0.0017$; peso de semilla más mucílago por fruto (g) con peso total de mucílago por fruto (g) $r=0.83$ y $\alpha=0.0028$; número de semillas por fruto con peso total de semilla sin mucílago por fruto (g) con $r=0.79$ y $\alpha=0.0060$; espesor de caballete de fruto (cm) con peso de fruto (g) con $r=0.77$ y $\alpha=0.0094$. Esto indica que al aumentarse una dimensión la otra aumenta en el mismo sentido, siendo estadísticamente significativo ($\alpha \leq 0.05$). la menor correlación se encontró peso de fruto (g) con peso total de mucílago por fruto (g) con $r=0.7$ y $\alpha=0.0283$ las demás correlaciones con menores valores oscilan entre $r=0.72$ y $r=0.73$.

7.2.6. Análisis de proyección

Las proyecciones se hicieron considerando que en una manzana de terreno ($7,000 \text{ m}^2$) se siembran 777 árboles de cacao y usando el número de frutos encontrados en cada uno de los 10 árboles de cacao caracterizados en la Estación Experimental y de Prácticas, para después convertirlos a manzana. También, se tomó como referencia un valor real de cada árbol de la cantidad de frutos para producir 1 Kg de cacao seco y se obtuvieron las proyecciones siguientes para cada árbol (Cuadro 10).

Cuadro 10. Proyección de producción de cacao en la EEP.

Árbol	Numero de frutos por Mz	Kg de cacao seco por Mz	Quintales de cacao seco por Mz
FRU-S15P1	15540	366.74	8.07
FRU-S12P3	14763	143.72	3.16
FRU-S17P2	16317	144.41	3.18
3 EEP	69930	1237.76	27.23
FRU-S18P4	11655	340.38	7.49
MAN-S1P1	37296	594.13	13.07
4 EEP	38850	527.19	11.60
MAN-S3P1	23310	398.83	8.77
MAN-S4P3	14763	278.73	6.13
FRU-S9P1	26418	888.44	19.55

En la figura 32, se puede observar de manera más detalla la producción de cacao seco según el número de frutos obtenidos. Considerando los datos reportados en el censo agropecuario 2007-2008 para la hacienda San José Real de la Carrera, localizada en el departamento de Usulután. con un área cultivada de 240 manzanas de cacao produciendo un rendimiento promedio de 4.5 qq/mz, con una plantación de una edad de 30 a 40 años. También los datos del anuario estadísticas agropecuarias del ministerio de agricultura y ganadería (MAG), que reporta una producción de 7,988 quintales con una superficie de 10,332 manzanas y un rendimiento de 5.7 qq/mz. Tomando como referencia lo anterior,

podríamos mencionar que los arboles de cacao establecidos en la Estación Experimental y de Practicas pueden considerarse como altamente productivos, ya que se estima que la producción de grano seco ronda desde los 3.16 hasta los 27.23 qq/mz por cosecha.

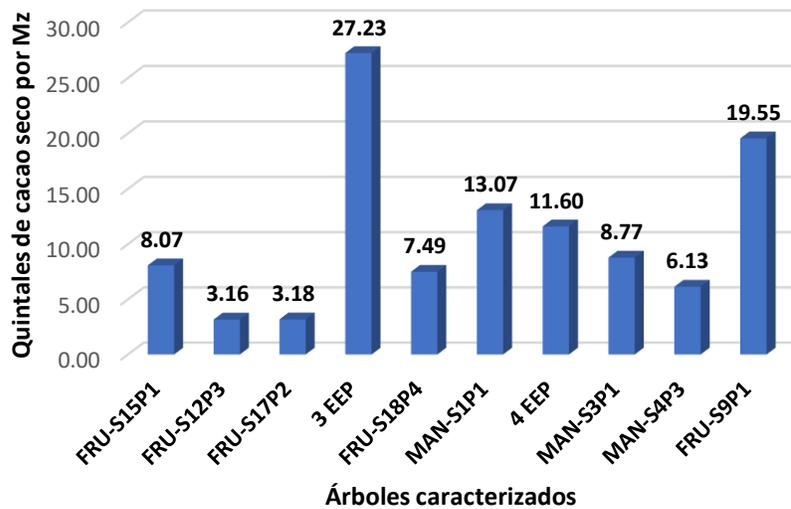


Figura 32. Quintales de cacao seco por manzana.

VIII. Conclusiones

Se encontraron 7 árboles con semillas de color violeta (MAN-S1P1, FRU-S15P1, MAN-S3P1, MAN-S4P3, FRU-S18P4, FRU-S17P2 y FRU-S9P1) y el resto (3 árboles) con semillas de color blanco cremoso siendo este un color típico de cacao con genotipo criollo.

De acuerdo a los resultados obtenidos, se encontraron características productivas deseables por los árboles 3 EEP y 4 EEP por presentar los mayores valores en cuanto a: diámetro del árbol, número de frutos, peso total de mucílago por fruto y peso fresco de semilla. Además, siendo los menores valores en el número de semillas vanas por fruto.

La caracterización en especies vegetales permite tomar la decisión para la selección y propagación asexualmente en aquellos árboles con características sobresalientes y que sean deseables para la producción de cada una de las especies.

XI. Recomendaciones

Realizar la propagación vegetativa asexual y establecer parcelas con fines de producción de los árboles FRU-S9P1, MAN-S1P1, 4 EEP y 3 EEP por poseer los mejores rendimientos en la proyección estimada.

Hacer un análisis molecular para conocer con certeza el porcentaje de características de cacao criollo que tiene los árboles seleccionados.

Formar un banco de germoplasma con los árboles de mayor potencial para la producción.

IX. Bibliografía

- Ayesta Villega, ED. 2009. Caracterización morfológica de cien árboles promisorios de (*Theobroma cacao* L) en Waslala, RAAN (En línea). Tesis. Ing. Agr. Managua, NI, UNA. 68 p. Consultado 1 oct. 2022. Disponible en <https://repositorio.una.edu.ni/2109/1/tnf30a977.pdf>.
- Bartley, D. 1989. Manejo de Germoplasma de Cacao (en línea). Turrialba. IICA. s.p. Consultado 1 abr. 2023. Disponible en <https://books.google.com/sv/books?id=wbdCxx>.
- Batista, L. 2009. Guía Técnica El Cultivo del Cacao (en línea). Santo Domingo, DO. CEDAF. 232 p. Consultado 15 de ago. 2022. Disponible en <http://www.cedaf.org.do/publicaciones/guias/download/cacao.pdf>
- Braudeav, J. 1970. El cacao: técnicas agrícolas y producciones tropicales. Barcelona, ES. Colección agricultura tropical. 297 p.
- Cadena cacao. 2016. Cadena del cacao El Salvador (En línea). Consultado 08 ago. 2022. Disponible en <https://cadenaacacaoca.info/region/elsalvador/#:~:tex%B3n%20nacional%20de,es%20Honduras%20y%20Estados%20Unidos>.
- Castro, CS. 1987. Manual de cultivo del cacao. Estación Experimental Tropical Pichilingue, Quevedo, Ecuador. 102 p.
- CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Costa Rica). 2016. Catálogo de clones de cacao seleccionados por el CATIE para siembras comerciales (en línea). Turrialba, Costa Rica. 70 p. Consultado 1 oct. 2022. Disponible en https://www.worldcocoafoundation.org/wp-content/uploads/files_mf/philippsmora2012clones4.64mb.pdf?fbclid=IwAR395Qw2QzIWJCRn76d2dsOY5Nv7T4M3pnDTfW6vKnWqTfDIkh_k-QTM178.
- Denys, H. 1962. El Cultivo de cacao y algunos trabajos y observaciones llevados a cabo en El Salvador. Tesis. Ing. Agr. San Salvador, SV. UES. consultado 17 ago. 2022. Disponible en <https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/21053/1/13100501.pdf>.
- Díaz Cruz, A. 2013. Caracterización física de calidad en almendras de plantas de cacao (*Theobroma cacao* L) en Huehuetan, Chiapas. Tesis Ingeniero en Ciencias Agrarias. Huehuetan, Chiapas, Universidad Autonoma Agraria Antonio Narro (Centro Académico Regional Chiapas). 68 p.
- Dostert, N; Roque, J; Cano, A; Torre, M; Weigend, M. 2012. Hoja Botánica: Cacao. Trad Luebert, F. Lima, Perú. 19 p.
- Duarte Hernández, D. 2014. Caracterización Morfoagronómica de 26 materiales regionales e introducidos de cacao (*Theobroma cacao* L) en San Vicente Chucuri, Santander. Tesis. Ing. A. CO. UFPS. 139 p.
- Dubón, A. 2011. Manual de producción de cacao. Lima, Cortéz, Honduras. FHIA. 208 p.

- Elias, L. 2018. Aspectos y curiosidades del cacao (En línea). Consultado 20 sept. 2022. Disponible en <https://vivaelcacao.com/deshojando-el-cacaotero-aspectos-y-curiosidades-del-arbol-de-cacao/>.
- Estrada, WJ; Romero Castellano, XG; Moreno Peraza, JA. 2011. Guía técnica del cultivo de cacao manejado con técnicas agroecológicas (en línea). San Salvador, El Salvador. 22 p. Consultado 16 ago. 2022. Disponible en http://infocafes.com/portal/wp-content/uploads/2015/12/Estrada_et_al_Guia_Tecnica_Cacao.pdf.
- Fowler, R. 1952. Características del Cacao Nacional. Turrialba. Costa Rica. p. 161-165.
- García Carrión, LF. 2012. Catálogo de cultivares del cacao del Perú (en línea). Lima, PE. Consultada 8 sep. 2022. Disponible en http://www.regionhuanuco.gob.pe/grde/.../cultivares_2012.pdf.
- Graziani de Fariñas, L; Ortiz de Bertorelli, L; Angulo, J; Parra, P. 2002. Características físicas de la mazorca de cacaos tipos criollo, forastero y trinitario de la localidad de cumboto, Venezuela. Aragua, UCV. s.p. Consultado 1 oct. 2022. Disponible en http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0002-192X2002000300006.
- Guerra Sutuj, G. 2009. 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. Suchitepéquez, Guatemala, Universidad de San Carlos Guatemala. 100p. Consultado 1 oct. 2022. Disponible en <http://www.repositorio.usac.edu.gt/9002/1/TRABAJO%20GRADUACION%20Gilberto%2000110840.pdf>.
- Gutiérrez, CY. 2009. Análisis de Comercio del cacao en El Salvador (En línea). Consultado 16 ago. 2022. Disponible en <http://www.frutal-es.com/uploads/Cacao.pdf>.
- Gutiérrez Hernández, BE. 2011. “Estudio Agronómico y Físicoquímico de los eco tipos de cacao cultivados en los Municipios de Izalco y Nahuilingo, en el Departamento de Sonsonate en El Salvador” (En línea). Tesis. Ing. Alimentos. Antiguo Cuscatlán, SV. UMD. 116 p. Consultado 21 ago. 2022. Disponible en <https://webquery.ujmd.edu.sv/siab/bvirtual/BIBLIOTECA%20VIRTUAL/TESIS/04/IAL/ADT/ESGE0001258.pdf>.
- Guitierrez, O; Santamaria, R; Garcia, C; Espinoza, L; Guillermo, M. 2018. Variacion morfológica de frutos y semillas de cacao (Theobroma cacao L) de plantaciones de Tabasco, Mexico (En línea). Tabasco, Mexico. 125p. Consultado 21 sep. 2022. Disponible en <https://www.redalyc.org/journal/610/61059020003/html/>.

- Hernández, A; Reinaldo, M; Rojas, O; Priscilla, K. 2011. Estudio del mucílago de cacao (*Theobroma cacao* L.) Con fines de aprovechamiento industrial y artesanal, en Barlovento, estado Miranda (En línea). Tesis.ing.Quim. Miranda, Venezuela, Universidad central de Venezuela. 101p. Consultado 1 oct. 2022. Disponible en <http://saber.ucv.ve/bitstream/10872/17334/1/TEG%20Hernandez%20R%20y%20Rojas%20P.pdf>.
- IICA (Instituto Interamericano de cooperación para agricultura, CR). 1957. Manual del cultivo de cacao. Turrialba, Costa Rica. OEA. 233 p.
- IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, CR) 2017. Manual técnico del cultivo de cacao: prácticas latinoamericanas (en línea). San José, Costa rica. 143p. Consultado 14 jul. 2022. Disponible en <https://repositorio.iica.int/handle/11324/6181>.
- INIA (Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, Venezuela). 2005. Descriptor de Caracteres Morfológicos en Cacao. Campo Experimental de San Juan Lagunillas-Mérida. Venezuela. Basado en Engels, et al (1980).
- IPGRI (International Plant Genetic Resources Institute, IT). 2000. Descriptores para los cítricos. Citrus spp. (En línea). Roma, IT. IPGRI. 75p. Consultado 14 ago. 2022. Disponible en https://www.biodiversityinternational.org/fileadmin/user_upload/Descriptores_para_los_citricos_Citrus_539.pdf.
- López Hernández, JA; Ortiz Mejía, FN. 2018. Caracterización morfoagronómica del cacao (*Theobroma cacao* L.) y su incidencia en la selección de germoplasma promisorio en áreas de presencia natural en El Salvador (En línea). Tesis. Ing. Agr. San Salvador, El Salvador. Universidad de El Salvador. 145 p. Consultado 1 oct. 2022. Disponible en <https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/19026/1/13101680.pdf>.
- López, M; Guardado Deras, EC. 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 (En línea). Tesis. Ing. Agr. San Salvador, El Salvador. UES. 179p. Consultado el 1 oct. 2022. Disponible en <https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/920/1/13100407.pdf>.
- López, WV; Lovo, LM. 2019. Caracterización morfoagronómica in situ de cacao criollo (*Theobroma cacao* L.) en el Cantón Cangrejera, municipio de Izalco, Departamento de Sonsonate, El Salvador (En línea). Tesis. Ing. Agr. San Salvador, El Salvador. UES. 195p. Consultado 1 oct. 2022. Disponible en <https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/19762/1/13101700.pdf>.

- MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería, El Salvador). 2021. Oferta exportable de productos agropecuarios (en línea). San Salvador, El Salvador. 63p. Consultado 14 jul. 2022. Disponible en <https://www.mag.gob.sv/wp-content/uploads/2021/09/OFERTA-EXPORTABLE-DE-PRODUCTOS-AGROPECUARIOS.pdf>.
- Malespín, M. 1982. El cacao (*Theobroma cacao* L.). Revista IICA. 1(2):35-45.
- Medina, ZC. 1950. Informe final sobre el cultivo del cacao. Tesis especialista en cacao. Costa Rica. Turrialba. 40 p.
- 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 el 30 abr. 2022. Disponible en <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/18444>.
- Montesinos, EC. 2012. Caracterización de la cadena Agroproductiva de cacao en El Salvador (En línea). Santa Tecla, El Salvador. MAG. 71p. Consultado 16 ago. 2022. Disponible en <http://repiica.iica.int/docs/B4134e/B4134e.pdf>.
- Mora, WP; Leal, AA; Quirós, AM. 2012. Catálogo de clones de cacao. CATIE. Turrialba, CR. 70 p.
- Navarro Marroquín, IS; Castro Galdámez, KL; Arriaza Fuentes, CA. 2008. Identificación, selección y caracterización de clones de marañón (*Anacardium occidentale*) con alto potencial genético de producción, en la Cooperativa ACOPASMA, cantón Tierra Blanca, Chirilagua, departamento de San Miguel (En línea). Tesis Ing. Agr. San Salvador, SV, UES. 174 p. Consultado 17 ago. 2022. Disponible en <https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/920/1/13100407.pdf>
- Phillips, W. 2012. Cacao Cultura Moderna. CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigaciones y Enseñanzas). Turrialba, Costa Rica. 68 p.
- Possu, W. 2011. Caracterización Morfológica de árboles elite de cacao (*Theobroma cacao* L) En el municipio de Tumaco, Nariño, Colombia (En línea). Tesis. Msc. Nariño, Colombia. UDENAR. Consultado 16 ago. 2022. Disponible en <https://sired.udenar.edu.co/2953/1/86414.pdf>.
- Ramírez Díaz, RA. 2011. Estudio Agromorfológico y Físicoquímico de Ecotipos de Cacao Cultivados en los Municipios de: Candelaria de La Frontera, Ciudad Arce, Coatepeque, Huizucar, Jayaque, y El Paisnal. Tesis. Ingeniero Agr. Antiguo Cuscatlán, ES. Universidad Dr. José Matías Delgado. p. 20-83.
- Ramos Pérez, DM. 1994. Determinación de Materiales Promisorios de cacao (*Theobroma cacao* L) en la hacienda cooperativa “La Carrera,” Usulután. Tesis. Ing. Agr. San Salvador, SV. UES. 65 p.
- Rodríguez, JE. 2013. Tecnología moderna en la producción de cacao (en línea). San José, Costa Rica. 68p. Consultado 05 de feb. 2023. Disponible en <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/a00359.pdf>.

- Rojas, JC; Olgún, U; Cruz, Reynaldo. 2012. Manual del cultivo de cacao blanco de Piura. Primera edición Piura, Perú, septiembre 2012. Hecho el depósito legal en la Biblioteca Nacional del Perú. 60 p.
- Sanchez, JA; Dubon, A. 1994. Establecimiento y manejo de cacao con sombra. CATIE. Turrialba, CR. 81p.
- Sari, AI; Susilo, AW. (2011). Indikasi Pengaruh Xenia pada Tanaman Kakao (*Theobroma cacao* L) (en línea). Pelita Perkebunanis, p. 181-190. Consultado 1 oct. 2022. Disponible en <https://www.ccrjournal.com/index.php/ccrj/article/download/155/pdf>.
- Torres Calderón, EE. 2007. Identificación y caracterización in situ de germoplasma de mamey (*Mammea americana* L) con potencial genético en zonas productoras de El Salvador (En línea). Tesis Ing. Agr. San Salvador, SV, UES. 128 p. Consultado 17 ago. 2022. Disponible <https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/1831/1/13100161.pdf>.
- Torres Gutiérrez, LA. 2012. Manual de producción de cacao fino de aroma a través de manejo ecológico. Tesis. Ing. Agr. Cuenca, Ecuador. 141 p.
- Vargas, T. 1995. Caracterización Fenotípica de cacao nacional de la colección la Buseta de la zona de Tenguel. Tesis. Ing. Agr. Guayaquil, EC. Universidad Agraria del Ecuador. 38 p.
- Wiegel, J; Del Rio, M; Gutiérrez, J; Claros, L; Sanchez, D; Gomez, L; Gonzales, C; Reyes, B. 2020. Sistema de Mercado de Cacao en El Salvador: Oportunidades para Apoyar la Renovación y la Rehabilitación (En línea). Cali, Colombia, CIAT. 17p. Consultado 09 ago. 2022. Disponible en https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/108188/El%20Salvador%20cacao_Espa%C3%B1ol_Final.pdf?sequence=2&isAllowed=y.
- Wood, GA.1982. Cacao. México, D.F. México. Editorial Continental. 363 p.
- Zambrano Pazmiño, LA. 2010. Establecimiento, manejo y capacitación en vivero de cacao (*Theobroma cacao*. L) utilizando dos tipos de injertos en la comunidad de Naranjal II del cantón Quinde, Provincia de Esmeraldas (en línea). Tesis Ing. Agr. MANABI, EC. UTEMA. 92 p. Consultado 6 ago. 2022. Disponible en http://cadenacacaoca.info/CDOC-Deployment/documentos/Establecimiento_vivero_utilizando_dos_tipos_de_injertos.pdf.
- Zuñiga Cernades, L. 2012. Manual práctico del cultivo de cacao en El Salvador, 1 ed. MAG-CENTA/ IICA. La libertad, SA. 86 p.

X. Anexos

Cuadro A 1. Catálogo de árboles de cacao criollo por semilla.

<p>FRU-S15P1</p>	<p>Ubicación: Estación Experimental y de Prácticas de la Facultad 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. Lote de Frutales, Surco 15, Planta 1.</p>
	<p>Datos de árbol: Horqueta presente, altura del árbol 1.77 m, altura de formación de horqueta 0.62 m, diámetro a 15 cm de la base 6.7 cm, número de frutos 20, número de cojinetes por metro lineal 20, número de flores por cojinete 2.</p>
	<p>Datos de hojas: Forma de la base obtusa, forma del ápice apiculado, color del brote terminal marrón, pubescencia en el brote terminal ausente, ancho de la hoja 9 cm, longitud de la hoja 24.5 cm, longitud del peciolo 1.75 cm, BPA 13 cm.</p>
	<p>Datos de frutos: Color inmaduro verde ligero, color maduro amarillo naranja, forma del fruto ovado, constricción basal intermedio, forma del ápice apezonado, rugosidad de la cascara intermedia, dureza de la cascara fuerte. peso del fruto 509 g, longitud del fruto 17.05 cm, diámetro del fruto 8.17 cm, relación (L/D) 2.1 cm, peso de semillas con mucilago 108 g, peso de semillas sin mucilago 40 g, peso de mucilago 68 g, número de semillas por fruto 32, espesor de caballete 1.45 cm, profundidad del surco 0.42 cm, número de semillas vanas 1.</p>
	<p>Datos de semillas: Forma de la semilla corte longitudinal irregular, forma de la semilla corte transversal Aplanada, color del cotiledón violeta, color de la pulpa blanco, longitud de la semilla 2.16 cm, diámetro de la semilla 1.25 cm, espesor de la semilla 0.93 cm, peso de semilla 1.25 g.</p>

FRU-S12P3

Ubicación: Estación Experimental y de Prácticas de la Facultad 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.
Lote de Frutales, Surco 12, Planta 3.



Datos de árbol: Horqueta presente, altura del árbol 1.47 m, altura de formación de horqueta falsa 0.54 m, diámetro a 15 cm de la base 6.53 cm, número de frutos 19, número de cojinetes por metro lineal 34, número de flores por cojinete 3.



Datos de hojas: Forma de la base aguda, forma del ápice apiculado, color del brote terminal verde claro, pubescencia en el brote terminal incipiente, ancho de la hoja 9.3 cm, longitud de la hoja 29 cm, longitud del peciolo 2.83 cm, BPA 15.3 cm.



Datos de frutos: Color inmaduro verde ligero, color maduro amarillo intermedio, forma del fruto ovado, constricción basal ligero, forma del ápice apezonado, rugosidad de la cascara intermedia, dureza de la cascara suave.
peso del fruto 210 g, longitud del fruto 13.7 cm, diámetro del fruto 6.61 cm, relación (L/D) 2.07 cm, peso de semillas con mucilago 29 g, peso de semillas sin mucilago 16.5 g, peso de mucilago 12.5 g, número de semillas por fruto 22, espesor de caballete 0.96 cm, profundidad del surco 0.26 cm, número de semillas vanas 12.



Datos de semillas: Forma de la semilla corte longitudinal irregular, forma de la semilla corte transversal intermedia, color del cotiledón blanco cremoso, color de la pulpa blanco, longitud de la semilla 1.77 cm, diámetro de la semilla 0.98 cm, espesor de la semilla 0.65 cm, peso de semilla 3 g.

<p>FRU-S17P2</p>	<p>Ubicación: Estación Experimental y de Prácticas de la Facultad 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. Lote de Frutales, Surco 17, Planta 2</p>
	<p>Datos de árbol: Horqueta presente, altura del árbol 1.80 m, altura de formación de horqueta 0.62 m, diámetro a 15 cm de la base 4.89 cm, número de frutos 21, número de cojinetes por metro lineal 28, número de flores por cojinete 6.</p>
	<p>Datos de hojas: Forma de la base aguda, forma del ápice apiculado, color del brote terminal rojo medio, pubescencia en el brote terminal intermedia, ancho de la hoja 8 cm, longitud de la hoja 26 cm, longitud del peciolo 2 cm, BPA 14.6 cm.</p>
	<p>Datos de frutos: Color inmaduro verde ligero, color maduro amarillo naranja ligero, forma del fruto oblongo, constricción basal intermedio forma del ápice apezonado, rugosidad de la cascara intermedia dureza de la cascara suave. Peso del fruto 276 g, Longitud del fruto 14.15 cm, Diámetro del fruto 3.84 cm, Relación (L/D) 3.68 cm, Peso de semillas con mucilago 43 g, Peso de semillas sin mucilago 15 g, Peso de mucilago 28 g, Número de semillas por fruto 30, Espesor de caballete 1.38 cm, Profundidad del surco 0.26 cm, Número de semillas vanas 8.</p>
	<p>Datos de semillas: Forma de la semilla corte longitudinal irregular, forma de la semilla corte transversal aplanada, color del cotiledón violeta, color de la pulpa blanco, longitud de la semilla 1.83 cm, diámetro de la semilla 0.84 cm, espesor de la semilla 0.69 cm, peso de semilla 2 g.</p>

3 EEP

Ubicación: Estación Experimental y de Prácticas de la Facultad 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.
Lote de La Bomba, árbol 3 Estación Experimental y de Prácticas.



Datos de árbol: Horqueta presente, altura del árbol 2.67 m, altura de formación de horqueta 1.04 m, diámetro a 15 cm de la base 9.67 cm, número de frutos 90, número de cojinetes por metro lineal 41, número de flores por cojinete 3.



Datos de hojas: Forma de la base obtusa, forma del ápice apiculado, color del brote terminal verde claro, pubescencia en el brote terminal intermedia, ancho de la hoja 9 cm, longitud de la hoja 26 cm, longitud del peciolo 2.5 cm, BPA 12 cm.



Datos de frutos: Color inmaduro verde ligero, color maduro amarillo naranja ligero, forma del fruto ovado, constricción basal ligero, forma del ápice apezonado, rugosidad de la cascara intermedia, dureza de la cascara suave.

peso del fruto 253 g, longitud del fruto 12.02 cm, diámetro del fruto 6.67 cm, relación (L/D) 1.80 cm, peso de semillas con mucilago 80 g, peso de semillas sin mucilago 30 g, peso de mucilago 50 g, número de semillas por fruto 24, espesor de caballete 1.18 cm, profundidad del surco 0.42 cm, número de semillas vanas 1.



Datos de semillas: Forma de la semilla corte longitudinal ovada, forma de la semilla corte transversal intermedia, color del cotiledón blanco cremoso, color de la pulpa blanco, longitud de la semilla 1.96 cm, diámetro de la semilla 1.16 cm, espesor de la semilla 0.83 cm, peso de semilla 1.25 g.

<p>FRU-S18P4</p>	<p>Ubicación: Estación Experimental y de Prácticas de la Facultad 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. Lote de Frutales, Surco 18, Planta 4.</p>
	<p>Datos de árbol: Horqueta presente, altura del árbol 2.60 m, altura de formación de horqueta 0.7 m, diámetro a 15 cm de la base 5.65 cm, número de frutos 15, número de cojinetes por metro lineal 68, número de flores por cojinete 7.</p>
	<p>Datos de hojas: Forma de la base obtusa, forma del ápice apiculado, color del brote terminal rojo medio, pubescencia en el brote terminal intermedia, ancho de la hoja 9.6 cm, longitud de la hoja 31.3 cm, longitud del peciolo 4 cm, BPA 17.3 cm.</p>
	<p>Datos de frutos: Color inmaduro verde ligero, color maduro amarillo intermedio, forma del fruto ovado, constricción basal fuerte, forma del ápice apezonado, rugosidad de la cascara intermedia, dureza de la cascara fuerte. peso del fruto 237 g, longitud del fruto 15 cm, diámetro del fruto 6.58 cm, relación (L/D) 2.28 cm, peso de semillas con mucilago 82 g, peso de semillas sin mucilago 49.5 g, peso de mucilago 32.5 g, número de semillas por fruto 33, espesor de caballete 1.03 cm, profundidad del surco 0.65 cm, número de semillas vanas 2.</p>
	<p>Datos de semillas: Forma de la semilla corte longitudinal irregular, forma de la semilla corte transversal aplanada, color del cotiledón violeta, color de la pulpa blanco, longitud de la semilla 2.12 cm, diámetro de la semilla 1.24 cm, espesor de la semilla 0.98 cm, peso de semilla 6 g.</p>

MAN-S1P1

Ubicación: Estación Experimental y de Prácticas de la Facultad 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.
Lote de mango Panades, Surco 1, Planta 1.



Datos de árbol: Horqueta presente, altura del árbol 3.01 m, altura de formación de horqueta 1.41 m, diámetro a 15 cm de la base 7.30 cm, número de frutos 48, número de cojinetes por metro lineal 29, número de flores por cojinete 3.



Datos de hojas: Forma de la base aguda, forma del ápice agudo, color del brote terminal marrón, pubescencia en el brote terminal intermedia, ancho de la hoja 12.3 cm, longitud de la hoja 34.16 cm, longitud del peciolo 2.5 cm, BPA 17.6 cm.



Datos de frutos: Color inmaduro verde ligero, color maduro amarillo naranja, forma del fruto ovado, constricción basal intermedio, forma del ápice apezonado, rugosidad de la cascara intermedia, dureza de la cascara intermedia.

Peso del fruto 302 g, Longitud del fruto 13.62 cm, Diámetro del fruto 7.38 cm, Relación (L/D) 1.85 cm, Peso de semillas con mucilago 61.5 g, Peso de semillas sin mucilago 33.75 g, Peso de mucilago 27.75 g, Número de semillas por fruto 27, Espesor de caballete 1.2 cm, Profundidad del surco 0.42 cm, Número de semillas vanas 4.



Datos de semillas: Forma de la semilla corte longitudinal irregular, forma de la semilla corte transversal intermedia, color del cotiledón violeta, color de la pulpa blanco, longitud de la semilla 2.22 cm, diámetro de la semilla 1.09 cm, espesor de la semilla 0.78 cm, peso de semilla 4 g.

4 EEP

Ubicación: Estación Experimental y de Prácticas de la Facultad 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.
Lote de La Bomba, árbol 4 Estación Experimental y de Prácticas.



Datos de árbol: Horqueta presente, altura del árbol 2.47 m, altura de formación de horqueta falsa 1.07 m, diámetro a 15 cm de la base 8.62 cm, número de frutos 50, número de cojinetes por metro lineal 26, número de flores por cojinete 4.



Datos de hojas: Forma de la base obtusa, forma del ápice apiculado, color del brote terminal verde claro, pubescencia en el brote terminal intermedia, ancho de la hoja 9 cm, longitud de la hoja 23 cm, longitud del peciolo 2 cm, BPA 12 cm.



Datos de frutos: Color inmaduro verde ligero, color maduro amarillo ligero, forma del fruto ovado, constricción basal ligero, forma del ápice apezonado, rugosidad de la cascara intermedia, dureza de la cascara suave.
Peso del fruto 332 g, Longitud del fruto 13.51 cm, Diámetro del fruto 7.26 cm, Relación (L/D) 1.86 cm, Peso de semillas con mucilago 86 g, Peso de semillas sin mucilago 23 g, Peso de mucilago 63 g, Número de semillas por fruto 23, Espesor de caballete 1.43 cm, Profundidad del surco 0.27 cm, Número de semillas vanas 2.



Datos de semillas: Forma de la semilla corte longitudinal ovada, forma de la semilla corte transversal intermedia, color del cotiledón blanco cremoso, color de la pulpa blanco, longitud de la semilla 1.98 cm, diámetro de la semilla 1.2 cm, espesor de la semilla 0.8 cm, peso de semilla 1 g.

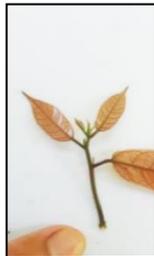
<p>MAN-S3P1</p>	<p>Ubicación: Estación Experimental y de Prácticas de la Facultad de Ciencias Agronómicas, cantón Tecualuya, San Luis Talpa, La Paz, con coordenadas geográficas; 13°28'3" Latitud Norte, 89°05'8" Longitud Oeste y una elevación de 50 metros sobre el nivel del mar. Lote de mango Panades, Surco 3, Planta 1.</p>
	<p>Datos de árbol: Horqueta presente, altura del árbol 2.01 m, altura de formación de horqueta 1.26 m, diámetro a 15 cm de la base 8.90 cm, número de frutos 30, número de cojinetes por metro lineal 31, número de flores por cojinete 4.</p>
	<p>Datos de hojas: Forma de la base aguda, forma del ápice apiculado, color del brote terminal verde claro, pubescencia en el brote terminal intermedia, ancho de la hoja 9 cm, longitud de la hoja 29 cm, longitud del peciolo 2 cm, BPA 16 cm.</p>
	<p>Datos de frutos: Color inmaduro verde ligero, color maduro amarillo intenso, forma del fruto ovado, constricción basal intermedio, forma del ápice apezonado, rugosidad de la cascara intermedia, dureza de la cascara intermedia. peso del fruto 229.5 g, longitud del fruto 13.39 cm, diámetro del fruto 6.54 cm, relación (L/D) 2.05 cm, peso de semillas con mucilago 44 g, peso de semillas sin mucilago 29 g, peso de mucilago 15 g, número de semillas por fruto 29, espesor de caballete 1.02 cm, profundidad del surco 0.38 cm, número de semillas vanas 6.</p>
	<p>Datos de semillas: Forma de la semilla corte longitudinal irregular, forma de la semilla corte transversal, intermedia, color del cotiledón violeta, color de la pulpa blanco, longitud de la semilla 1.84 cm, diámetro de la semilla 0.96 cm, espesor de la semilla 0.55 cm, peso de semilla 4 g.</p>

MAN-S4P3

Ubicación: Estación Experimental y de Prácticas de la Facultad 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.
Lote de mango Panades, Surco 4, Planta 3.



Datos de árbol: Horqueta presente, altura del árbol 2.19 m, altura de formación de horqueta 1.22 m, diámetro a 15 cm de la base 6.58 cm, número de frutos 19, número de cojinetes por metro lineal 17, número de flores por cojinete 1.



Datos de hojas: Forma de la base aguda, forma del ápice apiculado, color del brote terminal marrón, pubescencia en el brote terminal intermedia, ancho de la hoja 9.6 cm, longitud de la hoja 28.5 cm, longitud del peciolo 2 cm, BPA 16 cm.



Datos de frutos: Color inmaduro verde ligero, color maduro amarillo naranja, forma del fruto ovado, constricción basal intermedio, forma del ápice apezonado, rugosidad de la cascara intermedia, dureza de la cascara intermedia.
peso del fruto 179 g, longitud del fruto 12 cm, diámetro del fruto 6.82 cm, relación (L/D) 1.76 cm, peso de semillas con mucilago 62 g, peso de semillas sin mucilago 32 g, peso de mucilago 30 g, número de semillas por fruto 32, espesor de caballete 0.98 cm, profundidad del surco 0.39 cm, número de semillas vanas 4.



Datos de semillas: Forma de la semilla corte longitudinal irregular, forma de la semilla corte transversal intermedia, color del cotiledón violeta, color de la pulpa blanco, longitud de la semilla 1.92 cm, diámetro de la semilla 1.04 cm, espesor de la semilla 0.71 cm, peso de semilla 4 g.

FRU-S9P1

Ubicación: Estación Experimental y de Prácticas de la Facultad 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.
Lote de Frutales, Surco 9, Planta 1.



Datos de árbol: Horqueta presente, altura del árbol 3.73 m, altura de formación de horqueta falsa 1.3 m, diámetro a 15 cm de la base 7.75 cm, número de frutos 34, número de cojinetes por metro lineal 56, número de flores por cojinete 5.



Datos de hojas: Forma de la base Aguda, Forma del ápice Apiculado, Color del brote terminal Marrón, Pubescencia en el brote terminal incipiente, Ancho de la hoja 9 cm, Longitud de la hoja 30 cm, Longitud del peciolo 4 cm, BPA 16.6 cm.



Datos de frutos: Color inmaduro verde ligero, color maduro amarillo ligero forma del fruto oblongo, constricción basal fuerte, forma del ápice apezonado, rugosidad de la cascara fuerte, dureza de la cascara intermedia.

Peso del fruto 363 g, Longitud del fruto 18.2 cm, Diámetro del fruto 4.11 cm, Relación (L/D) 0.44 cm, Peso de semillas con mucilago 83.5 g, Peso de semillas sin mucilago 57 g, Peso de mucilago 26.5 g, Número de semillas por fruto 38, Espesor de caballete 1.16 cm, Profundidad del surco 0.16 cm, Número de semillas vanas 8



Datos de semillas: Forma de la semilla corte longitudinal ovada, forma de la semilla corte transversal aplanada, color del cotiledón violeta, color de la pulpa blanco, longitud de la semilla 2.25 cm, diámetro de la semilla 1.18 cm, espesor de la semilla 0.92 cm, peso de semilla 6 g.

Cuadro A 2. Registro para recopilar las características cualitativas de los árboles de cacao.

		 UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE CIENCIA AGRONOMICA DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA 											
Cuadro de registro para recopilar las características fenotípicas de los árboles de cacao													
Elaborada por: Ing. Agr. Erick Christopher Guardado Deras													
1. DATOS DE PASAPORTE													
Nombre del investigador:		_____					Fecha de recopilación: _____						
Datos de ubicación satelital:		_____					Nombre del lugar _____						
Departamento:		_____					Municipio: _____						
Edad de la plantación:		_____					Metros sobre el nivel del mar (m s. n. m.) _____		Tipo de propagación: _____				
2. Características de los árboles													
		Números de árboles											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Características Cualitativas	Árbol	Código de la aceción											
	Árbol	Horqueta											
	Hoja	Color brote terminal de la hoja											
		Forma del apice											
		Pubescencia en los brotes terminales											
		Forma de la base											
	Fruto	Color de fruto inmaduro											
		Color del fruto maduro											
		Forma del fruto											
		Apice del fruto											
		Construcción basal del fruto											
		Rugosidad de la cascara											
	Semilla	Dureza de la cascara											
		Color de cotiledon											
		Color de la pulpa											
Forma de corte longitudinal de la semilla													
		Forma de corte transversal de la semilla											

Cuadro A 3. Registro para recopilar las características cuantitativas de los árboles de cacao.

		 UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE CIENCIA AGRONOMICA DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA										
		Cuadro de registro para recopilar las características fenotípicas de los árboles de cacao										
		Elaborada por: Ing. Agr. Erick Christopher Guardado Deras										
		1. DATOS DE PASAPORTE										
Nombre del investigador:		_____					Fecha de recopilación: _____					
Datos de ubicación satelital:		_____					Nombre del lugar _____					
Departamento:		_____					Municipio: _____					
Edad de la plantación:		_____					Metros sobre el nivel del mar (m s. n. m.) _____		Tipo de propagación: _____			
		2. Características de los árboles										
		Números de árboles										
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Características Cuantitativas	Árbol	Código de la accesión										
	Árbol	Altura del Árbol (cm)										
		Altura de formación de horqueta (cm)										
		Número de flores por cojinete										
		Número cojinetes florales por metro lineal										
		Número de frutos por árbol										
		Dímetro a los 15 cm de la base del suelo (cm)										
	Hoja	Ancho de la hoja (cm)										
		Longitud de la hoja (cm)										
		Longitud del peciolo (cm)										
		BPA1 (cm)										
	Fruto	Peso de fruto (g)										
		Longitud de fruto (cm)										
		Dímetro de fruto (cm)										
		Relación L/D del fruto (cm)										
		Peso de semilla mas mucilago por fruto (g)										
		Peso total de semilla sin mucilago por fruto (g)										
		Peso de mucilago por fruto (g)										
		Número de semillas por fruto										
		Espesor de caballete de fruto (cm)										
Profundidad de surco del fruto (cm)												
Número de semillas vanas por fruto												
Semilla	Longitud de semilla (cm)											
	Dímetro de semilla (cm)											
	Espesor de semilla (cm)											
	Peso fresco de semilla (g)											

Cuadro A 4. Cuadro de las características cuantitativas del árbol de Cacao.

Árbol	Altura del Árbol (m)	Altura de formación de horqueta (m)	Diámetro del árbol a los 15 cm de la base del suelo (cm)	Número de frutos por árbol	Número de cojinetes florales por metro lineal	Número de flores por cojinete
FRU-S15P1	1.77	0.62	6.70	20	20	2
FRU-S12P3	1.47	0.54	6.53	19	34	3
FRU-S17P2	1.80	0.62	4.89	21	28	6
3 EEP	2.67	1.04	9.67	90	41	3
FRU-S18P4	2.60	0.70	5.65	15	68	7
MAN-S1P1	3.01	1.41	7.30	48	29	3
4 EEP	2.47	1.07	8.62	50	26	3
MAN-S3P1	2.01	1.26	8.90	30	31	4
MAN-S4P3	2.19	1.22	6.58	19	17	1
FRU-S9P1	3.73	1.30	7.75	34	56	5
Promedio	2.37	0.98	7.16	34.60	35	3.70
Desviación estándar	0.6724	0.3276	1.5764	23.0372	15.9792	1.8288
Coefficiente de variación	0.2835	0.3350	0.2202	0.6658	0.4565	0.4943

Cuadro A 5. Cuadro de las características cuantitativas de la hoja de Cacao.

Árbol	Longitud del pecíolo (cm)	Ancho de la hoja (cm)	Longitud de la hoja (cm)	BPA (cm)
FRU-S15P1	1.75	9	24.5	13
FRU-S12P3	2.83	9.30	29	15.30
FRU-S17P2	2	8.00	26	14.60
3 EEP	2.5	9	26	12
FRU-S18P4	4	9.60	31.30	17.30
MAN-S1P1	2.50	12.30	34.16	17.60
4 EEP	2	9	23	12
MAN-S3P1	2	9	29	16
MAN-S4P3	2	9.60	28.50	16
FRU-S9P1	4	9	30	16.60
Promedio	2.56	9.38	28.15	15.04
Desviación estándar	0.8258	1.1183	3.3353	2.0774
Coefficiente de variación	0.3228	0.1192	0.1185	0.1381

Cuadro A 6. Cuadro de las características cuantitativas del fruto de Cacao.

Árbol	Longitud de fruto (cm)	Diámetro de fruto (cm)	Relación L/D de fruto (cm)	Espesor de caballete de fruto (cm)	Profundidad de surco del fruto (cm)	Peso de fruto (g)	Peso total				
							Peso de mucílago por fruto (g)	Peso de semilla sin mucílago por fruto (g)	Peso de semilla con mucílago por fruto (g)	Número de semilla por fruto	Número de semillas vanas por fruto
FRU-S15P1	17.05	8.17	2.1	1.45	0.42	509	108	40	68	32	1
FRU-S12P3	13.70	6.61	2.07	0.96	0.26	210	29	16.50	12.50	22	12
FRU-S17P2	14.15	3.84	3.68	1.38	0.26	276	43	15	28	30	8
3 EEP	12.02	6.67	1.8	1.18	0.42	253	80	30	50	24	1
FRU-S18P4	15	6.58	2.27	1.03	0.65	237	82	49.50	32.50	33	2
MAN-S1P1	13.62	7.38	1.84	1.20	0.42	302	61.50	27	34.5	27	4
4 EEP	13.51	7.26	1.86	1.43	0.27	332	86	23	63	23	2
MAN-S3P1	13.39	6.54	2.05	1.02	0.38	229.50	44	29	15	29	6
MAN-S4P3	12	6.82	1.76	0.98	0.39	179	62	32	30	32	4
FRU-S9P1	18.20	4.11	4.43	1.16	0.16	363	83.50	57	26.50	38	8
Promedio	14.26	6.39	2.38	1.17	0.36	289.05	67.90	31.9	36	29	4.8
Desviación estándar	2.0009	1.3733	0.9117	0.1863	0.1350	94.4196	24.2771	13.5129	18.6993	5.0552	3.6453
Coefficiente de variación	0.1402	0.2146	0.3824	0.1580	0.3721	0.3301	0.3575	0.4236	0.5194	0.1743	0.7594

Cuadro A 7. Cuadro de las características cuantitativas de semilla de cacao.

Árbol	Peso			
	fresco de semilla (g)	Espesor de semilla (cm)	Diámetro de semilla (cm)	Longitud de semilla (cm)
FRU-S15P1	1.25	0.93	1.25	2.16
FRU-S12P3	0.75	0.65	0.98	1.77
FRU-S17P2	0.5	0.69	0.84	1.83
3 EEP	1.25	0.83	1.16	1.96
FRU-S18P4	1.5	0.98	1.24	2.12
MAN-S1P1	1	0.78	1.09	2.22
4 EEP	1	0.8	1.2	1.98
MAN-S3P1	1	0.55	0.96	1.84
MAN-S4P3	1	0.71	1.04	1.92
FRU-S9P1	1.5	0.92	1.18	2.25
Promedio	1.08	0.78	1.09	2.01
Desviación estándar	0.3129	0.1365	0.1362	0.1721
Coefficiente de variación	0.2911	0.1741	0.1245	0.0858

Cuadro A 8. Abreviatura de variables del gráfico de componentes principales.

Abreviatura	Variable
ANH	Ancho de la hoja (cm)
LH	longitud de la hoja (cm)
LP	Longitud de peciolo (cm)
BPA	Base de la hoja hasta punto más ancho (cm)
PF	peso de fruto (g)
LF	Longitud de fruto (cm)
DF	Diámetro de fruto (cm)
R (L/D) F	Relación largo/diámetro de fruto (cm)
PSMF	Peso de semilla más mucílago por fruto (g)
PTSSM	Peso total de semilla sin mucílago por fruto (g)
PTMF	Peso total de mucílago por fruto (g)
NSPF	Numero de semillas por fruto
EC	Espesor de caballete de fruto (cm)
PS	Profundidad de surco del fruto (cm)
NSV	Número de semillas vanas por fruto
LS	Longitud de semilla (cm)
DS	Diámetro de semilla (cm)
ES	Espesor de semilla (cm)
PFS	Peso fresco de semilla (cm)
AA	Altura del árbol (cm)
AFH	Altura de formación de la horqueta (cm)
DA	Diámetro del árbol a los 15 cm de la base del suelo (cm)
NFA	Número de frutos por árbol
NCFPL	Número de cojinetes florales por metro lineal
NFPC	Número de flores por cojinete

Fuente: Elaboración propia.