

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS  
DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA



CARACTERIZACIÓN MORFO AGRONÓMICA DEL CACAO  
(*Theobroma cacao* L.) Y SU INCIDENCIA EN LA SELECCIÓN DE  
GERMOPLASMA PROMISORIO EN ÁREAS DE PRESENCIA  
NATURAL EN EL SALVADOR.

POR:

JOSÉ ALEXANDER LÓPEZ HERNÁNDEZ

FREDY NOÉ ORTIZ MEJÍA

CIUDAD UNIVERSITARIA, AGOSTO DE 2018

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA



CARACTERIZACIÓN MORFO AGRONÓMICA DEL CACAO  
(*Theobroma cacao* L.) Y SU INCIDENCIA EN LA SELECCIÓN DE  
GERMOPLASMA PROMISORIO EN ÁREAS DE PRESENCIA  
NATURAL EN EL SALVADOR.

POR:

JOSÉ ALEXANDER LÓPEZ HERNÁNDEZ

FREDY NOÉ ORTIZ MEJÍA

CIUDAD UNIVERSITARIA, AGOSTO DE 2018

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS  
DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA



CARACTERIZACIÓN MORFO AGRONÓMICA DEL CACAO  
(*Theobroma cacao* L.) Y SU INCIDENCIA EN LA SELECCIÓN DE  
GERMOPLASMA PROMISORIO EN ÁREAS DE PRESENCIA  
NATURAL EN EL SALVADOR.

POR:

JOSÉ ALEXANDER LÓPEZ HERNÁNDEZ

FREDY NOÉ ORTIZ MEJÍA

REQUISITO PARA OPTAR AL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

CIUDAD UNIVERSITARIA, AGOSTO DE 2018

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**

**RECTOR:**

**LIC. M. Sc. ROGER ARMANDO ARIAS ALVARADO**

**SECRETARIO GENERAL:**

**LIC. CRISTÓBAL HERNÁN RÍOS BENÍTEZ**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS**

**DECANO:**

**Ing. Agr. M. Sc. JUAN ROSA QUINTANILLA QUINTANILLA**

**SECRETARIO:**

**Ing. Agr. M. Sc. LUIS FERNANDO CASTANEDA ROMERO**

**JEFE DEL DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA**

F: \_\_\_\_\_

**Ing. Agr. M. Sc. FIDEL ÁNGEL PARADA BERRÍOS**

**DOCENTES DIRECTORES**

F: \_\_\_\_\_

**Ing. Agr. M. Sc. FIDEL ÁNGEL PARADA BERRÍOS**

F: \_\_\_\_\_

**Dr. FRANCISCO LARA ASCENCIO**

**COORDINADOR GENERAL DE PROCESOS DE GRADUACIÓN**

F: \_\_\_\_\_

**Ing. Agr. MARIO ALFREDO PÉREZ ASCENCIO**

## RESUMEN

Se realizó un proceso de caracterización morfoagronómica de este cultivo, entre el periodo de octubre 2013 a junio 2014, iniciando colectas de frutos y material vegetativo de cacao en áreas de presencia natural de la especie. En El Salvador el cultivo de cacao, se está proyectando con un buen potencial, constituyendo principalmente una oportunidad para el desarrollo económico de productores interesados en este cultivo; por tal motivo se realizó un proceso de caracterización morfoagronómica de este cultivo, entre el periodo de octubre 2013 a junio 2014, iniciando colectas de frutos y material vegetativo de cacao en áreas de presencia natural de la especie. El objetivo fue identificar, *in situ* árboles para la caracterización morfoagronómica, por lo que se utilizó descriptores adaptados al catálogo de cultivares de cacao del Perú; CATIE; y FEDECACAO, se identificaron zonas donde había presencia de la especie, distribuidos en diferentes municipios de El Salvador, entre ellos: Caluco, en Sonsonate; el Salitre, Ciudad Delgado, Planes de Renderos; San Salvador; Tenancingo, Cuscatlán; San Pedro Noualco, Santa Maria Ostuma, La Paz; Ciudad Victoria, Cabañas y Jucuapa, Usulután. Se Caracterizaron 21 árboles; cada uno con sus respectivos atributos cualitativos y cuantitativos como: altura del árbol, forma y tamaño de hojas, frutos, semillas y flores. Cada árbol muestreado, fue georeferenciado, con el fin de ubicarlo y generar el mapa de distribución de los mismos a nivel nacional. Asimismo, en el laboratorio de Química Agrícola de la Facultad de Ciencias Agronómicas, se realizó análisis bromatológicos a las muestras, determinando: Grasa, Proteína, Ceniza, Hierro, Zinc, Humedad Total, Humedad Parcial; además pérdida de H<sub>2</sub>O y Materia Seca. Como resultados de esta investigación, se cuenta con 21 clones con atributos sobresalientes, los mayores porcentajes de grasa lo obtuvieron los arboles: UES-PDP-19, con 56.4%; UES-SPN-7 con 50.67% y UES-SPN-8 con 50.29%; y los mayores porcentajes de proteína se identificaron para los árboles, UES-SLT-16, con 27.38%; UES-TNG-18, con 23.36%; y UES-SAL-3 con 21.31%; además al ejecutar el análisis multivariado en los 21 árboles de cacao se encontraron ocho grupos los cuales muestran homogeneidad y heterogeneidad y diferencias entre ellos, se observan grupos donde se encontraron árboles con características más relevantes como peso, longitud de fruto y peso de la semilla en los árbol UES-SPN-7, UES-SPN-8, UES-SPN-9; y el árbol UES-JCP-21, donde los descriptores que más influyeron fueron peso de fruto, diámetro de semilla y principalmente la grasa, por tanto es importantes hacer programas de producción y mejoramiento genético para la preservación de estos materiales, con características deseables.

## **AGRADECIMIENTOS**

A nuestro padre celestial Jesucristo, por darnos la bendición de terminar nuestros estudios y cuidar a lo largo de la carrera.

A nuestros padres y familiares, por darnos el apoyo en todo momento y permitir que los sueños de alcanzar la meta de culminar la carrera se hicieron realidad.

A nuestros asesores Ing. Agr. M. sc. Fidel Ángel Parada Berrios, Dr. Francisco Lara Ascencio y la Lc. M. sc. Ada Yanira Arias de Linares; por su vocación de enseñanza, por el tiempo invertido en cada asesoría y por la voluntad de guiar la investigación.

A las instituciones y demás productores por abrirnos sus puertas para selección y colección de materiales.

Al Departamento de Química Agrícola por permitir utilizar su laboratorio y realizar las pruebas bromatológicas.

A nuestros amigos Marvin Orlando Molina Escalante, lindo Omar Castillo Guerra, quienes nos apoyaron desde el inicio de la investigación.

A nuestra Universidad de El Salvador por permitirnos formar como profesionales de las ciencias agrícolas.

Fredy Noé Ortiz Mejía

José Alexander López Hernández

## **DEDICATORIA**

A Dios todo poderoso, por darnos la vida, la perseverancia y la fuerza de lograr y alcanzar metas fijadas.

A mis padres y hermanos, por apoyarme y enseñarme que las metas se alcanzan con esfuerzo y dedicación.

A mi esposa, por estar siempre atenta, brindándome su apoyo, amor, cariño y fortaleza, en los momentos que más la he necesitado.

A mis asesores de tesis, por el apoyo y haber puestos sus conocimientos en el desarrollo de la investigación.

A mis amigos, a mis hermanos de la iglesia de Candelaria por su apoyo en las buenas y malas.

A la Universidad de El Salvador, por permitirme formarme en las ciencias agrícolas, con valores éticos y profesionales.

José Alexander López Hernández

## **DEDICATORIA**

A Dios todo poderoso por haber permitido finalizar y alcanzar con éxito mis estudios.

A mi madre que ha sido la que me ha ayudado en todo momento y darme el apoyo incondicional y moral para alcanzar llegar a las metas propuestas.

A mi abuelo y mi hermano que desde el cielo estoy seguro que hay dado las fuerzas y motivación para luchar y cumplir mi sueño.

A mi sobrina que la considero como mi hija y que me ha dado fuerza y motivación para poder seguir luchando.

A todos mis familiares más cercanos que de alguna manera me han dado apoyo y motivación para poder lograr mis metas.

A todos mis amigos y compañeros que de alguna manera me apoyaron en diferentes momentos durante la carrera.

A los docentes, asesores de Facultad por facilitar sus conocimientos

A la Facultad, Universidad y otras Instituciones que nos apoyaron indirectamente.

Fredy Noé Ortiz Mejía

## INDICE GENERAL

**RESUMEN**

**INDICE GENERAL**

**INDICE DE CUADROS**

**INDICE DE FIGURAS**

**INDICE DE ANEXOS**

<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>2. MARCO TEÓRICO</b> .....	2
2.1. Clasificación botánica .....	2
2.2. Morfología y biología. ....	2
2.2.1. Descripción general.....	2
2.3. Raíz.....	2
2.4. Tronco y ramas.....	2
2.5. Hojas.....	3
2.6. Flor.....	3
2.6.1. Biología floral.....	3
2.6.2. Biología reproductiva.....	4
2.6.3. Fecundación.....	4
2.6.4. Genética del cacao.....	5
2.7. Fruto.....	5
2.8. Semilla.....	5
2.8.1. Germinación de la semilla.....	6
2.9. Fenología del cultivo de cacao.....	6
2.10. Clasificación genética de los cacaos.....	7
2.10.1. Grupos Criollos.....	7
2.10.2. Grupos Forasteros.....	7
2.10.3. Grupo Trinitarios.....	8
2.11. Ancestros del cacao.....	8
2.12. La variabilidad del cacao.....	8

2.13. La incompatibilidad en cacao.....	9
2.14. Tipos de propagación.....	10
2.14.1. Polinización cruzada.....	10
2.14.2. Propagación vegetativa.....	10
2.14.3. Método de propagación.....	10
2.14.3.1. Propagación varietal.....	10
2.14.3.2. Propagación por injerto.....	10
2.15. Selección y mejora del cacao.....	11
2.16. Posibles resultados de la selección.....	11
2.16.1. Selección de plantas madres.....	11
2.16.2. Selección del fruto.....	11
2.16.3. Selección de las semillas o almendra.....	11
2.17. Condiciones edafo-climáticas.....	12
2.17.1. Precipitación.....	12
2.17.2. Temperatura.....	12
2.17.3. Viento.....	12
2.17.4. Sombra.....	12
2.18. Condiciones económicas, sociales y ambientales.....	13
2.18.1. Condiciones económicas.....	13
2.18.2. Condiciones sociales.....	13
2.18.3. Consideraciones para el uso de la tabla de composición de alimentos.....	14
2.18.4. Condiciones ambientales.....	14
2.19. Caracterización morfológica.....	15
2.20. Descriptores.....	15
2.21. Estado y uso de descriptores.....	16
2.22. Definiciones y uso de los descriptores.....	16
<b>3. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>17</b>
3.1. Localización.....	17

3.2. Caracterización climática.....	18
3.3. Material experimental.....	18
3.4. Herramientas para la caracterización.....	19
3.5 Datos de pasaporte y codificación.....	19
3.6 Georeferenciación del material encontrado.....	19
3.7 Evaluación del material.....	19
3.7.1. Descriptores cualitativos.....	20
3.7.1.1. Forma del ápice de la hoja .....	20
3.7.1.2. Forma de la base de la hoja.....	21
3.7.1.3. color de los brotes de la hoja .....	21
3.7.1.4. Color del fruto inmaduro.....	21
3.7.1.5. Forma del fruto.....	21
3.7.1.6. Ápice del fruto.....	21
3.7.1.7. Constricción basal del fruto.....	22
3.7.1.8. Cascara del fruto .....	22
3.7.1.9. Color de la semilla.....	22
3.7.1.10. Color de los cotiledones.....	22
3.7.1.11. Forma del corte longitudinal de la semilla.....	22
3.7.1.12. Forma del corte trasversal de la semilla.....	22
3.7.1.13. Color de la estructura floral.....	22
3.7.2. Variables cuantitativas.....	23
3.7.2.1. Edad del árbol.....	23
3.7.2.2. Diámetro del tronco a la altura del pecho (DAP).....	23
3.7.2.3. Altura.....	23
3.7.2.4. Número de ramas.....	24
3.7.2.5. Longitud del pecíolo.....	24
3.7.2.6. Longitud de lámina foliar.....	24
3.7.2.7. Ancho de lámina foliar.....	25
3.7.2.8. Área foliar.....	25
3.7.2.9. Número de frutos por árbol.....	25
3.7.2.10. Longitud y diámetro de fruto.....	26

3.7.2.11. Peso de fruto.....	26
3.7.2.12. Número de surcos por fruto.....	26
3.7.2.13. Separación del surco.....	26
3.7.2.14. Profundidad de lomo.....	26
3.7.2.15. Profundidad del surco.....	26
3.7.2.16. Número de semillas por fruto.....	26
3.7.2.17. Longitud y Diámetro de la semilla.....	26
3.7.2.18. Peso de la semilla.....	27
3.7.2.19. Numero de óvulos por ovario.....	27
3.7.2.20. Análisis Bromatológicos.....	27
3.7.2.20.1. Determinación del PH del mucilago.....	27
3.7.2.20.2. Determinación de proteína.....	28
3.7.2.20.3. Determinación de la grasa.....	28
3.7.2.20.4. Humedad parcial.....	28
3.7.2.20.5. Humedad total.....	28
3.7.2.20.6. Materia seca.....	29
3.7.2.20.7. Hierro y zinc.....	29
3.7.2.20.8. Ceniza.....	29
3.7.2.20.9. Perdida de agua.....	29
3.8. Metodología estadística.....	29
3.8.1. Análisis multivariado.....	29
3.8.2. Análisis de correlación.....	30
3.8.3. Análisis de componentes principales.....	30
3.8.4. Análisis de conglomerado para casos.....	31
3.9. Elaboración de catálogo de selecciones de cacao.....	32
4.0. <b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	33
4.1. Análisis de descriptores cualitativos.....	33
4.1.1. Descriptores cualitativos del fruto.....	33
4.1.1.1. Color del fruto inmaduro.....	33
4.1.1.2. Forma del fruto.....	33
4.1.1.3. Forma del ápice del fruto.....	33

4.1.2.4. Rugosidad del fruto.....	34
4.1.2.5. Constricción basal del fruto.....	34
4.1.3. Descriptores cualitativos de la hoja.....	35
4.1.3.1. Forma del Ápice de la hoja.....	35
4.1.3.2. Forma de la base de la hoja.....	35
4.1.3.3. Color de los brotes de la hoja.....	36
4.1.4. Descriptores cualitativos de la semilla.....	36
4.1.4.1 Sección longitudinal de la semilla.....	36
4.1.4.2. Sección transversal de la semilla.....	37
4.1.4.3. Color del cotiledón de la semilla.....	37
4.1.4.4. Color de la semilla.....	37
4.1.4.5. Color de la semilla (tabla de munsell).....	37
4.1.5. Descriptores cualitativos de la flor.....	38
4.1.5.1. Color del pedicelo.....	38
4.1.5.2. Antocianina en la lígula del pétalo.....	39
4.1.5.3. Antocianina en el filamento estaminal.....	39
4.1.5.4. Antocianina en los estaminiodes.....	39
4.1.5.5. Antocianina en la parte superior del ovario.....	40
4.2. Análisis de descriptores cuantitativos.....	41
4.2.1. Descriptores cuantitativos del árbol de cacao.....	41
4.2.1.1. Altura de los árboles.....	41
4.2.1.2. Edad de árboles.....	41
4.2.1.3. Número de ramas por árbol.....	42
4.2.2. Descriptores cuantitativos del fruto.....	43
4.2.2.1. Numero de frutos por árbol.....	43
4.2.2.2. Numero de semillas por fruto.....	44
4.2.2.3. Peso del fruto.....	45

4.2.2.4. Longitud y diámetro del fruto.....	46
4.2.2.5. Numero de surcos por fruto.....	47
4.2.2.6. Profundidad del lomo; separación y profundidad del surco en frutos de cacao.....	47
4.2.3 Descriptores cuantitativos de la semilla.....	50
4.2.3.1. Longitud y Diámetro de la semilla.....	50
4.2.3.2. Peso de la semilla.....	51
4.2.4. Descriptores cuantitativos de la hoja.....	52
4.2.4.1. Largo y ancho de la lámina foliar, y largo del peciolo.....	52
4.2.4.2. Área foliar.....	54
4.2.5. Descriptores cuantitativos de la flor.....	56
4.2.5.1. Número de óvulos por ovario.....	56
4.2.6. Análisis Bromatológicos.....	57
4.2.6.1. pH Mucilago.....	57
4.2.6.2. Contenido de grasa, proteína y ceniza.....	58
4.2.6.3. Humedad parcial y Total.....	59
4.2.6.4. Contenido de Hierro y Zinc.....	62
4.3. Estimación de variabilidad genética a través de estadística simple.....	64
4.4. Análisis de correlación.....	67
4.5. Componentes principales.....	69
4.5.1. Identificación de las variables de mayor influencia para la formación de grupos o componentes.....	69
4.5.2. Análisis de componentes principales.....	70
4.6. Análisis de conglomerados.....	75
4.7. Catálogo de selección de cacao.....	84
5. Conclusiones.....	105
6. Recomendaciones.....	106
7. Bibliografía.....	107
8. Anexo.....	112

## INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Composición nutricional en la semilla de cacao.....	14
Cuadro 2. Lugares y ubicación geográfica de los materiales de cacao caracterizados....	17
Cuadro 3. Características climatológicas, según estaciones meteorológicas de las cabeceras departamentales.....	18
Cuadro 4. Acceso y códigos de los materiales de cacao, en diferentes lugares de El Salvador.....	20
Cuadro 5. Frecuencia absoluta y relativa para caracteres cualitativas del fruto de cacao.....	34
Cuadro 6. Frecuencia absoluta y relativa para características de la hoja de cacao.....	36
Cuadro 7. Frecuencia absoluta y relativa para caracteres cualitativos de la semilla.....	38
Cuadro 8. Frecuencia absoluta y relativa para carácter cualitativa de la flor.....	40
Cuadro 9. Características cuantitativas de los árboles de cacao.....	43
Cuadro 10. Características cuantitativas del fruto de cacao.....	49
Cuadro 11. Características cuantitativas de la semilla de cacao.....	52
Cuadro 12. Características cuantitativas de la hoja de cacao.....	55
Cuadro 13. Característica cuantitativa de la flor de cacao.....	57
Cuadro 14. Características cuantitativas del Análisis Bromatológico.....	61
Cuadro 15. Características cuantitativas del Análisis Bromatológico.....	63
Cuadro 16. Estimación de variabilidad genética, con características físicas y bromatológicas de la semilla de cacao con base de estadística descriptiva.....	65
Cuadro 17. Estimación de variabilidad genética del fruto de cacao.....	66
Cuadro 18. Estimación de variabilidad genética del cacao (característico de arquitectura y morfológico del árbol).....	66
Cuadro 19. Estimación de variabilidad genética del cacao (característico de arquitectura y morfológico de la hoja).....	67
Cuadro 20. Coeficiente de correlación y nivel de significancia para variables cuantitativas de cacao.....	69
Cuadro 21. Comunalidades de variables cuantitativas de cacao.....	70
Cuadro 22. Proporción de la varianza explicada en el análisis de componentes principales para descriptores de cacao.....	72
Cuadro 23. Matriz de componentes principales.....	73

Cuadro 24. Variables cuantitativas del conglomerado uno.....	75
Cuadro 25. Variables cuantitativas del conglomerado dos.....	76
Cuadro 26. Variables cuantitativas del conglomerado tres.....	77
Cuadro 27. Variables cuantitativas del conglomerado cuatro.....	78
Cuadro 28. Variables cuantitativas del conglomerado cinco.....	79
Cuadro 29. Variables cuantitativas del conglomerado seis.....	80
Cuadro 30. Variables cuantitativas del conglomerado siete.....	81
Cuadro 31. Variables cuantitativas del conglomerado ocho.....	82
Cuadro 32. Contenido nutricional de la semilla del árbol UES-SAL-1.....	84
Cuadro 33. Contenido nutricional de la semilla del árbol UES-SAL-2.....	85
Cuadro 34. Contenido nutricional de la semilla del árbol UES-SAL-3.....	86
Cuadro 35. Contenido nutricional de la semilla del árbol UES-SAL-4.....	87
Cuadro 36. Contenido nutricional de la semilla del árbol UES-SL-5.....	88
Cuadro 37. Contenido nutricional de la semilla del árbol UES-SAL-6.....	89
Cuadro 38. Contenido nutricional de la semilla del árbol UES-SPN-7.....	90
Cuadro 39. Contenido nutricional de la semilla del árbol UES-SPN-8.....	91
Cuadro 40. Contenido nutricional de la semilla del árbol UES-SPN-9.....	92
Cuadro 41. Contenido nutricional de la semilla del árbol UES-VCT-10.....	93
Cuadro 42. Contenido nutricional de la semilla del árbol UES-SMO-11.....	94
Cuadro 43. Contenido nutricional de la semilla del árbol UES-SMO-12.....	95
Cuadro 44. Contenido nutricional de la semilla del árbol UES-CAL-13.....	96
Cuadro 45. Contenido nutricional de la semilla del árbol UES-CAL-14.....	97
Cuadro 46. Contenido nutricional de la semilla del árbol UES-CAL-15.....	98
Cuadro 47. Contenido nutricional de la semilla del árbol UES-SLT-16.....	99
Cuadro 48. Contenido nutricional de la semilla del árbol UES-SLT-17.....	100
Cuadro 49. Contenido nutricional de la semilla del árbol UES-TNG-18.....	101

Cuadro 50. Contenido nutricional de la semilla del árbol UES-PDP-19.....	102
Cuadro 51. Contenido nutricional de la semilla del árbol UES-TNG-20.....	103
Cuadro 52. Contenido nutricional de la semilla del árbol UES-JCP-21.....	104

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1A. Ápice de la hoja de cacao.....	21
Figura 1B. Descriptor morfológico de la hoja de cacao.....	21
Figura 2A. Sistema de posicionamiento global (GPS).....	23
Figura 2B. Tabla de Munsell.....	23
Figura 3. Método de unidades, para determinación de altura en árboles.....	24
Figura 4A. Cinta diamétrica.....	25
Figura 4B. Longitud de pecíolo.....	25
Figura 4C. Longitud de lámina foliar.....	25
Figura 5A. Ancho de lámina foliar.....	25
Figura 5B. Integrador de área foliar.....	25
Figura 6A. Longitud y diámetro de fruto.....	27
Figura 6B. Longitud y diámetro de la semilla.....	27
Figura 7A. Peso de la semilla.....	28
Figura 7B. Número de óvulos por ovario.....	28
Figura 7C. Peachimetro marca EUTECH.....	28
Figura 8. Altura de los árboles.....	41
Figura 9. Edad de árboles.....	42
Figura 10. Número de ramas totales.....	42
Figura 11. Número de frutos por árbol.....	44
Figura 12. Número de semillas por fruto.....	45
Figura 13. Peso del fruto.....	45
Figura 14. Longitud y diámetro del fruto.....	46

Figura 15. Número de surco.....	47
Figura 15. Largo, Ancho de la hoja y largo del peciolo.....	53
Figura 16. Separación del lomo, separación y profundidad del surco.....	48
Figura 17. Largo y ancho de la semilla.....	50
Figura 18. Peso de la semilla.....	51
Figura 19. Largo, ancho de la hoja y largo del peciolo.....	53
Figura 20. Área foliar.....	54
Figura 21. Número de óvulos por ovario.....	56
Figura 22. pH Mucilago.....	58
Figura 23. Contenido de grasa, proteína y ceniza de la semilla de cacao.....	59
Figura 24. Humedad Parcial y Total de la semilla de cacao.....	60
Figura 25. Contenido de Hierro y Zinc de la semilla de cacao.....	62
Figura 26. Proporción de la varianza explicada por cada componente principal en la caracterización de cacao.....	74
Figura 27. Dendrograma de distancias entre 21 materiales de germoplasma de cacao.....	83
Figura 28. Árbol UES-SAL-1.....	84
Figura 29. Árbol UES-SAL-2.....	85
Figura 30. Árbol UES-SAL-3.....	86
Figura 31. Árbol UES-SAL-4.....	87
Figura 32. Árbol UES-SL-5.....	88
Figura 33. Árbol UES-SL-6.....	89
Figura 34. Árbol UES-SPN-7.....	90
Figura 35. Árbol UES-SPN-8.....	91
Figura 36. Árbol UES-SPN-9.....	92
Figura 37. Árbol UES-VCT-10.....	93
Figura 38. Árbol UES-SMO-11.....	94
Figura 39. Árbol UES-SMO-12.....	95

Figura 40. Árbol UES-CAL-13.....	96
Figura 41. Árbol UES-CAL-14.....	97
Figura 42. Árbol UES-CAL-15.....	98
Figura 43. Árbol UES-SLT-16.....	99
Figura 44. Árbol UES-SLT-17.....	100
Figura 45. Árbol UES-TNG-18.....	101
Figura 46. Árbol UES-PDP-19.....	102
Figura 47. Árbol UES-TNG-20.....	103
Figura 48. Árbol UES-JCP-21.....	104

### ÍNDICE DE ANEXO

Anexos A1. Clave para el descriptor de cacao, propuesto por el Catálogo de cultivares del cacao del Perú.....	112
Anexos A2. Claves para el descriptor de fruto, propuesto por el Catálogo de cultivares del cacao del Perú.....	113
Anexos A3. Clave para el descriptor de fruto, propuesto por el Catálogo de cultivares del cacao del Perú.....	114
Anexos A4. Clave para el descriptor de fruto y semilla, propuesto por el Catálogo de cultivares del cacao del Perú.....	115
Anexos A5. Clave para el descriptor de la hoja, propuesto por catálogo de clones de cacao.....	116
Anexos A6. Clave para el descriptor de la flor, propuesto por el Catálogo de cultivares del cacao del Perú.....	117
Anexos A7. Descriptor usado para la caracterización de cacao en la presente investigación.....	118
Anexos A8. Mapa de ubicación de los árboles de cacao.....	124
Cuadro A1. Resultados de análisis de suelo.....	125

## 1. INTRODUCCIÓN

El cultivo del cacao, es una actividad que está nuevamente estimulando el interés de productores; viendo su potencial a futuro y constituye una oportunidad para el desarrollo de un nuevo rubro, de generación de ingresos y trabajo, para la agricultura en El Salvador. Esto se debe a que el mercado consumidor, extiende cada vez más su demanda y diversidad de consumo, promoviendo que los países productores y consumidores, inviertan en programas y estrategias de investigación, con la finalidad de incrementar la productividad y la calidad del cacao (Braudeav, 1970).

El mercado del cacao criollo, está consolidándose cada vez más. Razón por la cual, muchos Fitomejoradores dirigen sus esfuerzos a aumentar el cacao como producto, lo que implica según Ramos Pérez (1994), la selección de árboles con características idóneas.

En nuestro país se encuentran árboles de cacao considerados criollos desafortunadamente, el cacao ya no se encuentra como cultivo comercial en las fincas, por haber sido desplazado por otros cultivos. Esto se debe a su baja capacidad de adaptación a condiciones variadas del clima, pues tienen como características que son, poco vigorosos y con alto susceptibilidad a plagas y enfermedades; por ello selecciona germoplasma, que proporcionen mejor adaptabilidad a las condiciones de las diferentes zonas de nuestro país (Dubón, 2011).

Con esta investigación se proyectó, caracterizó y seleccionó germoplasma de cacao considerado criollo, encontrando germoplasma de los tipos: criollos modernos (cruce entre trinitarios y criollos), trinitarios y principalmente el cacao criollo.

## **2. MARCO TEÓRICO**

### **2.1. Clasificación botánica**

División: Espermatofita; Clase: Angiosperma; Sub-clase: Dicotiledónea; Orden: Malvales; Suborden: Malvinas; Familias: Esterculiáceas; Tribu: Bitneria; Género: *Theobroma*; Especie: *cacao* (Batista, 2009).

### **2.2. Morfología y biología**

#### **2.2.1. 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. Su longevidad es difícil de establecer. Se estima que en plantación debe mantenerse 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).

### **2.3. Raíz**

La planta de cacao presenta dos tipos de raíces: la raíz principal que normalmente penetra a mayor profundidad y cuya principal función es dar anclaje y sostén a la planta; las raíces secundarias que se concentran desde la superficie del suelo hasta 30 centímetros de profundidad, a partir de las cuales se desprenden una serie de raicillas más finas y muy activas, que son utilizadas por la planta para absorber nutrientes y agua, necesarios para realizar los procesos fisiológicos (Dubón, 2011).

### **2.4. Tronco y ramas**

La planta que se origina por semilla se diferencia de otras especies por tener un tronco caulifloro, que forma flores y frutos en el tronco maduro. Otra característica que presenta la planta es un marcado dimorfismo, es decir, primero el crecimiento es vertical, seguido de un crecimiento de ramas verticiladas en forma de abanico con crecimiento hacia los lados, que forma una estructura conocida como horqueta, técnicamente conocido como verticilo (Dubón, 2011).

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

Las ramas laterales se desarrollan formando un ángulo de 45°. La formación de chupones ocurre con frecuencia, emergiendo inmediatamente por debajo del verticilo, formando una nueva horqueta, la cual se repite en esta misma forma unas cuatro veces. Comercialmente esto se debe evitar y por eso se realiza la poda para que este no alcance una altura excesiva del árbol que dificulte su manejo, incluyendo la cosecha y el control de enfermedades (Dubón, 2011).

## **2.5. Hojas**

Las hojas adultas son completamente verdes, de lámina simple, entera, de forma que va desde lanceolada (ovalada), nervadura pinnada, y ambas superficies lisas. El nervio central es prominente y el ápice de la hoja es agudo. Las hojas tienen, tanto en la base como en la parte superior, una estructura abultada constituida por un tejido parenquimatoso, cargado de gránulos de almidón, a consecuencia de los rayos solares, orientan las hojas mediante movimientos de rotación, buscando posición en relación con sus necesidades de luz. El tamaño de las hojas es variable; lo cual depende de caracteres genéticos y de su posición en el árbol (Zúñiga Cernades, 2012).

## **2.6. Flor**

### **2.6.1. Biología floral**

La biología floral trata del estudio de todo proceso físico anatómico de la flor, desde su formación como botón floral hasta que abre e inicia el desarrollo del fruto una vez fecundada. Las flores de cacao son pequeñas, carecen de nectarios, son de color rosado a blanco y hermafrodita (ambos sexos), pentámera, de ovario súpero. Esto indica que la flor del cacao está constituida en su estructura floral por cinco sépalos, cinco pétalos; el androceo conformado por 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 cinco lóculos fusionado desde la base donde cada uno puede contener de cinco a 15 óvulos. La

polinización del cacao es estrictamente entomófila (polinizada por insectos), para lo cual la flor inicia su proceso de apertura con el agrietamiento del botón floral en horas de la tarde (Batista, 2009).

### 2.6.2. Biología reproductiva

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 abierta 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 solo unas 48 horas (Wood, 1982).

### 2.6.3. Fecundación

Dependiendo donde se derramen los granos de polen (si cerca del ovario o en el extremo del tubo polínico), se puede demorar de 24 a 72 horas. Una característica especial de la flor de cacao es su punto de absorción (es el tiempo que tarda el polen desde el momento que llega al tubo polínico hasta llegar al ovulo), que provoca su desprendimiento uno o dos días después si no es fecundada, de un 3 a un 5 % llega a fecundarse; de manera que la fecundación no es muy eficiente. Un factor que influye en el bajo porcentaje de fecundación es la estructura muy singular que posee la flor, cuyo diseño impide la autopolinización; además, las tecas están protegidas o cubiertas por 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 diminuto insecto del género *Forcipomyia*, que es un microdíptero muy activo especialmente en horas tempranas de la mañana (Wood, 1982).

Se presume que los mosquitos revolotean sobre las flores y son atraídas por las líneas guías con pigmentación rojo-violeta en el interior de las cogullas y luego de posarse en la flor hacen un recorrido siguiendo esas líneas guías, pasando por la concavidad del pétalo donde están protegidas por las tecas que contienen el polen y al rozar el polen se impregnan del mismo. Al continuar su recorrido trepa por el tubo polínico donde parte del polen va quedando adherido a lo largo del estilo y estigma. Hasta este momento en que el polen se deposita en el estilo y

estigma se tiene la polinización cruzada. Cuando el grano de polen es compatible con los órganos femeninos de la flor, germina y desarrolla un tubo germinativo que llega hasta los óvulos y es cuando se produce la fecundación (Dubón, 2011).

#### 2.6.4. Genética del cacao

El cacao es de naturaleza diploide y posee dos genes  $2n=20$  cromosomas. Es una especie principalmente alógama (95% de polinización abierta), monoica con flores hermafrodita y dependiendo del genotipo posee un sistema de incompatibilidad. Esta característica permite que el cacao asegure un alto grado de diversidad genética en sus poblaciones segregantes (Chia Wong, 2009).

### 2.7. Fruto

Dentro de su clasificación botánica el fruto de cacao es una baya normalmente conocido como mazorca. Sostenida por un pedúnculo fuerte que evita que se desprenda aun estando maduro. Esta indehiscencia o incapacidad de desprenderse que presentan los frutos de cacao aumenta el riesgo de convertirlos en focos de infección o de liberación de esporas, especialmente cuando son atacadas por enfermedades fungosas como moniliasis (*Moniliophthora roreri*) y mazorca negra (*Phytophthora sp.*) (Batista, 2009). El tamaño, forma y colores de los frutos varían según los tipos regionales de cacao. Se destacan, las formas amelonadas y calabacillos en los tipos forasteros; los angoletas y cundeamor en los tipos acriollados. El tiempo que transcurre desde la fecundación del ovario en la flor hasta la madurez del fruto, varía entre cinco a seis meses, dependiendo del tipo genético y sobre todo de las condiciones predominantes de clima, en zonas altas el tiempo de desarrollo del fruto es mayor que en zonas a nivel del mar (Batista, 2009).

### 2.8. Semilla

Puede contener entre 20 a 60 semillas o almendras, cuyo tamaño y forma varían según el tipo genético. La semilla del cacao es más bien un óvulo del interior del ovario de la flor fecundado y desarrollada. En el cacao tipo Criollo las semillas tienen de tres a cuatro cm de largo, casi ovaladas, alargadas, de color blanco o rosado más bien violeta pálido. En el cacao forastero, las semillas tienen de dos a tres cm de largo con formas aplanadas, redondeadas y de color violeta púrpura (Wood, 1982).

La semilla del cacao está constituida por dos cotiledones y un embrión que está protegido por ambos cotiledones. El endospermo es sumamente reducido y toma la forma de una membrana conocida como testa, la cual es delgada y envuelta en su periferia por una pulpa llamada mucílago, de sabores variables según su procedencia genética, generalmente más azucarados en los tipos criollos y más ácidos en los forasteros (Wood, 1982).

#### 2.8.1. Germinación de la semilla

La semilla del cacao esta lista a germinar desde que el fruto está maduro. La madurez fisiológica de la semilla se alcanza incluso mucho antes de que el fruto este maduro: granos extraídos de una mazorca recolectada antes de su madurez, cuando la pulpa que los rodea es compacta y dura, pueden germinar sin dificultad (Braudeav, 1970).

Pierde bastante rápido su poder germinativo cuando se extrae de la mazorca y acentuándose cuando es menor la humedad relativa de la atmosfera. Puede, por el contrario, conservar su viabilidad durante varias semanas en el interior del fruto. Ocurre, a menudo que el grano germina en el interior de la mazorca cuando ésta ha sido cosechada en sobre madurez (Braudeav, 1970). La germinación de la semilla se produce generalmente de cuatro a seis días. Los cotiledones salen a la superficie de diez a quince días después de la siembra. Aparece al principio revestido por el tegumento de la semilla que se desprende en seguida, con lo cual pueden abrirse. El hipocótilo y los cotiledones expuestos a la luz enverdecen poco a poco. Las primeras hojas verdaderas aparecen con el desarrollo de 10 a 15 días después de la germinación (Braudeav 1970).

### **2.9. Fenología del cultivo de cacao**

Botón floral: Los botones tienen cerca de un centímetro de tamaño, la época va de mayo y junio. Floración: Se abren los botones florales, las flores permanecen abiertas por un corto tiempo (24 horas). Su época es de julio a octubre, Fructificación: El fruto crece, se observa la fase cuando el fruto alcanza dos centímetros, la época va de noviembre a enero. Maduración: Los frutos alcanzan su tamaño máximo y el color típico de la variedad, la época es de febrero a abril (Yzarra y López, S.f.).

## **2.10. Clasificación genética de los cacaos**

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 post-cosecha. Se ha demostrado que esta región posee una relación genotipo-ambiente ideal para producir cacao. \_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 (Dubón y Sánchez, 1994).

### **2.10.1. 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. 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).

### **2.10.2. 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), pericarpo 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 mucilago de sabor ácido (Malespín, 1982).

### **2.10.3. 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 Cernades, 2012).

Los caracteres botánicos de los trinitarios son difíciles de definir. Son los de una población híbrida muy polimorfa donde se pueden observar, por un parte, y los forasteros, por otra. Una disyunción muy grande de caracteres puede observarse en los descendientes de trinitarios. (Wood, 1982).

### **2.11. Ancestros del cacao**

El género *Theobroma* se originó en América, posiblemente en la cuenca del Amazonas. En los bosques se encuentran con frecuencia grupos de plantas que son de este género, las cuales no son numerosas ni dominantes, y su aislamiento natural unido a las aparentes barreras de cruzamiento, ha preservado su identidad. El hombre ha contribuido a alterar la distribución natural de las especies. Algunas especies, tales como la *Theobroma grandiflora*, se usan en la preparación de una bebida fría y las especies *Theobroma bicolor* y *Theobroma angustifolia* se han usado en la preparación de chocolate en América Central, desde la época anterior a la conquista de los españoles. La especie *Theobroma cacao*, por su gran importancia económica y valor alimenticio, ha sido ampliamente domesticada por el hombre (Bastista, 2009).

### **2.12. 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. 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).

### **2.13. La incompatibilidad en cacao**

La incompatibilidad en cacao es un factor genético donde el polen viable presenta rechazo o inhibición del crecimiento del tubo polínico, al llegar al estigma o al ovario de la flor receptora. La autoincompatibilidad se da cuando el polen de una flor no consigue fecundar los óvulos de las flores de la misma planta, en este caso se dice que el cultivar es autoincompatible. Cuando el polen de la flor de una planta no consigue fecundar los óvulos de las flores de otras plantas, entra a la categoría de plantas interincompatible o incompatibilidad cruzada. En resumen, cuando la compatibilidad o incompatibilidad se presenta en la misma planta, se denomina como autocompatible (AC) o autoincompatible (AI); y cuando el fenómeno ocurre entre plantas vecinas se dice que son incompatibles (AC); o interincompatibles (II) (Dubón y Sánchez, 1994).

Se han llegado a determinar que la incompatibilidad sexual es una característica que se hereda en forma simple de padres a hijos y ocurre con alta frecuencia en las poblaciones híbridas y en los progenitores o clones provenientes del alto Amazonas. En este caso algunos de estos descendientes no pueden cruzarse con sus padres, con sus hermanos o con ellos mismos. La productividad del cacao está asociada al potencial genético y al carácter de “compatibilidad” (capacidad de autofecundación) del material de siembra, ya sea que se trate de clones o plantas por semilla (Dubón, 2011).

La baja productividad en poblaciones híbridas de cacao se debe a la alta variabilidad genética de las mezclas y a problemas inherentes de incompatibilidad que presenta en el campo la población de árboles sembrados. En consecuencia, es de rigurosa importancia conocer el grado de compatibilidad de los clones para hacer las combinaciones idóneas en las siembras comerciales de cacao, pues con una buena mezcla de materiales y un arreglo apropiado de estos en el campo, se puede superar una de las mayores barreras que limita la expresión del potencial de rendimiento del cultivo (Dubón y Sánchez, 1994).

Una excepción puede darse en el caso de los cacaos finos de compatibilidad comprobada, donde la siembra por semilla si se puede utilizar para la reproducción de cacaos únicamente

criollos; con la condición de que permanezcan aislados o en parcelas puras para evitar contaminación de polen de otros cultivares de cacao ajenos al genotipo criollo (Dubón, 2011).

## **2.14. Tipos de propagación**

### **2.14.1. Polinización cruzada**

Cuando el cultivo se va a propagar por semilla botánica, es necesario conocer el biotipo y las principales características de las plantas productoras de dicha semilla para que reciban un adecuado tratamiento con la finalidad de que estas puedan desarrollarse (MINCETUR, 2008).

Las semillas deben ser adquiridas de campos productores oficiales, llamado también banco de semillas. En caso de no contar con productores de semillas, los agricultores deben seleccionar material, de “plantas madre” a partir de las cuales se obtendrá la semilla seleccionada con las características óptimas (INIAP, 2009).

### **2.14.2. Propagación vegetativa**

Esta forma de propagación es realizada por medio de partes vegetativas de la planta. Este proceso no implica un cambio en la constitución genética de la nueva planta, ya que todas las características de la planta madre se mantienen en la nueva. (MINCETUR, 2008).

La propagación asexual, se puede realizar por medio de varetas, yemas y estacas. Existen varios métodos, siendo el más usado el de injertos (INIAP, 2009).

### **2.14.3. Método de propagación**

#### **2.14.3.1. Propagación varietal.**

Las características de las varetas, dependerá del tipo de injerto a practicar; sin embargo, hay algunas características generales a tener en cuenta. El tamaño de la vareta dependerá de la distancia de traslado, a distancias cortas se pueden utilizar varetas de mayor tamaño, en distancia más largas serán entre 20 a 30 cm. para facilitar el manejo (MINCETUR, 2008).

#### **2.14.3.2. Propagación por injerto**

El injerto es una forma de propagación vegetativa o asexual de gran importancia, que busca mejorar la producción y calidad del cacao, a bajo costo. Los tipos de injertos más comunes tenemos los siguientes: púa central, púa lateral y parche (Batista, 2009).

## **2.15. Selección y mejora del cacao**

La selección puede permitir un nuevo avance, en el dominio de la mejora de los rendimientos al poner a disposición a los productores un material con un potencial de producción más elevado, con caracteres de mayor rusticidad y tolerancia a plagas, enfermedades y condiciones ambientales. Se selecciona un árbol que, por sus características, se muestre con cualidades sobresalientes, y se multiplique por vía vegetativa para constituir un clon compuesto por individuos idénticos: esta es la selección vegetativa o clonal cuyo resultado es la distribución de material seleccionado en forma de varetas para injerto y/o estacas para enraizar. La selección se basa en árboles con caracteres deseables que manifiesten una descendencia (Braudeav, 1970).

## **2.16. Posibles resultados de la selección**

### **2.16.1. Selección de plantas madre**

En la plantación de cacao se encuentran árboles de cacao con características específicas a las que se denomina “plantas madre”, como seleccionadas e identificadas, de donde se obtienen las semillas y varetas que conjuntamente servirán como fuente de propagación capaces de tolerar plagas y enfermedades, con una alta productividad y calidad. Adicional a las características mencionadas, se debe prestar atención a las plantas seleccionadas que deben tener mínimo cinco años de producción, ser representativa del tipo o clon que se busca propagar, tener buena estructura, en cuanto a desarrollo y conformación, no presentar deficiencias nutricionales (MINAG, 2012).

### **2.16.2. Selección del fruto**

Se deben desechar las mazorcas pequeñas, deformadas por agentes externos como los animales, insectos o presión de ramas vecinas. Se escogen mazorcas del tronco y de las ramas primarias, pues ellas dan semillas uniformes y más vigorosas las que deben ser manipuladas con cuidado evitando el contacto con mazorcas enfermas y evitando los fuertes golpes (Zambrano Pazmiño, 2010).

### **2.16.3. Selección de las semillas o almendra**

Una vez abierta la mazorca, esta se divide en 3 partes iguales; para seleccionar los granos más vigorosos se escogen las semillas del tercio medio de la mazorca, desechando las semillas de

los tercios extremos de la mazorca ya que frecuentemente son más pequeños y tienen defectos (MINAG, 2012).

## **2.17. Condiciones edafo-climáticas**

### **2.17.1. Precipitación**

Es una planta que necesita un adecuado suministro de agua para efectuar sus procesos metabólicos. Es una planta sensible a la escasez de agua, pero también al encharcamiento por lo que se requieren de suelos provistos de un buen drenaje. Un anegamiento puede provocar la asfixia de las raíces y su muerte en muy poco tiempo. La precipitación óptima para el cacao, es de 1600 – 2500 mm distribuidos durante todo el año y las que exceden los 2600 mm pueden afectar la producción del cultivo de cacao (Zambrano Pazmiño, 2010).

### **2.17.2. Temperatura**

Soporta temperaturas bajas, siendo su límite medio anual de temperatura los 21°C ya que es difícil cultivar cacao satisfactoriamente con una temperatura más baja. Las temperaturas extremas muy altas pueden provocar alteraciones fisiológicas en el árbol por lo que es un cultivo que debe estar bajo sombra para que los rayos solares no incidan directamente, se incrementa la temperatura, determina la formación de flores. Y cuando ésta es menor de 21°C la floración es menor que a 25°C, donde la floración es normal y abundante (Gutiérrez Hernández, 2011).

### **2.17.3. Viento**

Vientos continuos pueden provocar un desecamiento, muerte y caída de las hojas. Por ello en las zonas costeras es preciso el empleo de cortavientos para que el cacao no sufra daños. Los cortavientos suelen estar formados por distintas especies arbóreas (frutales o madereras) que se disponen alrededor de los árboles de cacao (INIAP, 2011).

### **2.17.4. Sombra**

El objetivo de la sombra al inicio de la plantación es reducir la cantidad de radiación que llega al cultivo para la actividad de la planta y proteger al cultivo de los vientos que la puedan perjudicar. Cuando el cultivo se haya establecido se podrá reducir el porcentaje de sombreado hasta un 25 o 30 %. La luminosidad deberá estar comprendida más o menos al 50 % durante los primeros 4 años. Para el sombreado del cultivo se emplean las llamadas especies para sombra, que generalmente son otros árboles frutales intercalados en el cultivo con marcos de

plantación regulares. Las especies más empleadas son las musáceas para sombras temporales y de leguminosas para sombras permanentes (Zambrano Pazmiño, 2010).

En nuevas plantaciones de cacao se están empleando otras especies de sombra que aportan un mayor beneficio económico como son las especies maderables: laurel (*Laurus nobilis*), cedro (*Cedrela odorata*), cenízero (*samanea saman*) y terminalia (*terminalia catappa*) y/o frutales (cítricos (*Citrus*), aguacate (*Persea americana*), zapote (*Manilkara zapota*), árbol del pan (*Artocarpus altilis*), palmera datilera (*Phoenix dactylifera*), etc. (Zambrano Pazmiño, 2010).

## **2.18. Condiciones económicas, sociales y ambientales**

### **2.18.1. Condiciones Económicas**

El cacao es una actividad que está regresando al interés de productores en muchas partes del país, viendo su potencial futuro, pero en verdad, es un regreso a un cultivo que tuvo una influencia profunda en el desarrollo agropecuario de El Salvador en el pasado. El mercado mundial demanda 3.5 millones de TM, toda centroamérica produce 5 mil TM y El Salvador solo unas 200 toneladas métricas, pero es un cacao con dominancia de criollo y trinitario de muy alta calidad. A nivel mundial solo un 5 % del cacao que se comercializa es de alta calidad y en este segmento está el criollo, "el mejor cacao del mundo", según los productores salvadoreños. El Salvador es muy deficitario en su producción, ya que importa 3 veces su producción nacional en cacao en grano o en polvo para utilizar en diferentes productos, proveniente de países como Nicaragua, Guatemala, Brasil y Colombia (Espinal, 2005).

Según Montecinos (2012), 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.

El Salvador es un país cuya población afronta elevados niveles de pobreza, lo que se acentúa en las zonas rurales. En general 69 de cada 100 personas en áreas rurales, viven en hogares con un ingreso total por debajo del costo de la canasta básica (Espinal, 2005).

### **2.18.2. Condiciones Sociales**

El Salvador, a pesar de estar ubicado en la zona aledaña a uno de los centros de origen de cacao (México-Guatemala), no ha tenido desarrollo ordenado de cultivos comerciales de cacao,

por tanto, el nivel de tecnología y comercialización es incipiente y se constituye en una oportunidad para el desarrollo de un nuevo sector de generación de ingresos para la agricultura en El Salvador. La región Centroamericana tiene condiciones especiales para el establecimiento de cultivos de cacao de origen trinitario considerado fino y de aroma.

Existen zonas potenciales para cacao, pero en ellas a excepción de la Hacienda La Carrera en Usulután, prácticamente no existe ningún otro tipo de explotación cacaotera de ninguna relevancia lo que presenta la oportunidad de crear una cultura de manejo agrícola estableciendo mejores prácticas a través de la capacitación de técnicos y agricultores, que permita una adecuada aplicación de la tecnología disponible en sistemas agroforestales para lograr resultados competitivos y rentables. En razón a lo anterior existen procesos de comercialización limitados de cacao en el país (Montecinos, 2012).

### **2.18.3. Consideraciones para el uso de la tabla de composición de alimentos**

La tabla de composición de alimentos constituye un instrumento fundamental para profesionales en campos afines a la nutrición y la alimentación, además en diversas disciplinas como la agricultura, agroindustria, planificación alimentaria nutricional, económica, entre otras ramas de la salud nutricional. En la tabla siguiente se presenta el contenido nutricional de la semilla de cacao, seca para fines comerciales y de investigación (INCAP, 2012).

Nombre	Proteína (g)	Grasa (g)	Ceniza (g)	Calcio (mg)	Fosforo (mg)	Hierro (mg)	Tiamina (mg)	Riboflavina (mg)	Niacina (mg)
semilla de cacao	12	46.3	3.4	106	537	3.6	0.17	0.14	1.7

Cuadro 1. Composición nutricional en la semilla de cacao

Fuente: (INCAP, 2012).

### **2.18.4. Condiciones Ambientales**

La sociedad en su conjunto ha venido adquiriendo, cada vez con mayor fuerza, una conciencia frente al deterioro ambiental que se viene presentando. Por un lado, más consumidores demandan productos que no generen daños a su salud y, a su vez, que en sus procesos productivos minimicen o eliminen, en lo posible, los impactos ambientales y sociales negativos que se puedan causar. Esta situación conlleva a que los productores que deseen ofertar sus

productos en los diferentes mercados asuman posiciones más amigables con el medio ambiente, reconvirtiendo sus procesos de producción e integrando a su misión la protección de los recursos naturales (Espinal, 2005).

Por último, las preocupaciones ambientales no solamente provienen de los consumidores, sino también de los propios productores que entienden la importancia de la preservación del medio natural en el cual se soporta su actividad productiva. La renovación del cultivo del cacao en El Salvador beneficiará grandemente la flora y la fauna en el país, a través de su asociación con los cultivos de maderables, café, frutales y otros que a su vez ayudan en la lucha contra el calentamiento global (Montecinos, 2012).

### **2.19. Caracterización morfológica**

Según Zúñiga Cernades (2012), la caracterización es un conjunto de datos, que nos muestran las características de las accesiones con que contamos. Mediante este método se puede seleccionar especies vegetales con características sobresalientes, por ejemplo: resistencia a patógenos, plagas, sequías, entre otros. Para conocer con anticipación el comportamiento planta-ambiente es importante contar con la información derivada de una caracterización.

Cruz, citado por Torres Calderón (2007), opina que con la caracterización se extrae una serie de características cuantitativas y cualitativas, que permiten la selección de germoplasma y 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.

### **2.20. Descriptores**

Según Cruz, citado por Navarro Marroquín *et al.* (2008), un descriptor es el nombre que se le asigna a una característica o a una parte de la planta, fruto o semilla el cual se quiere medir. El IPGRI y Morera, citados por Torres Calderón (2007) indican que un descriptor es una variable o atributo que se observa en un conjunto de elementos, ejemplo: altura de planta, color de la flor, entre otros. Además, hace notar que la preparación de una lista de descriptores a menudo es un proceso repetitivo.

Según IPGRI, citado por Torres Calderón (2007), los descriptores pueden ser:

**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.

**De manejo:** Proporcionan las bases para el manejo de las accesiones en el banco de germoplasma y ayudan durante su multiplicación y regeneración.

**Del sitio y el medio ambiente:** En estos se describen los parámetros específicos del sitio y del medio ambiente que son importantes cuando se realizan pruebas de caracterización y evaluación. Se incluyen también en esta categoría los descriptores del sitio de recolección del germoplasma.

### **2.21. Estado y uso de descriptores**

A cada característica se le asigna una escala de valores que se conocen con el nombre de “Grados de características”. Así, si el descriptor se refiere a una característica cuantitativa como la longitud del fruto o el rendimiento. El estado del descriptor se debe expresar en la unidad de medida usada centímetros, gramos y kilogramos, o bien, la medida puede codificarse para facilitar el almacenamiento de datos con una escala de 1 a 10, estableciendo límites para cada grado. Cuando el descriptor se refiere a una característica cualitativa como el color o la forma, los respectivos estados se pueden expresar basándose en un estándar de colores o en definición geométricas respectivamente (IPGRI, citado por Navarro Marroquín *et al.* 2008).

### **2.22. Definiciones y uso de los descriptores**

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).

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS.

#### 3.1. Localización.

La caracterización morfológica de cacao (*Theobroma cacao* L.) Se realizó en el periodo comprendido de octubre 2013 a junio 2014, iniciando colectas de cacao a nivel nacional considerando aquellas áreas de presencia natural en El Salvador como: Panchimalco, Nejapa y Ciudad Delgado en el departamento de San Salvador; San Pedro Nonualco y Santa María Ostuma en el departamento de La Paz; Tenancingo en el departamento de Cuscatlán; Caluco departamento de Sonsonate y Jucuapa en el departamento de Usulután como se muestra en el cuadro 2.

Cuadro 2. Lugares y ubicación geográfica de los materiales de cacao caracterizados.

N°	Códigos	LOCALIZACIÓN	N	W	altura msnm
1	UES-SAL-1	Hospital Nacional Dr. José Antonio Saldaña, Panchimalco	13.64689°	089.19563°	957
2	UES-SAL-2	Hospital Nacional Dr. José Antonio Saldaña, Panchimalco	13.64683°	089.19548°	961
3	UES-SAL-3	Hospital Nacional Dr. José Antonio Saldaña, Panchimalco.	13.64585°	089.19551°	953
4	UES-SAL-4	Hospital Nacional Dr. José Antonio Saldaña, Panchimalco	13.64709°	089.19547°	956
5	UES-SL-5	San Laureano, Ciudad Delgado, San Salvador	13.76861°	089.15142°	500
6	UES-SL-6	San Laureano, Ciudad Delgado, San Salvador	13.76617°	089.15208°	528
7	UES-SPN-7	San Pedro Nonualco, La Paz	13.60036°	088.93135°	662
8	UES-SPN-8	San Pedro Nonualco, La Paz	13.60018°	088.93122°	648
9	UES-SPN-9	San Pedro Nonualco, La Paz	13.60009°	088.93143°	642
10	UES-VCT-10	Ciudad Victoria, Ilobasco, Cabañas	13.95128°	088.63352°	896
11	UES-SMO-11	Santa María Ostuma, La Paz	13.72065°	089.20480°	554
12	UES-SMO12	Santa María Ostuma, La Paz	13.623872°	088.94567°	553
13	UES-CAL-13	Finca, Tecoma, Caluco, Sonsonate	13.71547°	089.67445°	323
14	UES-CAL-14	Finca, Tecoma, Caluco, Sonsonate	13.71547°	089.67451°	295
15	UES-CAL-15	Finca, Tecoma, Caluco, Sonsonate	13.69511°	089.65012°	363
16	UES-SLT-16	Cantón el Salitre, Nejapa, San Salvador	13.78720°	089.25519°	739
17	UES-SLT-17	Cantón El Salitre, Nejapa, San Salvador	13.78710°	089.25508°	737
18	UES-TNG-18	Corral Viejo, Caserío La Rincona, Tenancingo, Cuscatlán	13.71955°	089.20290°	562
19	UES-PDP-19	plan del pino, Ciudad Delgado, San Salvador	13.74370°	089.14978°	520
20	UES-TNG-20	Rosario Tablón, Tenancingo, Cuscatlán	13.80104°	088.96557°	573
21	UES-JCP-21	Cantón tepesquillo, jucuapa, Usulután	13.48110°	088.39176°	672

### 3.2. Caracterización climática.

Los factores climáticos, que afectan los procesos fisiológicos del árbol de cacao son: la temperatura y las precipitaciones, por ello se considera que las temperaturas óptimas para su desarrollo son entre los 25 a 30° C, con un rango de precipitación entre los 1800 a 2500 mm bien distribuida. (MARN, 2013).

Las características climáticas que se citan en el cuadro 5, han sido tomadas del Sistema Nacional Estudios Territoriales (SNET), de las estaciones principales que están ubicadas en las cabeceras departamentales.

Cuadro 3. Características climatológicas, según estaciones meteorológicas de las cabeceras departamentales.

Departamento	Precipitación anual (mm)	Radiación calórica cm <sup>2</sup> día	Humedad relativa %	Temperatura promedio °C
Ahuachapán	1538	-	73	23
Sonsonate	1877	-	76	26.9
La Libertad	1675	-	-	26.4
La Paz	1763	-	73	26.8
Usulután	2019	434.2	-	26.4
La Unión	1775	442	66	27.8

Fuente: SNET, 2012.

### 3.3. Material experimental.

Se caracterizaron 21 árboles elites de cacao, que se encontraron en las diferentes áreas de El Salvador: cuatro en el Hospital Nacional Dr. Jose Antonio Saldaña, San Salvador; dos en San Laureano, San Salvador; tres en San Pedro Nonualco, La Paz; uno en Ciudad Victoria, Cabañas; dos en Santa María Ostuma, La Paz; tres en Finca Tecoma, Sonsonate; dos en Nejapa, San Salvador; uno en Plan del Pino, San Salvador; dos en Tenancingo, Cuscatlán y uno en Jucuapa, Usulután. Para la obtención de muestras, fue necesario utilizar herramientas tales como: bolsas plásticas, tijeras de podar, cosechadoras y navajas para injertar.

### **3.4. Herramientas para la caracterización.**

Se realizó utilizando una lista específica, tomando como referencia descriptores morfológicos y agronómicos para cacao de la cocoa research unit-university of West indians (Trinidad y Tobago, para el año 2012), adaptados al catálogo de cultivares de cacao del Perú (Garcia Carriom, 2012), Catálogo de clones de cacao, seleccionados por el CATIE para siembras comerciales y el Documento características de calidad del cacao de Colombia; Catalogo de 26 Cultivares. (Villamil, *et al.* 2013).

### **3.5. Datos de pasaporte y codificación**

La toma de datos de pasaporte, se realizó de la manera siguiente: nombre del propietario; nombre de la comunidad, municipio, departamento, año de la investigación. Para identificar adecuadamente cada árbol caracterizado, se asignó un código, el cual está estructurado como se cita a continuación: primer nombre de la institución o academia (UES), segundo nombre del lugar de recolección (fincas, comunidades y cantones), y el número con base al orden correlativo de encuentro y caracterización (Cuadro 4).

### **3.6. Georeferenciación del material encontrado.**

Cada árbol del cual se obtuvo material e información, fue georeferenciado, con el fin de ubicarlo con mayor facilidad en futuras expediciones, para ello se utilizó el sistema de posicionamiento global (GPS) de navegación marca GARMIN, modelo GPSMAP 60 CSx, con precisión de 6 m configurado con los datos: Datum WGS 84 y sistema de coordenadas geográficas. Con este aparato, se registró la altitud, longitud y latitud en que se encuentran ubicados los árboles (Fotografía 1).

### **3.7. Evaluación del material.**

El material vegetal colectado (hojas, flores, frutos y semillas), fue depositado al interior de bolsas plásticas de cinco libras y posteriormente en una hielera, con el fin de preservarlos frescos durante el transporte al laboratorio para su respectiva fase de gabinete (toma de datos).

Cuadro 4. Accesoión y códigos de los materiales de cacao, en diferentes lugares de El Salvador.

Accesión	Códigos	lugar de recolección
1	UES-SAL-1	Hospital Nacional Dr. José Antonio Saldaña, Departamento de San Salvador
2	UES-SAL-2	Hospital Nacional Dr. José Antonio Saldaña, Departamento de San Salvador
3	UES-SAL-3	Hospital Nacional Dr. José Antonio Saldaña, Departamento de San Salvador
4	UES-SAL-4	Hospital Nacional Dr. José Antonio Saldaña, Departamento de San Salvador
5	UES-SL-5	San Laureano, Ciudad Delgado, Departamento de San Salvador
6	UES-SL-6	San Laureano, Ciudad Delgado, Departamento de San Salvador
7	UES-SPN-7	San Pedro Nonualco, Departamento de La Paz
8	UES-SPN-8	San Pedro Nonualco, Departamento de La Paz
9	UES-SPN-9	San Pedro Nonualco, Departamento de La Paz
10	UES-VCT-10	Ciudad Victoria, Municipio de Ilobasco, Departamento de Cabañas
11	UES-SMO-11	Santa María Ostuma, Departamento de La Paz
12	UES-SMO12	Santa María Ostuma, Departamento de La Paz
13	UES-CAL-13	Fina, Tecoma, Municipio de Caluco, Departamento de Sonsonate
14	UES-CAL-14	Fina, Tecoma, Municipio de Caluco, Departamento de Sonsonate
15	UES-CAL-15	Fina, Tecoma, Municipio de Caluco, Departamento de Sonsonate
16	UES-SLT-16	Municipio de Nejapa, Canton el Salitre, Departamento de San Salvador
17	UES-SLT-17	Municipio de Nejapa, Canton El Salitre Departamento de San Salvador
18	UES-TNG-18	Corral Viejo, Caserío La Rincona, Municipio de Tenancingo, Departamento de Cuscatlán
19	UES-PDP-19	plan del pino, el naranjito, Ciudad Delgado
20	UES-TNG-20	Rosario Tablón, Municipio de Tenancingo, Departamento de Cuscatlán
21	UES-JCP-21	Cantón tepesquillo alto, jucuapa, Departamento de Usulután

### 3.7.1 Descriptores cualitativos

Descriptores seleccionados por sus características agromorfológicas en cacao. (Garcia Carriom, 2012).

3.7.1.1. **Forma del ápice de la hoja:** se determinó a partir de la forma que toma la hoja en la parte distal y comparado con la clave del descriptor para la hoja: acuminado largo, acuminado corto y agudo (Figura 1A).

3.7.1.2. **Forma de la base de la hoja:** se determinó a partir de la forma del limbo, y comparando con la clave del descriptor para la hoja: agudo, redondeado y obtuso (Figura 1B).

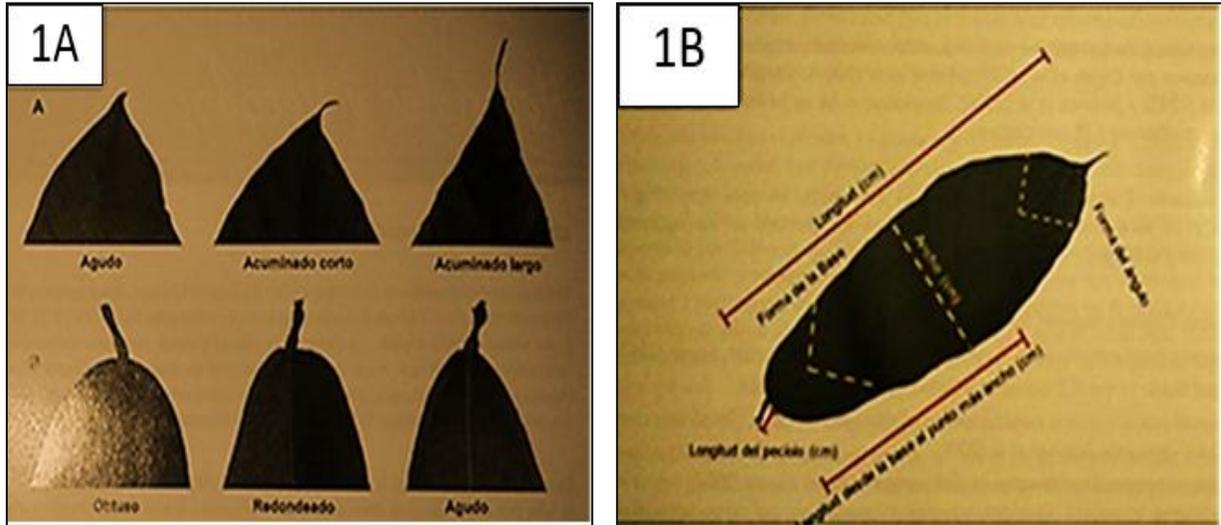


Figura 1A. Ápice de la hoja de cacao; Figura 1B. Descriptor morfológico de la hoja de cacao, propuesta por Villamil, (2013).

- 3.7.1.3. **Color de los brotes en la hoja:** se determinó de forma visual en campo, utilizando la siguiente clave del descriptor para la hoja: violetas, rojizos y verde claro.
- 3.7.1.4. **Color del fruto inmaduro:** se recolecto fruto en campo y luego se determinó la coloración en laboratorio, utilizando la tabla de Munsell y clave del descriptor para el fruto: verde, verde pigmentado y rojo.
- 3.7.1.5. **Forma del fruto:** para esta actividad se observó la forma del fruto y se comparó con las figuras respectivas del descriptor las cuales pueden ser: elíptico, oblongo, abovado, ovado, orbicular y oblado (Anexo A3).
- 3.7.1.6. **Ápice del fruto:** se determinó de forma visual en campo, utilizando la siguiente clave del descriptor para el fruto: atenuado, dentado, agudo, apezonado, obtuso y redondeado (Anexo 2).
- 3.7.1.7. **Constricción basal del fruto:** se recolectó fruto en campo para luego llevarse a laboratorio de gabinete para determinar la forma de la base, utilizando los descriptores morfológicos para fruto: ausente, ligero, intermedio y fuerte (Anexo 2).

- 3.7.1.8. **Cáscara del fruto:** se determinó de forma visual en campo la rugosidad, utilizando la siguiente clave del descriptor para el fruto: superficial, intermedio y profundo.
- 3.7.1.9. **Color de la semilla:** se recolectó en campo, luego se extrajo la semilla del fruto y posteriormente se dividió el mucilago de la semilla, determinando así la coloración en laboratorio con ayuda de la tabla de Munsell (1977), para frutales; encontrándose colores: violetas y blancos.
- 3.7.1.10. **Color de los cotiledones:** se realizó un corte en la base de la semilla, identificándose los colores: blanco, rosado, violeta, morado y moteado (Anexo A1.).
- 3.7.1.11. **Forma del corte longitudinal de la semilla:** se realizó un corte longitudinal en la semilla, identificándose las formas: oblonga, elíptica, ovada, irregular (Anexo A1.).
- 3.7.1.12. **Forma del corte transversal de la semilla:** se realizó un corte transversal en la semilla, identificándose las formas: aplanada, intermedia, redondeada (Anexo A1.).
- 3.7.1.13. **Color de la estructura floral:** para esta actividad se transportó flores en recipientes especiales, fueron llevadas a laboratorio para sus estudios y posteriormente con la ayuda de un estereoscopio se identificó los diferentes colores de las estructuras florales, los cuales son:
- Color del pedicelo: 1 = verde, 2 = verde pigmentado y 3 = rojo.
- Antocianina en la lígula del pétalo: 0 = ausente 1 = presente.
- Antocianina en el filamento estaminal 0 = ausente 1 = presente.
- Antocianina en los estaminodios: 0 = ausente 1 = presente.
- Antocianina en los estaminodios: 0 = ausente 1 = presente.
- Antocianina en la parte superior del ovario: 0 = ausente 1 = presente.



Figura 2 A. Sistema de posicionamiento global GPS; Figura 2 B. Tabla de Munsell.

### 3.7.2. Variables cuantitativas

- 3.7.2.1. **Edad del árbol:** la edad fue estimada según el testimonio de los propietarios o personas donde se realizó la colecta de los materiales.
- 3.7.2.2. **Diámetro del tronco a la altura del pecho (DAP):** se determinó en campo, haciendo uso de una cinta diamétrica (Figura 3) tomando la medida en la parte más alta de la pendiente del suelo, a una altura de 1.30 m.
- 3.7.2.3. **Altura:** esta variable fue medida a través del método de unidades, para determinación de altura en árboles, el cual se fundamenta en primer lugar en visualizar un objeto con una medida conocida como referencia, colocada al pie del árbol; en segundo lugar, alejarse del árbol a medir, a una distancia que se visualiza la parte más alta del árbol; en tercer lugar, se hace encajar visualmente un objeto con la altura conocida, una vez logrado esto, se eleva el objeto tantas veces sea necesario para cubrir el árbol a medir, de esta forma se calculó la altura (Molina Escalante MO; Castillo Guerra 2014) (Figura 4 A.)

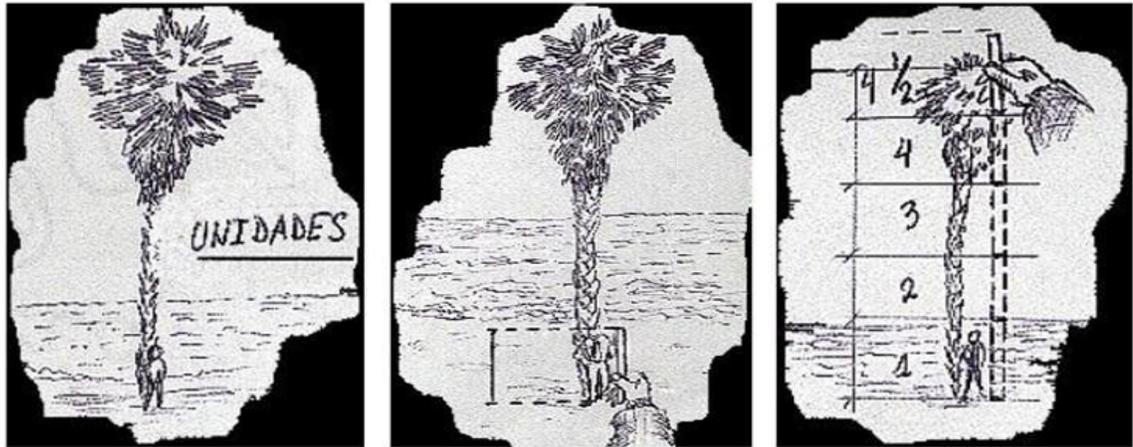


Figura 3. Método de unidades, para determinación de altura en árboles, tomado del descriptor de Mamev. propuesto por Torres 2007.

- 3.7.2.4. **Número de ramas:** se determinó de forma visual, realizando un conteo al número de ramas que sobresalen en el árbol de cacao.
- 3.7.2.5. **Longitud del pecíolo:** para esta actividad se colectó hojas que fueron llevadas a laboratorio y así determinar, midiendo con regla graduada en centímetros el largo del pecíolo. (Figura 4 B.).
- 3.7.2.6. **Longitud de lámina foliar:** empleando una regla graduada en centímetros, se tomó medida desde la base hasta la punta de la lámina foliar de 15 hojas desarrolladas y completas, que fueron tomadas de la parte media de la copa del árbol (Figura 4 C.).

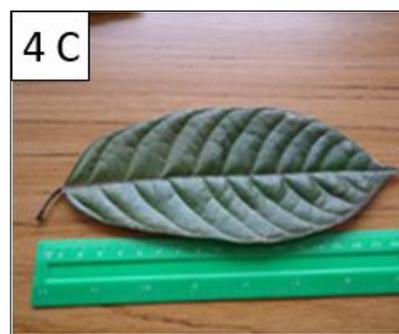
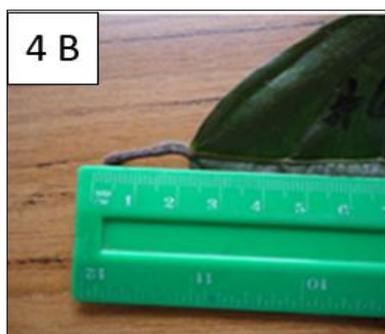


Figura 4 A. Cinta diamétrica; Figura 4 B. Longitud de peciolo; Figura 4 C. Longitud de lámina foliar

**3.7.2.7. Ancho de lámina foliar:** utilizando una regla graduada en centímetros, fue tomada la medida de la parte más ancha de la lámina foliar, tomando 15 hojas desarrolladas y completas como muestra, tomada de la parte media de la copa del árbol (Figura 5 A.).

**3.7.2.8. Área foliar:** para esta labor, se usó un integrador de área foliar marca LI - COR, modelo LI – 3100 y dos acetatos nuevos; entre los acetatos se colocó la hoja y se hizo pasar por el integrador, este midió la sombra generada por la hoja al pasar por la lámpara reflectora. Se tomó como promedio 15 hojas desarrolladas (Figura 5 B.).



Figura. 5 A. Ancho de lámina foliar; Figura 5 B. Integrador de área foliar

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

- 3.7.2.10. Longitud y diámetro de fruto:** para esta actividad se utilizó un pie de rey, midiendo el largo y ancho del fruto de tres a cinco frutos por árbol, para sacar un promedio de estas medidas (Figura 6 A.).
- 3.7.2.11. Peso de fruto:** se utilizó una báscula semianalítica, para pesar en gramos y luego transformar a kilogramos.
- 3.7.2.12. Número de surcos por fruto:** se realizó un conteo de los surcos de un fruto por cada accesión.
- 3.7.2.13. Separación del surco:** se realizó midiendo con un pie de rey, la separación entre surcos que presento cada una de las muestras.
- 3.7.2.14. Profundidad de lomo:** se realizó el corte del fruto de forma transversal, midiendo la parte de mayor grosor en la cáscara, con un pie de rey en la muestra, utilizando de tres a cinco frutos por árbol.
- 3.7.2.15. Profundidad del surco:** se realizó el corte del fruto de forma trasversal, midiendo la parte de menor grosor, con un pie de rey en la muestra, utilizando de tres a cinco frutos por árbol.
- 3.7.2.16. Número de semillas por fruto:** se realizó la extracción de la semilla para posteriormente hacer un conteo directo de los mismos.
- 3.7.2.17. Longitud y Diámetro de la semilla:** se tomó los datos con pie de rey en centímetros, con el número de semillas que contiene un fruto. (Figura 6 B.).

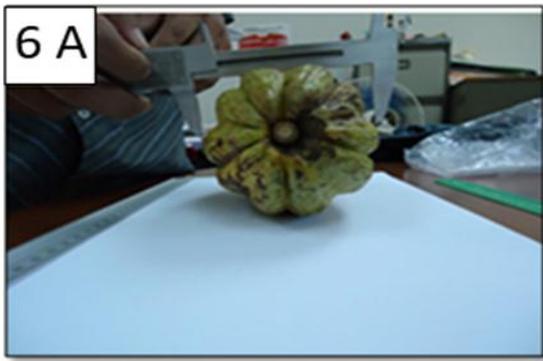


Figura. 6 A.) longitud y diámetro de fruto; Figura 6 B.) longitud y diámetro de la semilla

- 3.7.2.18. Peso de la semilla:** para ello se utilizó una balanza semianalítica tomando como promedio, el número de semillas de un fruto (Figura 7 A.).
- 3.7.2.19. Número de óvulos por ovario:** se determinó, extrayendo con alfileres, todos los óvulos de una flor, y posteriormente se realizó el conteo con el estereoscopio (Figura 7 B.).
- 3.7.2.20. Análisis Bromatológicos:** La bromatología estudia los alimentos, su composición química, su acción en el organismo, su valor alimenticio, calórico, así como sus propiedades físicas, químicas, toxicológicas, adulterantes y contaminantes, también permite conocer la composición cualitativa y cuantitativa de los alimentos. Este análisis se realizó en el laboratorio de Química Agrícola de la Facultad de Ciencias Agronómicas, a las semillas frescas de 21 árboles caracterizados, lo que comprende: Determinación de pH, proteína, grasa, humedad parcial y total, pérdida de agua además se analizó el contenido de hierro, zinc y materia seca (Marencos, 1989).
- 3.7.2.20.1. Determinación del pH del mucilago:** se realizó la extracción del mucilago que protege la semilla del cacao, posteriormente se dejó en reposo en agua destilada en un Beaker, agitándose constantemente hasta la toma de los datos en un peachimetro marca EUTECH intrumen pH 700 (Figura 7 C.).

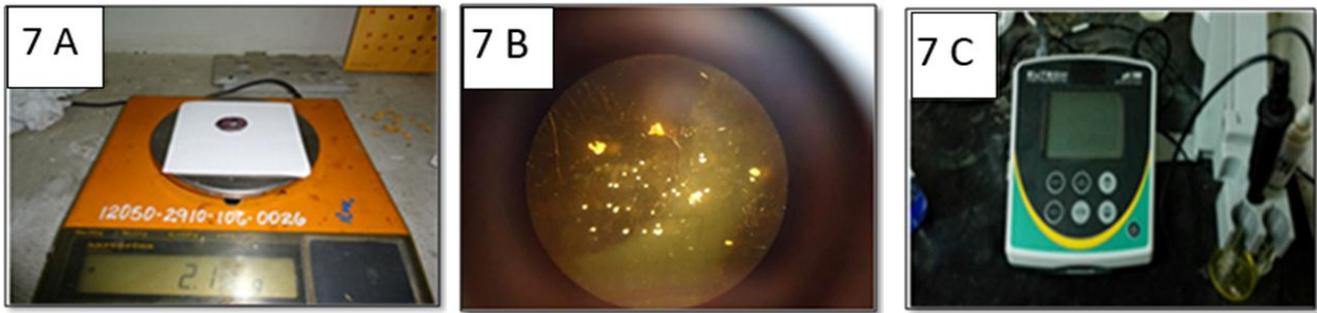


Figura 7 A.) peso de la semilla; figura 7 B.) número de óvulos por ovario; Figura 7 C.) peachimetro marca EUTECH.

**3.7.2.20.2. Determinación de proteína:** Se realizó mediante el método de Kjeldahl, el cual consiste en emplear dos procesos (digestión y destilación) que llevan a la destrucción oxidativa de los componentes de la muestra por calentamiento con ácido sulfúrico concentrado y formación de anhídrido carbónico ( $\text{CO}_2$ ) y anhídrido sulfuroso ( $\text{SO}_2$ ), mientras que el nitrógeno queda retenido como sulfato de amonio ( $\text{NH}_4$ ) $_2$  $\text{SO}_4$ ; posteriormente se transforma en amoníaco el cual se destila sobre un ácido estándar débil para formar la respectiva sal armoníaca, que al final se titula con una solución ácida estandarizada. Finalmente fue calculado el porcentaje de nitrógeno empleando las siguientes formulas: **% de Nitrógeno = ((ml HCL muestra – ml HCL testigo) \*N0.014\*100) /peso de muestra; % de proteína cruda = % Nitrógeno x 6.25.**

**3.7.2.20.3. Determinación de la grasa:** por el método de Babcock que se basa en la mezcla de ácido sulfúrico para hidrolizar la proteína y liberación de la grasa a un estado de emulsión y dejar que se separe libremente (Marencos, 1989).

**3.7.2.20.4. Humedad parcial:** se colocó una porción de muestra en una estufa de aire forzado, a una temperatura de 70°C durante 24 horas y se llevó a humedad de equilibrio o secado constante, con el propósito de eliminar la humedad externa de la semilla (Christian, 1990).

**3.7.2.20.5. Humedad total:** la muestra ya molida se colocó en una caja de aluminio, secada en estufa a temperatura de 105 °C por 6 horas hasta que perdió toda la humedad interna, luego fue colocada en un desecador, para posteriores análisis (Christian, 1990).

**3.7.2.20.6. Materia seca:** no es más que la sumatoria de la humedad total más la humedad parcial restado con 100. Ejemplo; **% M.S. = 100 - (%HP + % HT)** (Christian, 1990).

3.7.2.20.7. **Hierro y zinc:** Se utilizó el método por absorción atómica, utilizando un espectrofotómetro modelo SHIMADZU AA 7000. El proceso consistió en tratar la ceniza con ácido clorhídrico concentrado y agua destilada, luego se agitó y calentó cerca del punto de ebullición; después se filtró a través de un papel filtro libre de cenizas quedando en el filtrado los minerales, este material fue introducido en el espectrofotómetro, el cual reflejó a través de gráficas la lectura de los minerales (Christian, 1990).

3.7.2.20.8. **Ceniza:** Se obtuvo a través de la incineración, el cual consistió en pesar el crisol vacío, luego se colocó en un horno de mufla por una hora a una temperatura de 550 °C, luego se retiró y fue colocado en un desecador por 30 minutos pesando el crisol más muestra (Marencos, 1989).

3.7.2.20.9. **Pérdida de agua:** se hizo a través de la gravimetría el cual es un método analítico cuantitativo, es decir, que determina la cantidad de sustancia, midiendo el peso de la misma con una balanza analítica y por último sin llevar a cabo el análisis por volatilización. Los métodos que se utilizaron en el análisis gravimétrico son: por precipitación, volatilización y electrodeposición (Marencos, 1989).

### **3.8. Metodología estadística**

Para la interpretación de variables cualitativas, se hizo uso de estadística descriptiva por medio de tablas; mientras que para las variables cuantitativas se aplicó estadística simple (media, desviación estándar y coeficiente de variación), y análisis multivariado, específicamente: análisis correlación, componentes principales y conglomerados, usando el programa SPSS versión 20, el cual es un sistema global para el análisis de datos. A continuación se describen los análisis aplicados.

#### **3.9.1. Análisis multivariado**

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

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

### **3.9.2. Análisis de correlación**

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

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

### **3.9.3. Análisis de componentes principales**

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

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

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

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

La elección de los componentes se realiza de tal forma que el primero recoja la mayor proporción posible de la variabilidad original; el segundo factor debe recoger la máxima variabilidad posible no recogida por el primero, y así sucesivamente. Del total de factores se elegirán aquéllos que recojan el porcentaje de variabilidad que se considere suficiente. A éstos se les denominará componentes principales (Terrádez, s.f).

Cliff (1987), indicó que se deben considerar como aceptables los componentes cuyos valores propios expliquen un 70% o más de la varianza total (López e Hidalgo, citados por Franco e Hidalgo, 2003).

#### **3.9.4. Análisis de conglomerado para casos**

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

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

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

### 3.10. Elaboración de catálogo de selecciones de cacao.

Se elaboró un catálogo, en donde se describe cada una de las características de los 21 árboles, tales como: ubicación, descripción de arquitectura del árbol, descripción de hojas, descripción de frutos, descripción de semilla y características nutricionales de la semilla (Análisis Bromatológico).

## **4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

La discusión de resultados se fundamentó en realizar para las variables cualitativas, una estadística descriptiva como: frecuencia relativa, máximos, mínimos, medias, varianzas y coeficientes de variación; y para las variables cuantitativas se realizaron los siguientes análisis: análisis de correlación, análisis de componentes principales y análisis de conglomerados.

### **4.1. Análisis de descriptores cualitativos**

#### **4.1.1. Descriptores cualitativos del fruto**

##### **4.1.1.1. Color del fruto inmaduro**

Al identificar el color de fruto inmaduro se encontraron cuatro coloraciones diferentes, las cuales son: verde, verde pigmentado, verde rojizo y rojo (Cuadro 5), de los 21 árboles seleccionados el 47.62% presentaron un color verde; mientras que el 38.10% son verde pigmentado; seguido el 9.52% color rojo; y por último con 4.76% verde rojizo. Al respecto Garcia Carriom (2012), menciona que el color del fruto inmaduro puede encontrarse tres colores los cuales son: verde, verde pigmentado y rojo, como una nueva variable con respecto al descriptor; al punto de coincidir con los resultados obtenidos en la presente investigación.

##### **4.1.2.2. Forma del fruto**

Con respecto a la forma que presentaron los frutos se encontraron cuatro características las cuales son: oblongo, abovado, orbicular y ovado (Cuadro 5). Del total de los 21 árboles, se observó que el 47.62% son de características oblongos; mientras que el 28.57% son abovados; el 14.29% son de características ovado; y por último el 9.52% presentaron forma orbicular. Garcia Carriom (2012) determinó que la forma del fruto posee seis características las cuales son: elíptico, oblongo, abovado, ovado, orbicular y oblado de acuerdo con el descriptor; confirmándose en la presente investigación.

##### **4.1.2.3. Forma del ápice en el fruto**

Se encontraron cinco formas del ápice en el fruto, las cuales son: apezonado, obtuso, agudo, atenuado y fuerte (Cuadro 5). En donde, el 28.57% de los 21 materiales, presentaron ápice agudo, mientras que 23.81% de los 21 materiales son de características apezonadas y el 23.81% frutos presentando ápice obtuso; además con 19.04% de los 21 materiales,

presentaron ápice atenuado; y por ultimo con 4.76% representa un ápice fuerte (Cuadro 5). Esto coincide con los descriptores hechos por Garcia Carriom (2012) el cual considera que la forma del ápice en el fruto posee seis formas de ápice característico, las cuales son: atenuado, dentado, agudo, apezonado, obtuso y redondeado, de acuerdo con el descriptor (Anexo A2.).

#### 4.1.2.4. Rugosidad del fruto

En el cuadro 5, la rugosidad del fruto está considerada en tres características, las cuales son: profunda, intermedia y superficial. El 47.62% del total de los árboles, presentaron rugosidad profunda; el 28.57%, son de rugosidad intermedia; mientras que 23.81% tienen rugosidad superficial. Garcia Carriom (2012) determinó que la rugosidad del fruto posee tres características las cuales son: superficial, intermedio y profundo de acuerdo con esta variable, estos resultados coinciden con lo descrito por el autor.

#### 4.1.2.5. Constricción basal del fruto

Se encontraron cuatro características del fruto, las cuales fueron: intermedio, ausente, ligera y fuerte. El 42.86% de los 21 árboles, poseen constricción basal ausente; seguido del 33.33% con constricción basal intermedio; además el 19.04% del total de los árboles son de constricción basal ligera; y por último el 4.76% de estos presenta constricción basal fuerte. (Cuadro 5). Garcia Carriom (2012) mencionó que la constricción basal del fruto posee cuatro características las cuales son: ausente, ligero, intermedio y fuerte de acuerdo con este descriptor.

Cuadro 5. Frecuencia absoluta y relativa para caracteres cualitativas del fruto de cacao.

<b>Variabes</b>	<b>Características</b>	<b>Frecuencia absoluta</b>	<b>Frecuencia relativa (%)</b>
<b>Color del fruto inmaduro</b>	Verde	10	47.62
	Verde pigmentado	8	38.10
	Verde rojizo	1	4.76
	Rojo	2	9.52
<b>TOTAL</b>		<b>21</b>	<b>100%</b>
<b>Forma del fruto</b>	Oblongo	10	47.62
	Abobado	6	28.57
	Orbicular	2	9.52
	Ovado	3	14.29

<b>TOTAL</b>		<b>21</b>	<b>100%</b>
<b>Forma del Ápice</b>	Apezonado	5	23.81
	Obtuso	5	23.81
	Agudo	6	28.57
	Atenuado	4	19.04
	Fuerte	1	4.76
<b>TOTAL</b>		<b>21</b>	<b>100%</b>
<b>Rugosidad</b>	Profunda	10	47.62
	Intermedia	6	28.57
	Superficial	5	23.81
<b>TOTAL</b>		<b>21</b>	<b>100%</b>
<b>Constricción basal</b>	Intermedio	7	33.33
	Ausente	9	42.86
	Ligera	4	19.04
	Fuerte	1	4.76
<b>TOTAL</b>		<b>21</b>	<b>100%</b>

### 4.1.3. Descriptores cualitativos de la hoja

#### 4.1.3.1. Forma del Ápice de la hoja

Según el descriptor con respecto a la forma que presentó el ápice de la hoja, se encontró en las hojas de los respectivos árboles, tres características los cuales son: acuminado largo, acuminado corto y agudo (Cuadro 6). Se observó que el 42.86% de 21 árboles, son de características acuminado largo; mientras que el 38.10% son de características agudo; y por último el 19.04% tiene características acuminado corto. La forma del ápice de la hoja posee tres características las cuales son agudas, acuminado corto y largo, coincidiendo estos resultados con Villamil (2013).

#### 4.1.3.2. Forma de la base de la hoja

Con base al descriptor se determinaron tres formas de la base de la hoja, las cuales son: agudo, redondeado y obtuso. Donde, el 61.90% de los 21 árboles, presentaron forma aguda,

mientras que 19.04% presentaron características redondeado y el 19.04% presentaron características obtuso (cuadro 6).

#### 4.1.3.3. Color de los brotes de la hoja

En el cuadro 6, se determinó que el color de los brotes en la hoja está considerado en el descriptor en 3 colores, las cuales son: verde claro, rojizos y violetas. El 47.62% del total de los arboles presentaron brotes de color verde claro; el 33.33% de estos, poseen brotes de color rojizos; y el 19.04% de los 21 árboles son de color violeta. Wood (1982), menciona que el color de los brotes terminales de la hoja puede ser de color claro o de varios tonos de rojo, con pigmentación violeta.

Cuadro 6. Frecuencia absoluta y relativa para características de la hoja de cacao.

<b>Variables</b>	<b>Características</b>	<b>Frecuencia absoluta</b>	<b>Frecuencia relativa (%)</b>
<b>Forma del ápice de la hoja</b>	Acuminado largo	9	42.86
	Acuminado corto	4	19.04
	Agudo	8	38.10
<b>TOTAL</b>		<b>21</b>	<b>100%</b>
<b>Forma de la base de la hoja</b>	Agudo	13	61.90
	Redondeado	4	19.04
	Obtuso	4	19.04
<b>TOTAL</b>		<b>21</b>	<b>100%</b>
<b>Color de los brotes</b>	Violeta	4	19.04
	Rojizos	7	33.33
	Verde claro	10	47.62
<b>TOTAL</b>		<b>21</b>	<b>100%</b>

#### 4.1.4. Descriptores cualitativos de la semilla

##### 4.1.4.1 Sección longitudinal de la semilla

Con respecto a la sección longitudinal de la semilla se encontraron cuatro características los cuales son: irregular, ovada, elíptica y oblonga (Cuadro 7). Se observó que el 47.62% de 21 árboles, son de características irregular; mientras que el 28.57% son de características ovada;

además el 14.29% tienen características elípticas; por último, el 9.52% de los 21 árboles presentaron una sección oblonga, coincidiendo con Garcia Carriom (2012) y Mora (2012); quienes establecen que la sección longitudinal de la semilla posee características oblonga, ovada, elíptica e irregular, a diferencia que el ultimo autor agrega la ovalada.

#### **4.1.4.2. Sección transversal de la semilla**

Se determinaron tres características de la sección transversal de la semilla, las cuales son: intermedia, redondeada y aplanada. En donde, el 66.66% de los 21 árboles, presentaron sección intermedia, mientras que el 23.81% poseen características redondeadas; y por ultimo 9.52% representan características aplanadas. Las características encontradas coinciden con lo descrito por Garcia Carriom (2012) y Mora (2012) quienes describen que la sección transversal de la semilla posee característica aplanada, intermedia y redondeada.

#### **4.1.4.3. Color del cotiledón de la semilla**

En el cuadro 7, se determinó que, en el color del cotiledón de la semilla, está considerada en cuatro características, las cuales son: rosada, blanco, morado y violeta. Donde el 28.57% del total de los árboles son de color morado; el 23.81% de estos son de color rosado; 23.81% poseen color blanco; y por último el 19.04% de los 21 árboles poseen color violeta.

#### **4.1.4.4. Color de la semilla**

Se establecieron dos características de la variable color de la semilla, las cuales fueron: violeta y blanco. El 85.71% de los 21 materiales poseen color violeta; el 14.29% de los materiales poseen color blanco (Cuadro 7). Según Espinoza (2011) se hizo un estudio en donde se encontró granos de color morado a blanco.

Por otra parte, Suárez (2010) establece que al hacerse un corte longitudinal (semilla fresca) presenta almendras blancas y violetas.

#### **4.1.4.5. Color de la semilla (tabla de munsell)**

En cuanto al color de la semilla en relación a la tabla de munsell, se encontraron dos características con sus códigos como se observa en el cuadro 7, en donde sobresalieron: Rojo-purpura y Amarillo. En donde el 85.71% de los árboles son de color Rojo-purpura; y por otro lado, el 14.29% de los árboles son de color Amarillo.

Cuadro 7. Frecuencia absoluta y relativa para caracteres cualitativos de la semilla.

<b>Variables</b>	<b>Características</b>	<b>Frecuencia absoluta</b>	<b>Frecuencia relativa (%)</b>
<b>Sección longitudinal de la semilla</b>	Irregular	10	47.62
	Ovada	6	28.57
	Elíptica	3	14.29
	Oblonga	2	9.52
<b>TOTAL</b>		<b>21</b>	<b>100%</b>
<b>Sección transversal de la semilla</b>	Intermedio	14	66.66
	Redondeada	5	23.81
	Aplanada	2	9.52
<b>TOTAL</b>		<b>21</b>	<b>100%</b>
<b>Color del cotiledón de la semilla</b>	Rosado	5	23.81
	Blanco	5	23.81
	Morado	6	28.57
	Violeta	4	19.04
<b>TOTAL</b>		<b>21</b>	<b>100%</b>
<b>Color de la semilla</b>	Violeta	18	85.71
	Blanco	3	14.29
<b>TOTAL</b>		<b>21</b>	<b>100%</b>
<b>Color de semilla (Munsell)</b>	Rojo-purpura	18	85.71
	Amarillo	3	14.29
<b>TOTAL</b>		<b>21</b>	<b>100%</b>

#### 4.1.5. Descriptores cualitativos de la flor

##### 4.1.5.1 Color de pedicelo

Con respecto al color de pedicelo se encontraron 13 árboles que presentaron floración de los cuales podemos mencionar, tres características según el descriptor: verde, verde pigmentado y rojo (Cuadro 8). Se determinó que el 15.38%, según el descriptor presentaron color verde; mientras que el 53.85% presentaron pedicelo verde pigmentado, por último, el 30.77% pedicelo

color rojo. Al respecto Garcia Carriom (2012) menciona que los colores de pedicelo son: verde, verde pigmentado y rojo de acuerdo al descriptor.

#### **4.1.5.2. Antocianina en la lígula del pétalo**

Se determinaron cuatro características de la antocianina en la lígula del pétalo, las cuales son: rojo, rojo-purpura, amarillo-rojo y amarillo. Donde el 69.23 % de los 13 árboles presentaron color rojo; el 7.69% es de color rojo-purpura; además el 7.69% de los 13 árboles presentó color amarillo-rojo; y por último el 15.38% son de características amarillas (cuadro 8). Garcia Carriom (2012) menciona que la antocianina en la lígula del pétalo posee cuatro características las antes mencionadas y que la antocianina se encuentra presente para este descriptor.

#### **4.1.5.3. Antocianina en el filamento estaminal**

En lo que se refiere a la antocianina en el filamento estaminal, se encontró cinco características, las cuales son: rojo-purpura, rojo, amarillo, Verde-amarillo y verde-rojo, distribuidos así: El 7.69% del total de los árboles, presentaron color rojo-púrpura; el color rojo 30.70%; y el 23.08% presentó color amarillo; además el 30.77% presentaron una característica de color verde-amarillo; y por último el 7.69% del total de los árboles, presentó color verde-rojo.

Garcia Carriom (2012) establece que la antocianina en el fiamento estaminal posee cinco características las antes mencionadas y que la antocianina se encuentra presente en unos descriptores (rojo, rojo-purpura), y ausentes en otros (amarillo, verde-amarillo y verde-rojo).

#### **4.1.5.4. Antocianina en los estaminoides**

Se encontraron en este trabajo variable antocianina en los estaminoides, las cuales fueron: rojo, rojo-purpura y amarillo (cuadro 8). El 7.69% (una accesión) de los 13 árboles, poseen color rojo; además el 84.62% (11 accesiones) del total de los árboles, son de color rojo-purpura; y el 7.69% (una accesión) de estos árboles poseen color amarillo.

Por otra parte, Garcia Carriom (2012) considera que la antocianina en los estaminoides posee tres características, y que la antocianina se encuentra presente para este descriptor. (Anexo 1).

#### 4.1.5.5. Antocianina en la parte superior del ovario

En cuanto a la antocianina en la parte superior del ovario, se encontraron dos características las cuales son: amarillo y verde-amarillo. El 61.54% (ocho accesiones) de los 13 árboles, son de color amarillo; y por último el 38.46% (cinco accesiones) del total de los árboles poseen color verde-amarillo. García Carriom (2012) menciona que la antocianina en la parte superior del ovario posee dos características, y que la antocianina se encuentra ausente para este descriptor.

Cuadro 8. Frecuencia absoluta y relativa para carácter cualitativa de la flor.

<b>Variables</b>	<b>Características</b>	<b>frecuencia absoluta</b>	<b>Frecuencia relativa (%)</b>
<b>color de pedicelo</b>	Verde	2	15.38
	verde pigmentado	7	53.85
	Rojo	4	30.77
<b>TOTAL</b>		<b>13</b>	<b>100%</b>
<b>antocianina en la lígula del pétalo</b>	Rojo	9	69.23
	Rojo-purpura	1	7.69
	Amarillo-rojo	1	7.69
	Amarillo	2	15.38
<b>TOTAL</b>		<b>13</b>	<b>100%</b>
<b>antocianina en el filamento estaminal</b>	Rojo-purpura	1	7.69
	Rojo	4	30.77
	Amarillo	3	23.08
	Verde-amarillo	4	30.77
	Verde-rojo	1	7.69
<b>TOTAL</b>		<b>13</b>	<b>100%</b>
<b>antocianina en los estaminoides</b>	Rojo	1	7.69
	Rojo-purpura	11	84.62
	Amarillo	1	7.69
<b>TOTAL</b>		<b>13</b>	<b>100%</b>
<b>antocianina en la parte superior del ovario</b>	Amarillo	8	61.54
	Verde-amarillo	5	38.46
<b>TOTAL</b>		<b>13</b>	<b>100%</b>

## 4.2. Análisis de descriptores cuantitativos

### 4.2.1. Descriptores cuantitativos del árbol de cacao.

#### 4.2.1.1. Altura de los árboles

En la figura 8, se observa que el árbol UES-PDP-19 presentó la mayor altura con 10 m, mientras que el UES-TNG-20, es el árbol de menor tamaño con 2 m; así mismo, la altura promedio que se obtuvo de los 21 árboles es de 5 m. Por otra parte, el 100% de los árboles se encontraron dentro del rango 2-10 m estos resultados son afines con los mencionado por Batista (2009) quien considera que *el Theobroma cacao L.* puede medir de 6 a 8 m y 12 m especialmente en cacaos amelonados que son provenientes de América del sur, además que este depende de factores ambientales que influyen en el crecimiento así como la luminosidad; asimismo en Dostert *et al.* 2011, cita que *el Theobroma cacao L.* es un árbol semi cadúcifolio de hasta 12 m de altura, y en cultivo se mantienen normalmente de 2 a 10 m.

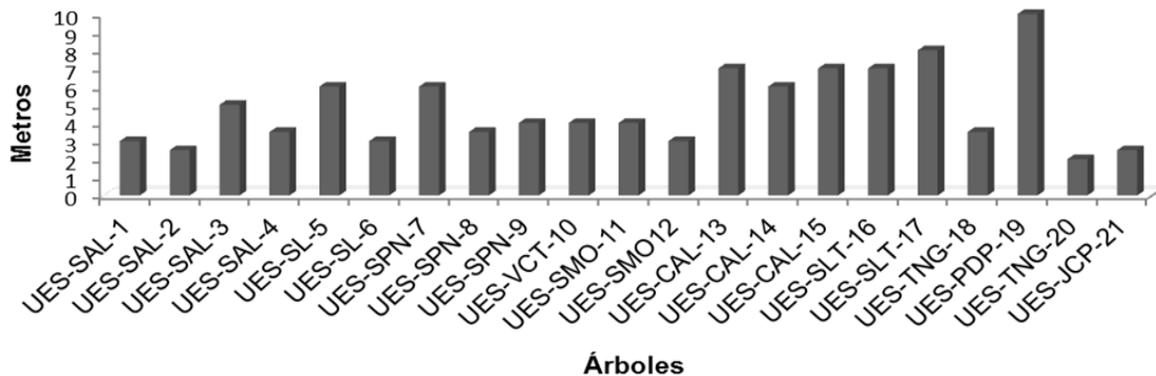


Figura 8. Altura de los árboles

#### 4.2.1.2. Edad de árboles

En la figura 9, se observó que el árbol UES-VCT-10 presentó la mayor edad con 80 años, y los materiales UES-TNG-18 y EL UES-TNG-20 mostraron las menores edades con 10 años. Asimismo, la edad promedio fue de 37 años, para esta variable. Por otra parte el 100% de los árboles se encontraron dentro del rango de edad de 10-80 años. Es necesario mencionar que esta variante fue estimada por los propietarios de la finca y testimonios de los agricultores de los alrededores de la zona.

Orosco Aguilar (2016), menciona que los árboles de cacao en relación a su edad, comienzan a cosechar entre los dos a cuatro años, que el rendimiento promedio aumenta hasta los ocho a diez años, pero se estabiliza entre los 11 y 16 años de edad.

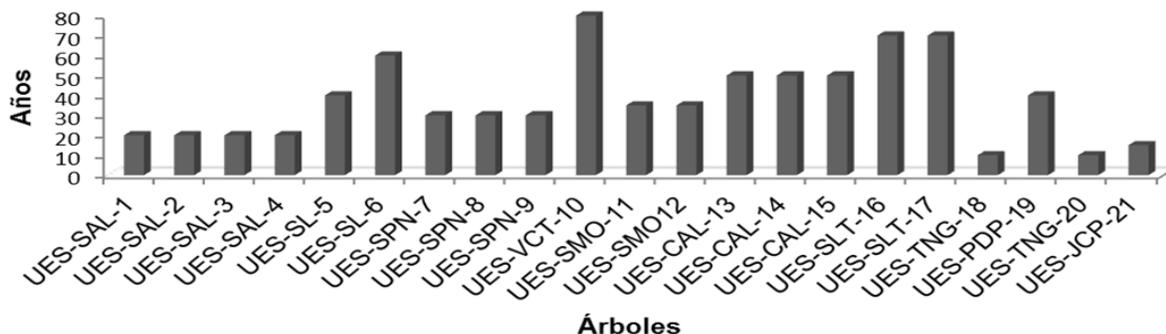


Figura 9. Edad de árboles

#### 4.2.1.4. Número de ramas por árbol

El mayor número de ramas se presenta en tres árboles los cuales son; UES-SL-5, UES-SLT-16 y UES-SLT-17; con un total de siete ramas; y los árboles que presentaron menos ramas fueron diez los cuales son; UES-SAL-2, UES-SAL-3, UES-SL-6, UES-SPN-7, UES-SPN-9, UES-VCT-10, UES-CAL-13, UES-CAL-15, UES-PDP-19 y UES-TNG-20; con una sola rama; asimismo, el número de ramas promedio que se obtuvo de los 21 árboles fue de 3 ramas por árbol (figura 10). Por otra parte el 100% de los árboles se encontraron dentro del rango de 1-7 ramas.

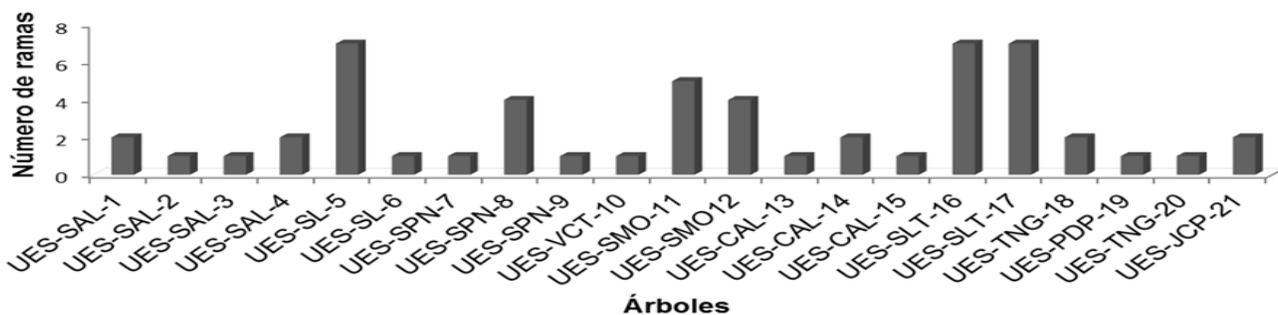


Figura 10. Número de Ramas Totales.

Cuadro 9. Características cuantitativas de los árboles de cacao.

Arboles/VARIABLES	Altura del árbol	Edad de los arboles	N° de ramas por árbol
UES-SAL-1	3	20	2
UES-SAL-2	2.5	20	1
UES-SAL-3	5	20	1
UES-SAL-4	3.5	20	2
UES-SL-5	6	40	7
UES-SL-6	3	60	1
UES-SPN-7	6	30	1
UES-SPN-8	3.5	30	4
UES-SPN-9	4	30	1
UES-VCT-10	4	80	1
UES-SMO-11	4	35	5
UES-SMO-12	3	35	4
UES-CAL-13	7	50	1
UES-CAL-14	6	50	2
UES-CAL-15	7	50	1
UES-SLT-16	7	70	7
UES-SLT-17	8	70	7
UES-TNG-18	3.5	10	2
UES-PDP-19	10	40	1
UES-TNG-20	2	10	1
UES-JCP-21	2.5	15	2
<b>Promedio</b>	5	37.00	3
<b>Máxima</b>	10.00	80.00	7
<b>Mínima</b>	2.00	10	1
<b>Desviación Estándar</b>	2.00	20.00	2.00
<b>Coefficiente de Variación</b>	44.67	53	84

#### 4.2.2. Descriptores cuantitativos del fruto

##### 4.2.2.1. Número de frutos por árbol

En la figura 11, se observó que el árbol UES-SLT-16 presentó el mayor número de frutos, con un total de 200 frutos, y el material UES-TNG-18, mostró el menor número de frutos, con un total de 12. Asimismo, el número de frutos promedio fue de 57. Por otra parte, el 100% de los árboles se encontraron dentro del rango de 12-200 frutos. Según Garcia Carriom (2012) de los árboles seleccionados, en las variedades trinitarios se obtuvo un índice de fruto por árbol de

20-23; mientras que en las variedades forasteras se encontró de 25-31 frutos por árbol; y que en las variedades criollas se encontró un índice de fruto por árbol de 23-28, según el promedio de índice de frutos por árbol.

Para Martínez Botello (2013) en las investigaciones realizadas para la federación nacional de cacaoteros de Colombia (FEDECACAO), de los clones regionales y universales seleccionados en su investigación, se encontró árboles con un índice de fruto por árbol de 12-21, según el promedio de índice frutos por árbol, siendo un rango relativamente menor a los encontrados en la presente investigación.

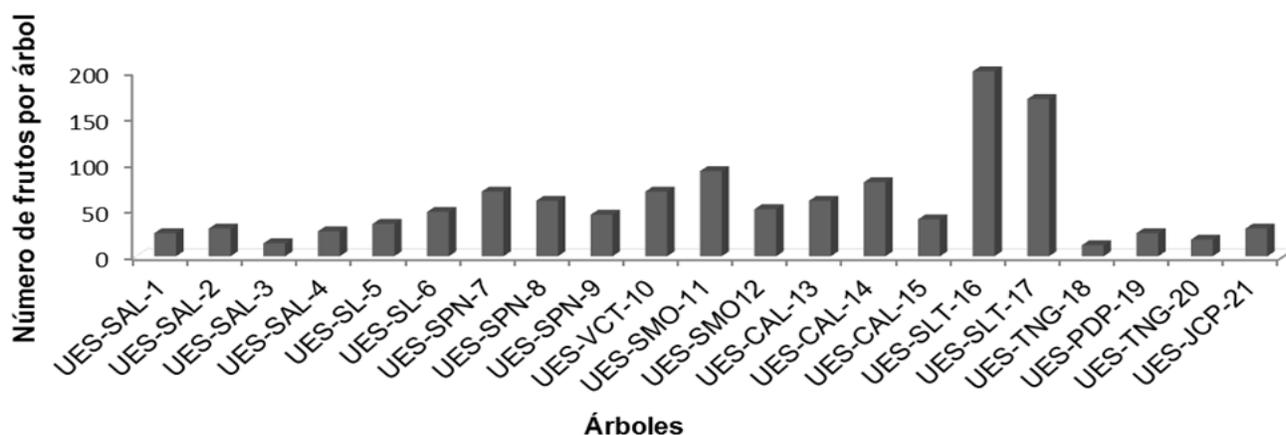


Figura 11. Número de frutos por Árbol.

#### 4.2.2.2. Número de semillas por fruto

De los 21 árboles que se tomó el número de semillas por fruto, el UES-CAL-15 presentó el mayor valor, el cual es de 75 semillas, mientras que el árbol UES-TNG-18, mostró el menor valor con 21 semillas como se muestra en la figura 8, se observó también que el promedio del semilla por frutos fue de 41 semillas. Así mismo el 100% de los árboles se encontró dentro del rango de 21-75 números de semillas por fruto. Por otra parte Mora (2012) en el catálogo de clones de cacao del CATIE, los resultados de las investigaciones, para esta variable, fueron de 27-37 números de semillas por fruto. Según Garcia Carriom (2012), en los resultados obtenidos en el catálogo de clones de Perú, se puede ver un rango promedio de 22-27 semillas por fruto, estos resultados son inferiores a los encontrados en la presente investigación.

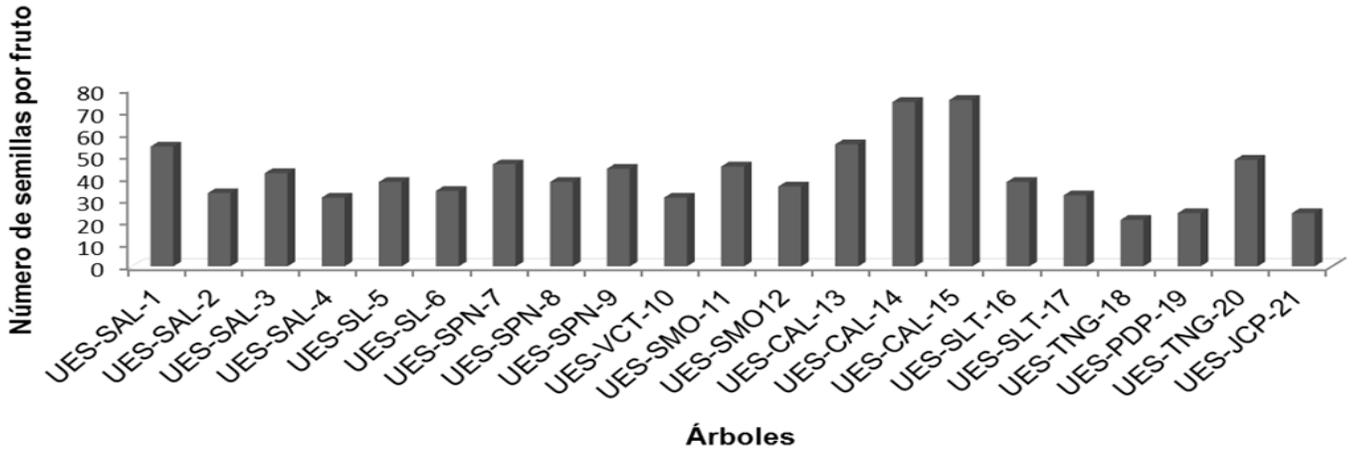


Figura 12. Número de semillas por fruto.

#### 4.2.2.3. Peso del fruto

El fruto del árbol que presentó mayor peso fue el UES-SL-5 con 1.248 kg, mientras que el menor valor lo mostró el fruto del árbol UES-SAL-1 con 0.173 kg, (figura 13). El peso promedio de frutos de los 21 árboles fue de 0.53 kg. Asimismo, el 100% de los árboles se encontraron dentro de un rango de 0.173-1.248 kg. Según Gutiérrez Hernández (2011) considera que, en la investigación proporcionada en el estudio agronómico y fisicoquímico de los ecotipos, se encontró arboles con un rango de 0.45-1.13 kg. En el peso del fruto.

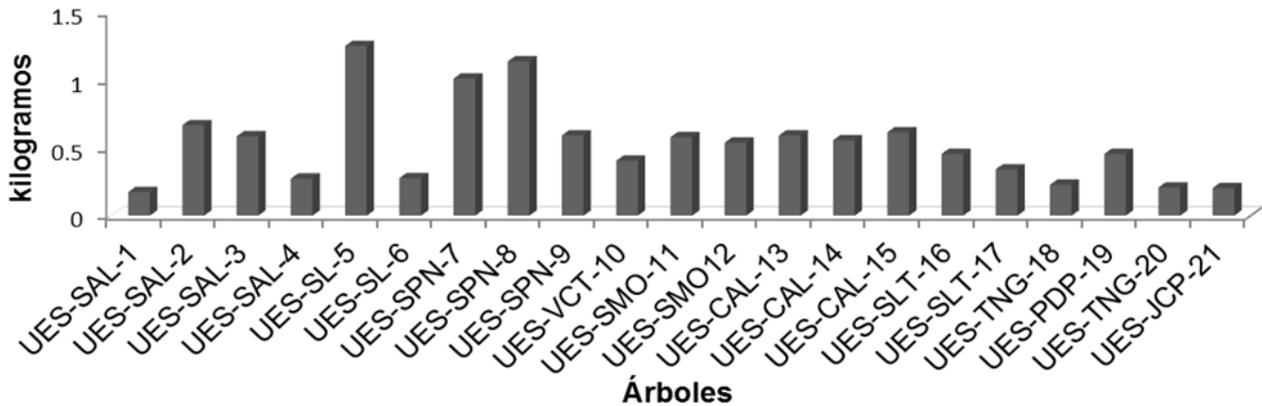


Figura 13. Peso del Fruto

#### 4.2.2.4. Longitud y Diámetro del fruto

Figura 14, se muestra que el fruto del árbol UES-SL-5, presentó los mayores valores, con 27 cm (Longitud de fruto) y 10.52 cm (Diámetro de fruto), respectivamente; por otra parte, los menores valores los presentaron el UES-TNG-20 que van de 11.3 cm (Longitud de fruto) y el UES-SAL-1, que es de 5.73 cm (Diámetro de fruto). Por otra parte, se observó que la Longitud promedio de los 21 frutos fue de 19.05 cm. Así mismo el 100% de los frutos se encuentra dentro del rango 11.3-27 cm (Longitud del fruto); mientras que el Diámetro promedio fue 8.0 cm, por otra parte, el 100% de los frutos se encuentra en el rango 5.73-10.52 cm (Diámetro del fruto).

Mora (2012), encontró que en la Longitud del fruto posee un rango de 14.3-19.7 cm. En cuanto al Diámetro podemos considerar un rango de 8.5-9.6 cm para esta variable, estos resultados son congruentes con los encontrados por Ramírez Díaz (2011) quien obtuvo que una Longitud del fruto posee un rango de 14-15 cm y un Diámetro del fruto de 7.5-8.7 cm.

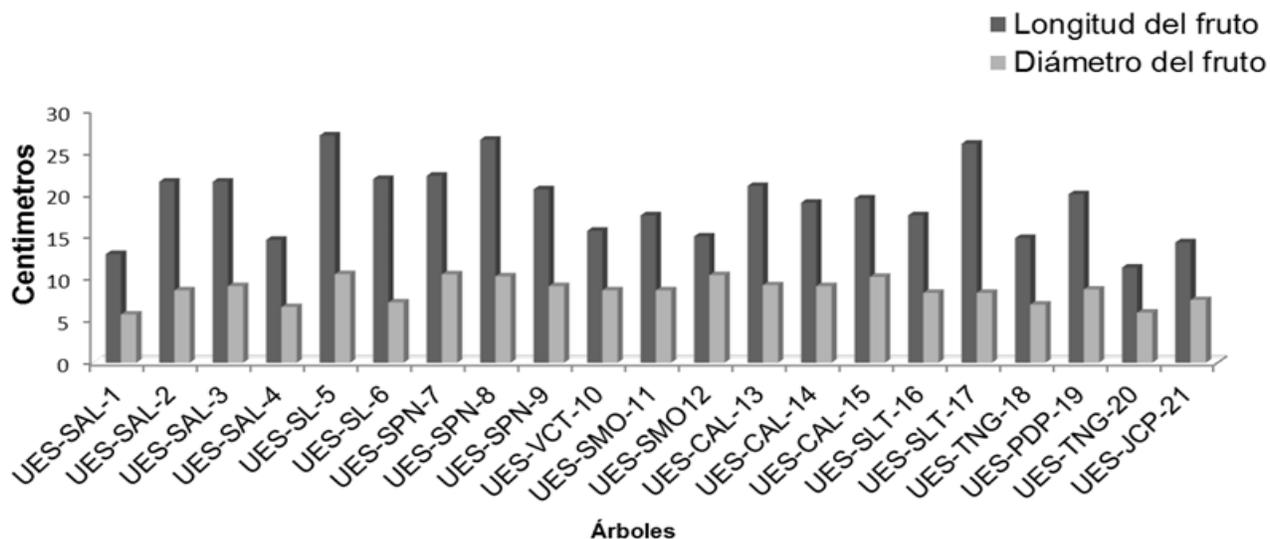


Figura 14. Longitud y Diámetro del fruto.

#### 4.2.2.5. Número de surcos por fruto

En la figura 15, se muestra que los frutos de los árboles UES-SAL-2,3,4; UES-SPN-7,8,9; UES-VCT-10, UES-SMO-11,12; UES-CAL13,14,15; UES-SL-17; UES-TNG-18; y el UES-TNG-20, presentaron un número de 10 surcos por fruto, mientras que el menor valor lo mostraron 3 frutos; UES-SAL-1, UES-SL.5 y el UES-JCP-21; con un número de 5 surcos por fruto. El número de surcos promedio de los 21 árboles fue de 9 surcos por fruto. Asimismo, el 100% de estos se encontraron dentro de un rango de 5-10 surcos por árbol. Al respecto Gutiérrez Hernández (2011), menciona que los valores para el número de surcos se encuentran en un rango de 5 a 10 números de surcos para este descriptor, en cuyo caso, los resultados obtenidos están en dicho rango.

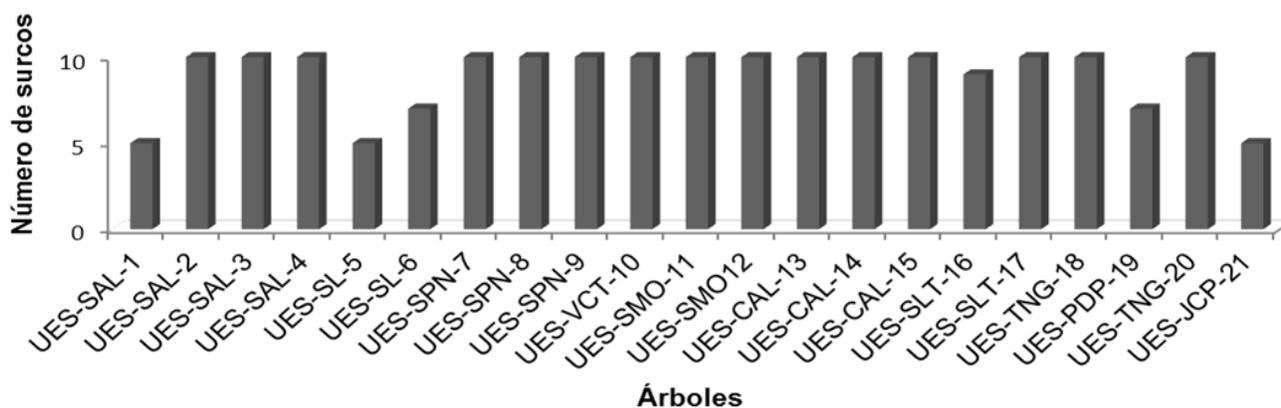


Figura 15. Número de surco.

#### 4.2.2.6. Profundidad del lomo; separación y profundidad del surco en frutos de cacao

El fruto UES-SAL-2, presento la mayor profundidad del lomo, con 2.8 cm, mientras que el menor valor lo mostro el fruto UES-SAL-1 con 0.70 cm. Asimismo el 100% de los frutos se encontraron dentro de un rango de 0.70-2.80 cm. En la figura 12, se muestra que el fruto UES-SL-5 presentó la mayor separación del surco, con 6 cm; mientras que el UES-TNG-18, mostró la menor separación del surco con 2 cm. Por lo tanto, el 100% de los frutos se encontraron dentro del rango de 2-6 cm para la separación del surco.

De los 21 árboles que se tomaron para la variable de fruto, en profundidad del surco, el UES-SAL-2 presentó el mayor valor, el cual es de 2.6 cm, mientras que el fruto UES-SAL-1, mostró el menor valor con 0.55 cm, como se muestra en la figura 16, se observó también que el promedio de la profundidad del surco en el fruto fue de 1.13 cm. Así mismo el 100% de los frutos se encontró dentro del rango 0.55-2.6 cm.

Martínez Botello (2013) en las investigaciones realizadas para la federación nacional de cacaoteros de Colombia (FEDECACAO), se encontraron frutos con una profundidad del lomo de 1-2 cm; para la separación del surco se encontraron valores con un rango de 1-3 cm y que para la profundidad del surco tenemos un rango de 1-1.3cm. Por el contrario Moran (2012) encontró que la profundidad del lomo en el fruto es de 0.32-0.65 cm; la separación del surco es de 1-3.1 cm; y que para la profundidad del surco un rango de 1-2 cm.

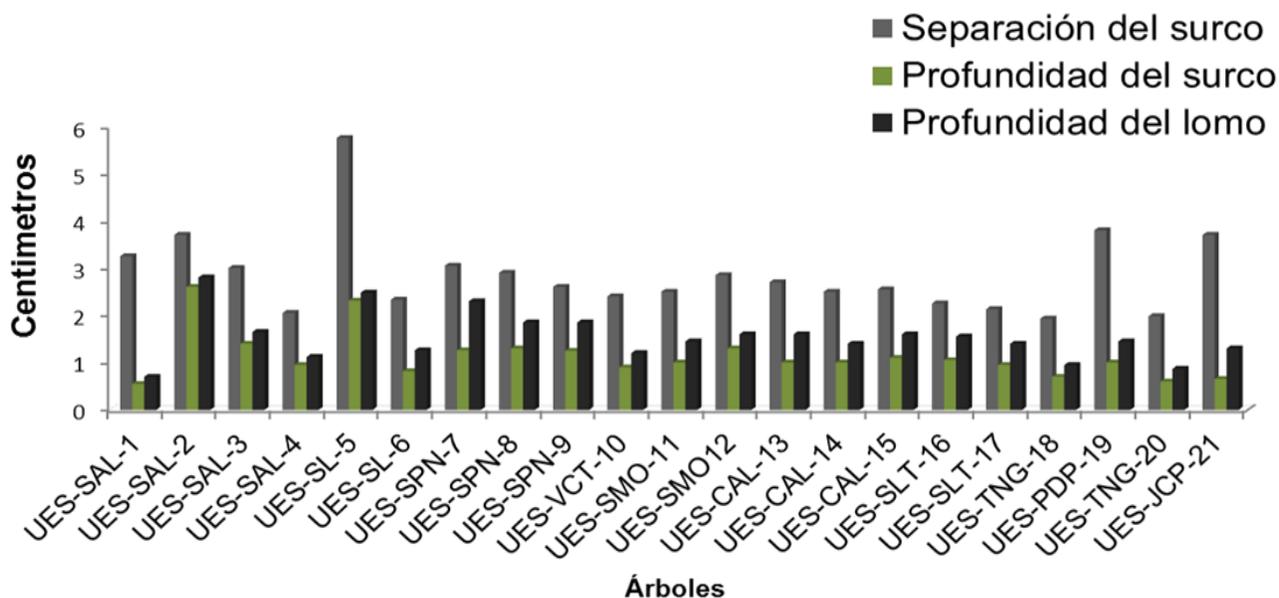


Figura 16. Separación del lomo, separación y profundidad del surco.

Cuadro 10. Características cuantitativas del fruto de cacao.

Arboles/Vari ables	N° de frutos	N° de semillas/ fruto	peso del fruto	Longitud del fruto	Diámetro del fruto	N° de surcos	separació n del surco	profundida d del lomo	Profundida d del surco
<b>UES-SAL-1</b>	25	54	0.173	12.9	5.73	5	3.25	0.7	0.55
<b>UES-SAL-2</b>	30	33	0.666	21.5	8.6	10	3.7	2.8	2.6
<b>UES-SAL-3</b>	14	42	0.583	21.5	9.1	10	3	1.65	1.4
<b>UES-SAL-4</b>	27	31	0.273	14.6	6.61	10	2.05	1.12	0.95
<b>UES-SL-5</b>	35	38	1.248	27	10.52	5	5.75	2.48	2.31
<b>UES-SL-6</b>	48	34	0.276	21.83	7.16	7	2.33	1.26	0.82
<b>UES-SPN-7</b>	70	46	1.008	22.2	10.5	10	3.05	2.3	1.26
<b>UES-SPN-8</b>	60	38	1.135	26.5	10.25	10	2.9	1.85	1.3
<b>UES-SPN-9</b>	45	44	0.591	20.6	9.1	10	2.6	1.85	1.25
<b>UES-VCT-10</b>	70	31	0.404	15.66	8.6	10	2.4	1.2	0.9
<b>UES-SMO-11</b>	92	45	0.577	17.5	8.6	10	2.5	1.45	1
<b>UES-SMO12</b>	51	36	0.537	15	10.4	10	2.85	1.6	1.3
<b>UES-CAL-13</b>	60	55	0.590	21	9.2	10	2.7	1.6	1
<b>UES-CAL-14</b>	80	74	0.555	19	9.1	10	2.5	1.4	1
<b>UES-CAL-15</b>	40	75	0.613	19.5	10.2	10	2.55	1.6	1.1
<b>UES-SLT-16</b>	200	38	0.454	17.5	8.3	9	2.25	1.55	1.05
<b>UES-SLT-17</b>	170	32	0.341	26	8.3	10	2.13	1.4	0.95
<b>UES-TNG-18</b>	12	21	0.227	14.8	6.9	10	1.93	0.95	0.7
<b>UES-PDP-19</b>	25	24	0.454	20	8.7	7	3.8	1.45	1
<b>UES-TNG-20</b>	18	48	0.207	11.3	5.95	10	1.98	0.87	0.6
<b>UES-JCP-21</b>	30	24	0.203	14.3	7.45	5	3.7	1.3	0.65
<b>Promedio</b>	57	41.10	0.53	19.06	8.54	8.95	2.85	1.54	1.13
<b>Máxima</b>	200	75.00	1.248	27.00	10.52	10.00	5.75	2.80	2.60
<b>Mínima</b>	12	21.00	0.173	11.30	5.73	5.00	1.93	0.70	0.55
<b>Desviación Estándar</b>	48	14.38	0.30	4.44	1.46	1.88	0.87	0.51	0.50
<b>Coficiente de Variación</b>	84	35	56	23	17	21	30	33	44

### 4.2.3. Descriptores cuantitativos de la semilla.

#### 4.2.3.1. Longitud y Diámetro de la semilla

Figura 17, se observó que la semilla del UES-PDP-19, presentó los mayores valores de longitud con 2.95 cm y diámetro de la semilla con 1.68 cm, por otra parte, los menores valores los presentaron el UES-SLT-17 que van de 2.09 cm para la longitud de la semilla y el UES-SAL-4, que es de 1.11 cm para el diámetro de la semilla. Por otra parte, en el cuadro 11, el largo promedio de los 21 árboles fue de 2.37 cm. Asimismo el 100% de los árboles se encuentran dentro del rango 2.09-2.95 cm para la longitud de la semilla; mientras que el diámetro promedio de la semilla fue de 1.34 cm, y el 100% de las semillas se encuentra en el rango 1.11-1.68 cm para el diámetro de la semilla.

Morán (2012) encontró que los valores para la longitud de la semilla se encuentran en un rango de 2.1 a 2.6 cm y que el diámetro es de 0.80 a 1.1 cm para este descriptor. Por otra parte, Gutiérrez Hernández (2011) los resultados encontrados para su investigación, proporciona que el rango para la longitud de la semilla fue de 2.14-2.50 cm y que para el diámetro de la semilla fue de 1.15-1.26 cm, por lo tanto los datos encontrados son similares a los encontrados en nuestra investigación.

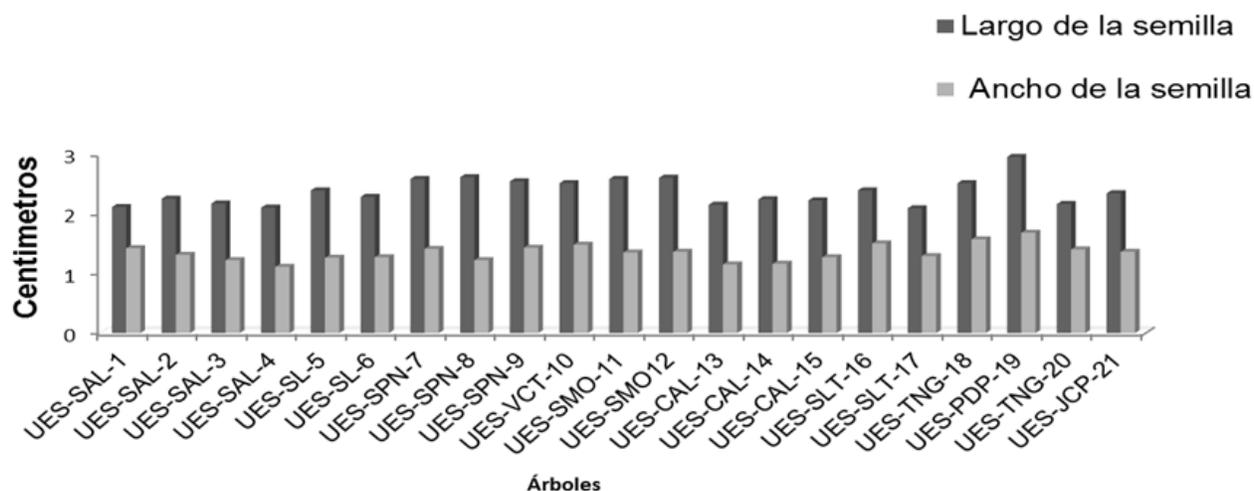


Figura 17. Largo y Ancho de la Semilla.

#### 4.2.3.2. Peso de la semilla

La semilla del árbol UES-PDP-19, presentó el mayor valor con 3.18 g. mientras que el menor valor lo mostró el UES-SAL-4 con 0.95 g. Asimismo, cuadro 11, se observa que el peso promedio de las 21 semillas fue de 1.76 g. Por otra parte, el 100% de las semillas se encuentran dentro del rango de 0.95-3.18 g. (Figura 18).

Martínez Botello (2013) en las investigaciones realizada para la federación nacional de cacaoeros de Colombia (FEDECACAO), encontró que el peso de la semilla se encuentra en un rango de 1.3-1.6 g. al respecto Ramírez Díaz (2011) menciona valores afines a los encontrados los cuales son 1.4-1.8 g. para el peso de la semilla.

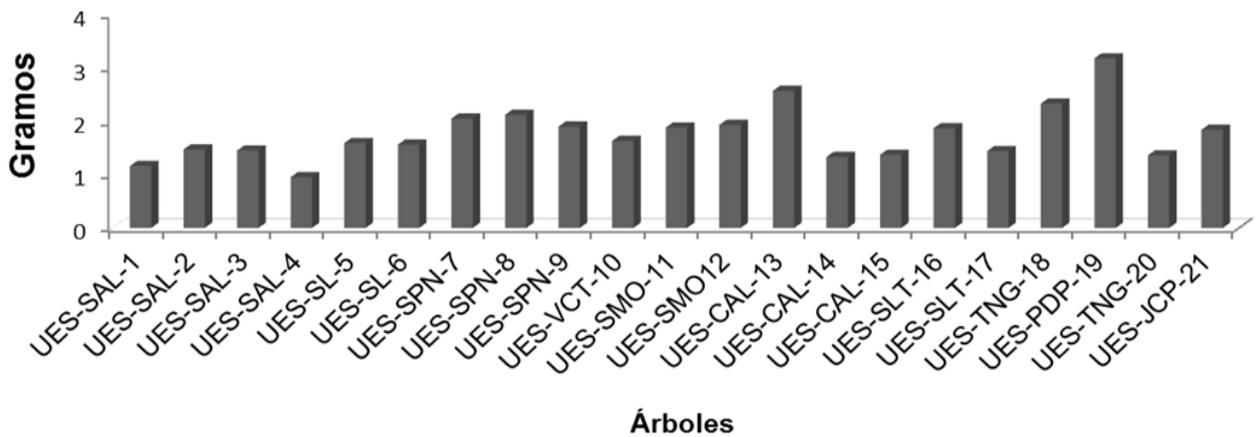


Figura 18. Peso de la Semilla.

Cuadro 11. Características cuantitativas de la semilla de cacao.

Arboles/VARIABLES	Largo de la semilla	Ancho de la semilla	Peso de la semilla
UES-SAL-1	2.11	1.42	1.16
UES-SAL-2	2.25	1.31	1.47
UES-SAL-3	2.17	1.22	1.45
UES-SAL-4	2.1	1.11	0.95
UES-SL-5	2.39	1.26	1.59
UES-SL-6	2.28	1.27	1.56
UES-SPN-7	2.58	1.41	2.05
UES-SPN-8	2.61	1.22	2.12
UES-SPN-9	2.54	1.43	1.9
UES-VCT-10	2.51	1.48	1.63
UES-SMO-11	2.58	1.35	1.88
UES-SMO-12	2.6	1.36	1.93
UES-CAL-13	2.15	1.15	2.57
UES-CAL-14	2.24	1.16	1.33
UES-CAL-15	2.22	1.27	1.37
UES-SLT-16	2.39	1.5	1.87
UES-SLT-17	2.09	1.29	1.44
UES-TNG-18	2.51	1.57	2.33
UES-PDP-19	2.95	1.68	3.18
UES-TNG-20	2.16	1.4	1.36
UES-JCP-21	2.34	1.36	1.84
<b>Promedio</b>	2.37	1.34	1.76
<b>Máxima</b>	2.95	1.68	3.18
<b>Mínima</b>	2.09	1.11	0.95
<b>Desviación M.</b>	0.23	0.14	0.51
<b>Coefficiente de Variación</b>	10	10	29

#### 4.2.4. Descriptores cuantitativos de la hoja

##### 4.2.4.1. Largo y ancho de la lámina foliar; y largo del peciolo

El árbol que presentó el mayor valor en el largo de la hoja es el UES-SPN-9 con 35.13 cm, y el en el ancho el UES-SPN-9 con 12.07 cm, mientras que el material UES-TNG-18 presentó el menor valor en el largo de la hoja con 21.9 cm y en el ancho el UES-SAL-1 con 6.44 cm; por

otra parte el largo promedio de los 21 árboles fue de 23.84 cm, y el 100% de los árboles dentro de este rango fueron del 21.9-35.13 cm. Asimismo el promedio del ancho de la hoja fue de 15.79 cm, y el 100% de los arboles dentro de este rango fueron de 6.44-12.07 cm.

En la figura 19, para la variable largo del peciolo se observa que el árbol UES-SPN- 7 presentó los mayores valores de longitud con 5.04cm, mientras que el menor valor lo mostró el árbol UES-SL-5, con 1.56cm. El largo promedio del peciolo de los 21 árboles fue de 2.40 cm, Asimismo el 100% de las hojas se encuentran dentro de un rango de 1.56-5.04 cm, para el largo del peciolo.

los rangos antes mencionados, se encuentran dentro de los valores que menciona Morán (2012), para el largo de la hoja que es de 30.4-38 cm; y el ancho de la hoja de 10.7-13.4 cm; y largo del peciolo de 1.8-2.7 cm, asimismo Garcia Carriom (2012), encontró valores similares atribuidos al descriptor de la hoja los cuales son: largo de la hoja con un rango de 37.8-44.5 cm; en el ancho de la hoja de 12.5-14.7 cm; y un largo del peciolo de 1.50-2.3 cm, por lo tanto los datos encontrados son similares a los descritos en nuestra investigación.

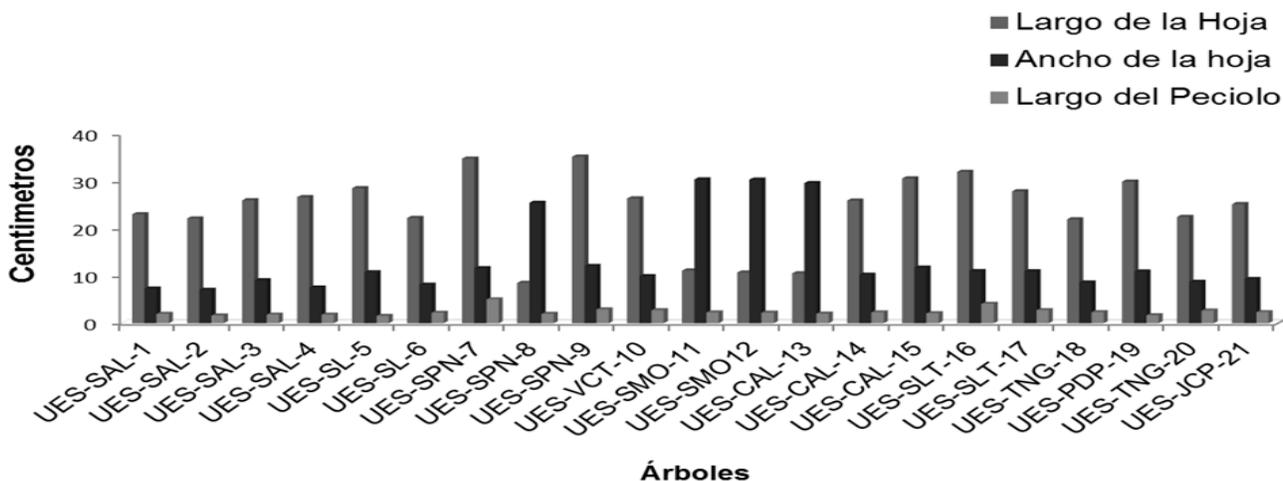
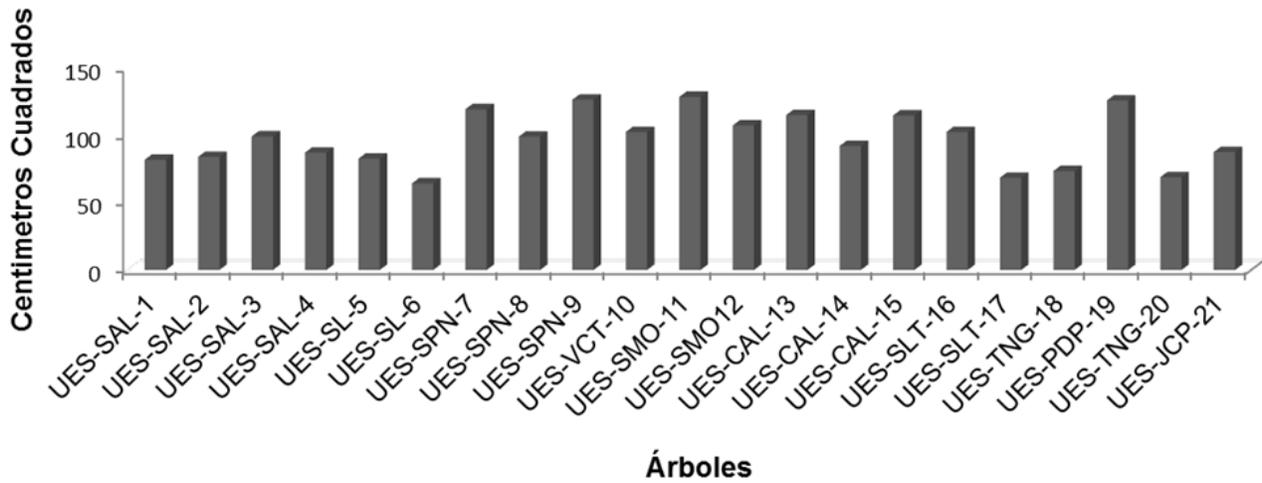


Figura 19. Largo, Ancho de la hoja y largo del peciolo

#### 4.2.4.2. Área foliar

En cuanto al área foliar, el mayor valor de la hoja lo presentó el UES-SAL-1 con 128.16 cm<sup>2</sup>, mientras que el menor valor lo mostro el árbol UES-SAL-1 CON 58.37 cm<sup>2</sup> (figura 20); así mismo el área foliar promedio de los 21 árboles fue de 95.34cm<sup>2</sup> (cuadro 12). Por otra parte el 100% de las hojas se encontró dentro del rango de 58.37-128.16 cm<sup>2</sup>.

Figura 20. Área Foliar.



Cuadro 12. Características cuantitativas de la hoja de cacao.

Arboles/Variabes	Largo del Pecolo	Largo de la Hoja	Ancho de la hoja	Área de la hoja
<b>UES-SAL-1</b>	1.96	22.97	6.44	58.367
<b>UES-SAL-2</b>	1.63	22.1	7.07	83.76
<b>UES-SAL-3</b>	1.82	25.93	9.05	98.92
<b>UES-SAL-4</b>	1.8	26.6	7.53	86.94
<b>UES-SL-5</b>	1.56	28.49	10.76	82.45
<b>UES-SL-6</b>	2.21	22.2	8.14	64.1
<b>UES-SPN-7</b>	5.04	34.73	11.62	119.08
<b>UES-SPN-8</b>	1.98	25.41	8.5	98.82
<b>UES-SPN-9</b>	2.92	35.13	12.07	126.1
<b>UES-VCT-10</b>	2.75	26.32	9.94	102.18
<b>UES-SMO-11</b>	2.29	30.33	11.11	128.16
<b>UES-SMO12</b>	2.23	30.30	10.69	107.01
<b>UES-CAL-13</b>	2.03	29.55	10.52	114.714
<b>UES-CAL-14</b>	2.3	25.86	10.24	91.81
<b>UES-CAL-15</b>	2.09	30.53	11.75	114.4
<b>UES-SLT-16</b>	4.1	31.93	11	102.23
<b>UES-SLT-17</b>	2.77	27.83	10.96	68.31
<b>UES-TNG-18</b>	2.33	21.9	8.61	73.26
<b>UES-PDP-19</b>	1.67	29.86	10.91	125.48
<b>UES-TNG-20</b>	2.65	22.43	8.74	68.7
<b>UES-JCP-21</b>	2.34	25.11	9.32	87.34
<b>Promedio</b>	2.40	23.84	15.79	95.34
<b>Máxima</b>	5.04	35.13	12.07	128.16
<b>Mínima</b>	1.56	21.90	6.44	58.37
<b>Desviación M.</b>	0.83	7.79	12.48	21.46
<b>Coefficiente de Variación</b>	34	32	79	22

#### 4.2.5. Descriptores cuantitativos de la flor

##### 4.2.5.1. Número de óvulos por ovario

En el número de óvulos por ovario, el mayor valor lo presentó el árbol UES-SLT-17 con 43 óvulos, mientras que el menor valor lo mostró el árbol UES-JCP-21 con 23 óvulos (figura 21); asimismo el número de óvulos por ovario promedio de las flores fue de 33, (cuadro 13). Por otra parte, el 100% se encontró dentro del rango de 23-43 número de óvulos por ovario. Para esta variable solo se logró identificar y caracterizar trece materiales de los 21, por efecto que solo en dichos materiales se encontró flores al momento de la colecta.

Valores afines encontrados por Morán (2012) y Garcia Carriom (2012) los cuales considera para el número de óvulos por ovario en un rango de 30 a 63, estos resultados difieren con los encontrados en nuestra investigación.

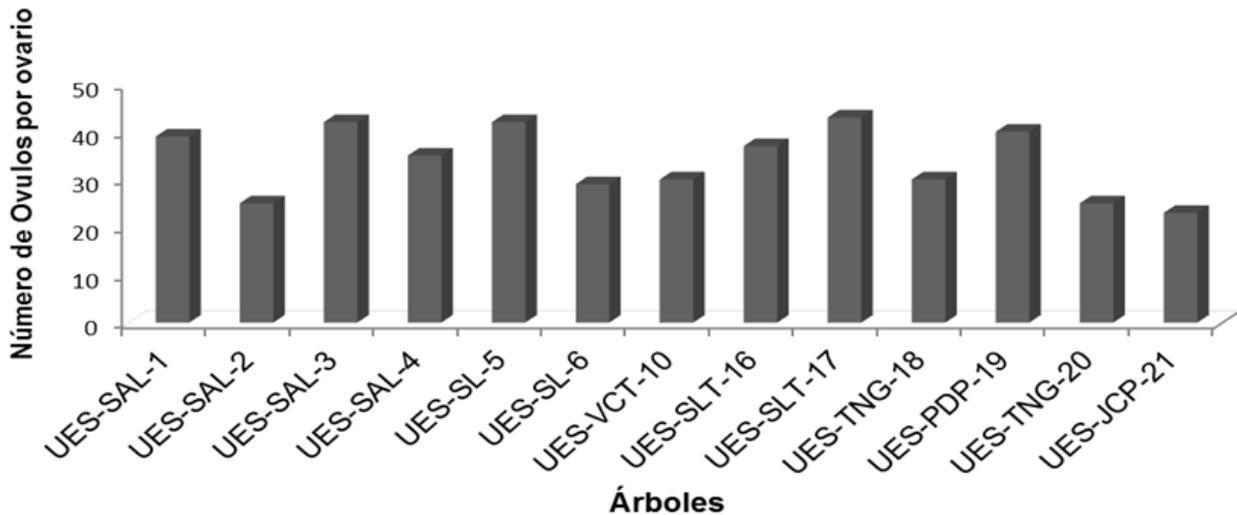


Figura 21. Número de óvulos por ovario.

Cuadro 13. Característica cuantitativa de la flor de cacao.

<b>Arboles/variables</b>	<b>Número de Óvulos por Ovario</b>
<b>UES-SAL-1</b>	39
<b>UES-SAL-2</b>	25
<b>UES-SAL-3</b>	42
<b>UES-SAL-4</b>	35
<b>UES-SL-5</b>	42
<b>UES-SL-6</b>	29
<b>UES-VCT-10</b>	30
<b>UES-SLT-16</b>	37
<b>UES-SLT-17</b>	43
<b>UES-TNG-18</b>	30
<b>UES-PDP-19</b>	40
<b>UES-TNG-20</b>	25
<b>UES-JCP-21</b>	23
<b>Promedio</b>	33
<b>Máxima</b>	43
<b>Mínima</b>	23
<b>Desviación Estándar</b>	10.38
<b>Coefficiente de variación</b>	31

#### **4.2.6. Análisis Bromatológicos**

##### **4.2.6.1. pH Mucilago**

La semilla que presentó mayor pH fue el UES-SLT-17, con un valor de 4.46, mientras que los menores valores lo mostraron las semillas de los árboles UES-SL-6, UES-PDP-19, con un valor de 3.42 (figura 22). En el cuadro 14, se observa que el promedio en los 21 semillas para la variable pH del Mucilago fue de 3.79, y que el 100% de las semillas se encuentran dentro del rango 3.42-4.46. Los resultados obtenidos, son afines a los mencionados por Gutiérrez Hernández (2011), el cual considera que en su investigación los valores para el pH de mucilago fueron de 4.90-5.22 (rangos) y que para Martínez Botello (2013), los se obtuvieron resultados de 4.77 a 5.29 para el pH del mucilago, estos resultados son superiores a los obtenidos en la presente investigación.

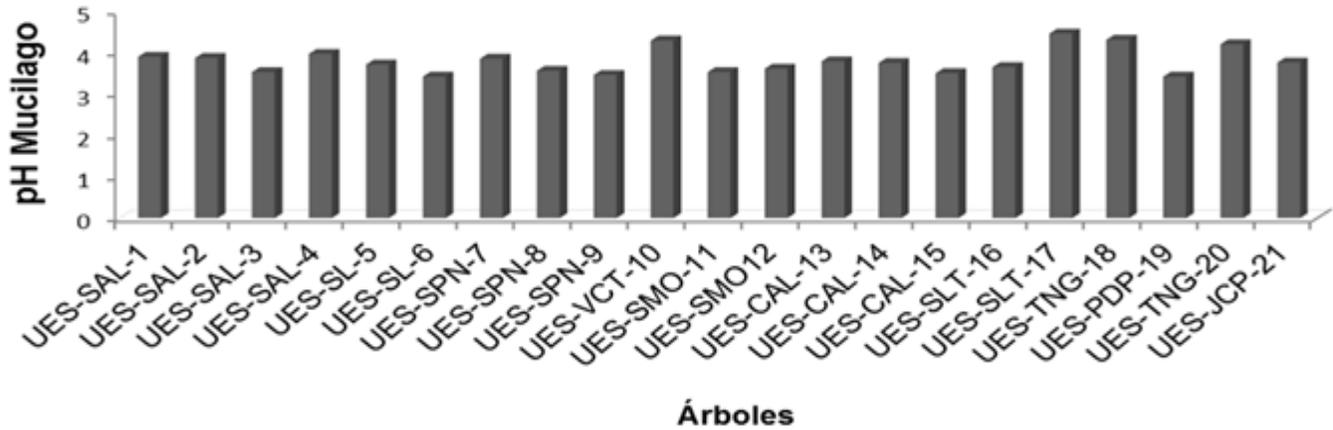


Figura 22. pH Mucilago.

#### 4.2.6.2. Contenido de grasa, proteína y ceniza

El UES-PDP-19, presentó el mayor valor con 56.4% de grasa, mientras que el menor valor lo mostró el árbol UES-SAL-3, con 21.8%. El contenido promedio de grasa en las semillas de 21 árboles (figura 23). Asimismo, el 100% de los árboles se encontraron dentro del rango 21.8-56.4%.

Estos resultados son congruentes con los encontrados por Ramírez Díaz (2011) quien obtuvo resultados entre 21.09-46.52% para el contenido de grasa y Garcia Carriom (2012), encontró valores entre 45 a 59% para el contenido de grasa, lo cual se cumple lo establecido para el análisis de esta variable.

En el cuadro 14, se observó que la semilla del árbol UES-SLT-17, presentó mayor valor de proteína con 27.38%, y que la semilla del árbol UES-VCT-10, mostró el menor valor, con 7.17%, el contenido promedio de proteína en las semillas de 21 árboles fue de 17.04%. Asimismo, el 100% de los árboles se encuentra en el rango de 7.17-27.38%.

Asimismo, los valores mencionados por Ramírez Díaz (2011) establecen que para el contenido de proteína se tiene valores entre 12.16-17.11% para esta variable.

La semilla del árbol UES-VCT-10, presentó el mayor valor, con 9.03% de ceniza, mientras que el menor valor lo mostro la semilla del árbol UES-CAL-15, con 3.1%. Asimismo, el contenido

promedio de ceniza en las semillas de los 21 árboles fue de 4.54%, (figura 19). Además, el 100% de los árboles se encontró dentro del rango 3.10-9.03%.

Estos resultados son congruentes con los encontrados por Gutiérrez Hernández (2011), quien considera que los resultados para el contenido de ceniza fueron de 3.19 a 4.42% y Martínez Botello (2013), encontró que en el contenido de ceniza tenemos valores de 3.77-4.63%.

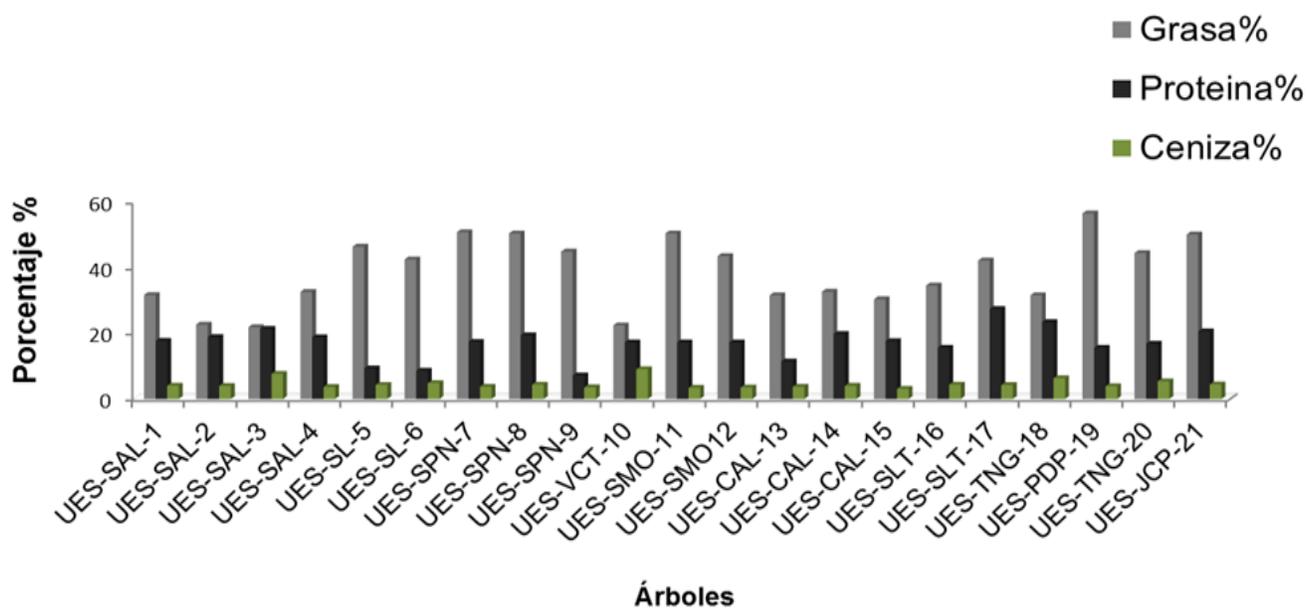


Figura 23. Contenido de grasa, proteína y ceniza de la semilla de cacao.

#### 4.2.6.3. Humedad parcial y Total

Las semillas que presentaron mayor humedad parcial fue el UES-VCT-10, con un valor de 78.3%, mientras que el menor valor lo mostró el UES-SAL-2, con un valor de 25.6% (figura 24). En el cuadro 14, se observa que la humedad parcial promedio en las semillas de los frutos de 21 árboles fue de 50.53%. Por otra parte, el 100% de los árboles se encuentra dentro del rango 25.6-78.30%

En la figura 20, se observó que las semillas del árbol UES-SAL-2, presentó el mayor valor con 6.2% de humedad total, mientras que la semilla con menor valor fue el árbol UES-CAL-15, con 2.55%. Por otra parte, en el cuadro 14, se observa que la humedad total promedio en las

semillas de los frutos de 21 árboles fue de 3.96%, por otra parte, el 100% de los árboles se encuentran dentro del rango 2.55-6.20%.

Valores afines encontró Gutiérrez Hernández (2011), en Estudio agromorfológico y fisicoquímico de los ecotipos de cacao, en donde se encontró un rango promedio de 3.54-8.41% para la humedad total.

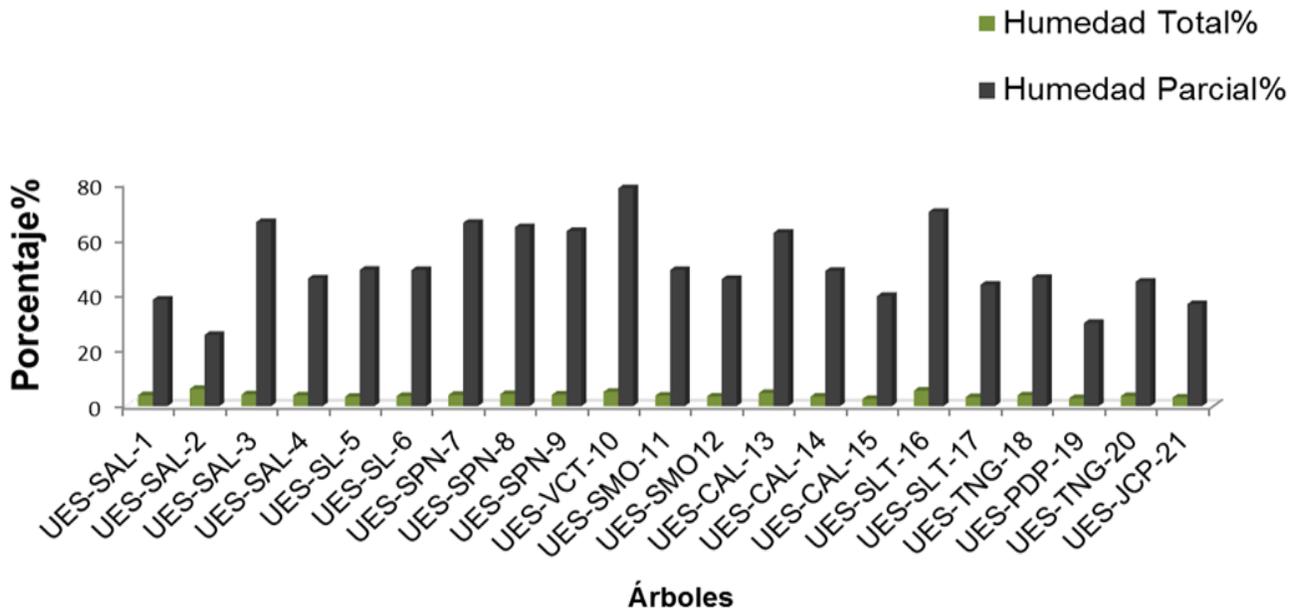


Figura 24. Humedad Parcial y Total de la semilla de cacao.

Cuadro 14. Características cuantitativas del Análisis Bromatológico.

Arboles/VARIABLES	PH Mucilago	% de grasa	% de proteína	% de ceniza	%HT	%HP
UES-SAL-1	3.9	31.58	17.65	4.02	3.94	38.26
UES-SAL-2	3.87	22.61	18.79	3.98	6.2	25.6
UES-SAL-3	3.53	21.8	21.31	7.62	4.21	66.17
UES-SAL-4	3.97	32.56	18.77	3.67	3.85	45.89
UES-SL-5	3.71	46.26	9.29	4.28	3.41	48.97
UES-SL-6	3.42	42.4	8.58	4.80	3.66	48.9
UES-SPN-7	3.85	50.67	17.35	3.74	4.02	65.89
UES-SPN-8	3.56	50.29	19.36	4.37	4.31	64.32
UES-SPN-9	3.46	44.78	7.17	3.53	4.12	62.89
UES-VCT-10	4.29	22.34	17.22	9.03	5.17	78.3
UES-SMO-11	3.53	50.3	17.22	3.39	3.81	48.9
UES-SMO-12	3.61	43.38	17.15	3.52	3.52	45.68
UES-CAL-13	3.79	31.5	11.4	3.71	4.72	62.3
UES-CAL-14	3.75	32.57	19.78	4.00	3.44	48.6
UES-CAL-15	3.5	30.3	15.57	3.10	2.55	39.56
UES-SLT-16	3.65	34.48	15.57	4.37	5.61	69.8
UES-SLT-17	4.46	42.06	27.38	4.23	3.27	43.6
UES-TNG-18	4.31	31.48	23.36	6.31	3.88	46.12
UES-PDP-19	3.42	56.4	15.57	3.86	2.85	29.88
UES-TNG-20	4.2	44.36	16.76	5.39	3.63	44.73
UES-JCP-21	3.76	50	20.55	4.43	3.09	36.67
<b>Promedio</b>	3.79	38.67	17.04	4.54	3.96	50.53
<b>Máxima</b>	4.46	56.40	27.38	9.03	6.20	78.30
<b>Mínima</b>	3.42	21.80	7.17	3.10	2.55	25.60
<b>Desviación M.</b>	0.31	10.38	4.81	1.46	0.88	13.74
<b>Coefficiente de Variación</b>	8	27	28	32	22	27

#### 4.2.6.4. Contenido de Hierro y Zinc.

La semilla del árbol UES-SAL-1, presentó el mayor valor con 4.52 mg. l<sup>-1</sup>, mientras que el menor valor lo mostro el UES-CAL-13 con 3.12 mg. l<sup>-1</sup> (Figura 25 y cuadro 15). El contenido promedio de hierro en las semillas de los 21 árboles fue de 3.88 mg. l<sup>-1</sup>. Asimismo, el 100% de los árboles se encontraron dentro del rango 3.12-4.52 mg. l<sup>-1</sup>.

La semilla del árbol UES-CAL-15, presento el mayor valor con 3.92 mg. l<sup>-1</sup>, mientras que el menor valor lo mostro el UES-SMO-11 con 2.12 mg. l<sup>-1</sup> (figura 25 y cuadro 15). El contenido promedio de zinc en las semillas de los 21 árboles fue de 3.02 mg. l<sup>-1</sup>. Asimismo, el 100% de los árboles se encontraron dentro del rango 2.12-3.97 mg. l<sup>-1</sup>.

Estos resultados son congruentes con los encontrados por Alas Castro (2012) el cual menciona que el contenido de hierro se encuentra en un rango de 3-3.60 mg. l<sup>-1</sup>; y que para el contenido de Zinc el rango es de 2.12-3.97 mg. l<sup>-1</sup>.

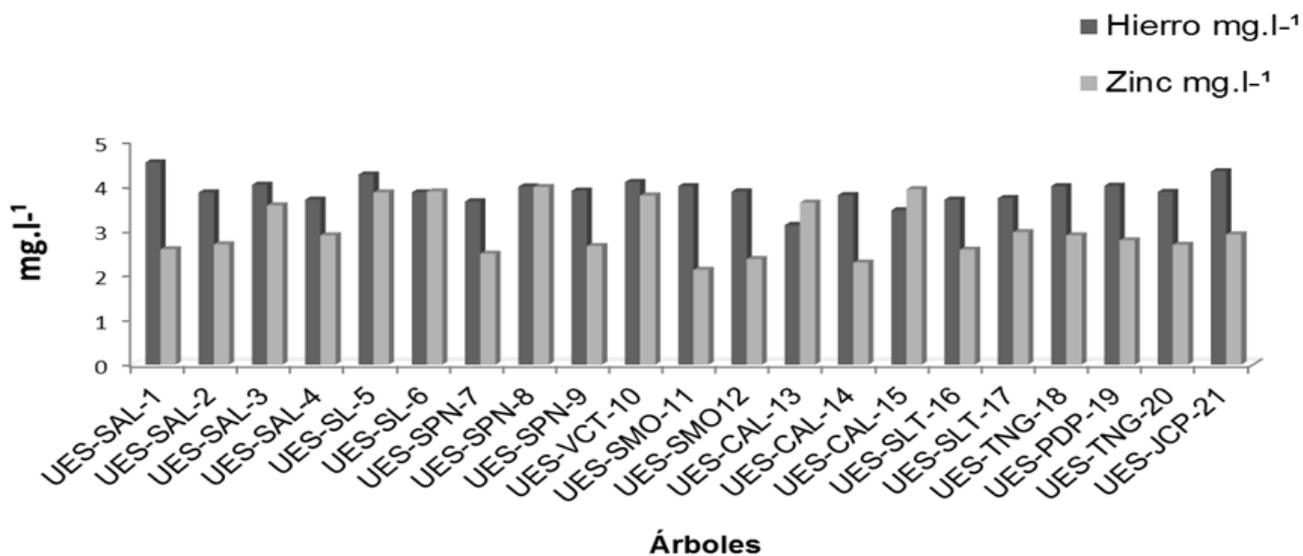


Figura 25. Contenido de Hierro y Zinc de la semilla de cacao.

Cuadro 15. Características cuantitativas del Análisis Bromatológico.

<b>Arboles/Variables</b>	<b>Fe (mg.l<sup>-1</sup>)</b>	<b>Zn (mg.l<sup>-1</sup>)</b>
<b>UES-SAL-1</b>	4.52	2.58
<b>UES-SAL-2</b>	3.85	2.69
<b>UES-SAL-3</b>	4.02	3.56
<b>UES-SAL-4</b>	3.69	2.89
<b>UES-SL-5</b>	4.25	3.85
<b>UES-SL-6</b>	3.85	3.87
<b>UES-SPN-7</b>	3.65	2.48
<b>UES-SPN-8</b>	3.98	3.97
<b>UES-SPN-9</b>	3.89	2.65
<b>UES-VCT-10</b>	4.08	3.78
<b>UES-SMO-11</b>	3.99	2.12
<b>UES-SMO12</b>	3.87	2.36
<b>UES-CAL-13</b>	3.12	3.62
<b>UES-CAL-14</b>	3.79	2.28
<b>UES-CAL-15</b>	3.45	3.92
<b>UES-SLT-16</b>	3.69	2.28
<b>UES-SLT-17</b>	3.72	2.57
<b>UES-TNG-18</b>	3.99	2.96
<b>UES-PDP-19</b>	4	2.89
<b>UES-TNG-20</b>	3.86	2.78
<b>UES-JCP-21</b>	4.32	2.68
		2.91
<b>Promedio</b>	3.88	3.02
<b>Máxima</b>	4.52	3.97
<b>Mínima</b>	3.12	2.12
<b>Desviación M.</b>	0.30	0.60
<b>Coefficiente de Variación</b>	8	20

### **4.3. Estimación de variabilidad genética a través de estadística simple**

En esta investigación las variables principales y de mayor importancia, son las relacionadas a la semilla, por ello se subdivide en primer lugar; características físicas, químicas (bromatológico) de la semilla; en segundo lugar; características relacionadas a la morfología, del fruto y tercero, las características morfológicas y la arquitectura del árbol.

Por otra parte, en el cuadro 16, se observan las características físicas de la semilla, donde la longitud y diámetro de la semilla, muestra homogeneidad con coeficiente de 9.70% y 10.45% respectivamente; mientras que, en el peso de la semilla, muestra alguna heterogeneidad con un valor de 28.97% respectivamente.

Además, en el cuadro 16, para las características químicas de la semilla, el coeficiente de variación. Para el contenido de zinc presenta un valor de 19.87%; la grasa de 21.15%; proteína de 28.23% y ceniza de 32.15% mostraron variaciones relativamente heterogéneas para estas variables, por otro lado, los descriptores, pH de mucilago y hierro, con un coeficiente de 7.47% y 8.17%, respectivamente presentaron homogeneidad en las semillas.

En cuanto a las características morfológicas del fruto (cuadro 17), se observa que el número de semillas por fruto, peso del fruto y número de frutos por árbol, presentaron heterogeneidad con coeficientes de variación de 23.29%, 34.97%, 56.6% y 83.92% respectivamente. Mientras que el diámetro del fruto con coeficiente de variación de 17.09%, mostró que existe homogeneidad en los frutos.

En el cuadro 18, se observan las características morfológicas del árbol, altura del árbol y edad del árbol, que presentaron heterogeneidad con valores de 44.67% y 54.6% respectivamente. Para el cuadro 19, se observan las características morfológicas de la hoja, con sus variables área foliar, el cual presentó heterogeneidad con un coeficiente de variación de 22.71% el largo y ancho de la hoja, con coeficiente de variación de 14.56% y 16.49%, indicando la homogeneidad en las variables que se evaluaron en las hojas.

Lo anterior indica la existencia de descriptores que mostraron heterogeneidad, porque el coeficiente de variación osciló entre 23-57%, lo que determinó un amplio rango de dispersión de las características dentro de la población de árboles estudiados, por lo que la variabilidad genética en la especie para ciertas variables es alta, por lo tanto, es necesario realizar análisis

de correlación, de componentes principales y conglomerados, con el propósito de identificar caracterizar y determinar la formación de grupos de los árboles.

Por otra parte, la variabilidad genética cuantitativa de los árboles caracterizados, está determinado por el 47% de los descriptores, mostrando coeficientes de variación mayor del 23%.

Cuadro 16. Estimación de variabilidad genética, con características físicas y bromatológicas de la semilla de cacao.

<b>Variabls</b>	<b>Media</b>	<b>Desviación típica</b>	<b>Número de individuos</b>	<b>de</b>	<b>Coeficiente de variación (CV)</b>	<b>de</b>
<b>Características físicas de la semilla</b>						
<b>Longitud de la semilla</b>	2.37	0.23	21		9.7	
<b>Diámetro de la semilla</b>	1.34	0.14	21		10.45	
<b>Peso de la semilla</b>	1.76	0.51	21		28.97	
<b>Variabls</b>	<b>Media</b>	<b>Desviación típica</b>	<b>Número de individuos</b>	<b>de</b>	<b>Coeficiente de variación (CV)</b>	<b>de</b>
<b>Características bromatológico de la semilla</b>						
<b>Grasa</b>	38.67	10.38	21		21.15	
<b>Proteína</b>	17.04	4.81	21		28.23	
<b>pH del mucilage</b>	3.79	0.31	21		8.17	
<b>Ceniza</b>	4.54	1.46	21		32.15	
<b>Hierro</b>	3.88	0.29	21		7.47	
<b>Zinc</b>	3.02	0.6	21		19.87	

Cuadro 17. Estimación de variabilidad genética del fruto de cacao.

<b>Variab</b> les	<b>Media</b>	<b>Desviación</b> <b>típica</b>	<b>Número de individuos</b>	<b>Coficiente de</b> <b>variación (CV)</b>
<b>Características morfológicas del fruto</b>				
<b>Número de frutos/árbol</b>	57.24	48.04	21	83.92
<b>Número de semillas por fruto</b>	41.09	14.37	21	34.97
<b>Peso del fruto (kg.)</b>	0.53	0.3	21	56.6
<b>Longitud del fruto</b>	19.06	4.44	21	23.29
<b>Diámetro del fruto</b>	8.54	1.46	21	17.09

Cuadro 18. Estimación de variabilidad genética del cacao (característico de arquitectura y morfológico del árbol).

<b>Variab</b> les	<b>Media</b>	<b>Desviación</b> <b>típica</b>	<b>Numero de</b> <b>accesiones</b>	<b>Coficiente de</b> <b>variación (CV)</b>
<b>Características de arquitectura y morfológicas del árbol</b>				
<b>Altura del árbol</b>	4.79	2.14	21	44.67
<b>Edad de los arboles</b>	37.38	20.41	21	54.6

Cuadro 19. Estimación de variabilidad genética del cacao (característico de arquitectura y morfológico de la hoja).

<b>Variab</b>	<b>Media</b>	<b>Desviación típica</b>	<b>Número de individuos</b>	<b>de Coeficiente de variación (CV)</b>
<b>Características de arquitectura y morfológicas de la hoja</b>				
<b>Largo de la hoja</b>	27.4	3.99	21	14.56
<b>Ancho de la hoja</b>	9.76	1.61	21	16.49
<b>Área foliar de la hoja</b>	95.25	21.63	21	22.71

#### 4.4. Análisis de correlación

En el cuadro 19, se observó que siete pares de variables fueron altamente significativos, donde se consideró que los coeficientes mayores de 0.05 mantienen asociaciones correspondientes a patrones naturales de variación de la especie, como lo son: arquitectura de planta, arquitectura de semilla y componentes nutricionales o químicos de la semilla; las correlaciones más importantes son las relacionadas a las variables de semilla, en comparación de la arquitectura de planta.

Siguiendo el orden de las variables, se observa que la altura del árbol presentó correlación positiva, con respecto a la variable edad, con valores ( $r=0.52$ ). Lo anterior indica que, al existir un aumento en la edad, hay un aumento en la altura del árbol, siendo significativo estadísticamente.

Otras asociaciones positivas dentro de la arquitectura de los árboles son número de frutos con la edad; y el número de frutos con el número de ramas, con valores de ( $r=0.70$ ) ( $r=0.68$ ), respectivamente, lo anterior indica que al existir un aumento en la edad hay un aumento en el número de frutos y número de ramas.

Entre las variables de la hoja, la altura del árbol presentó correlación positiva con el ancho de la hoja ( $r=0.62$ ). Esto indica que existe una simetría entre las variables, es decir el aumento de una durante el desarrollo de la hoja, tiene un efecto directo y positivo sobre las otras.

Según Ball (2013), las hojas de los árboles varían en tamaño desde unos pocos milímetros a más de un metro, pero el rango de tamaño disminuye a medida que los árboles llegan más alto, así se encuentra que todas las especies más altas tienen hojas de unos 10 a 20 cm. de ancho.

Se observó también una asociación positiva dentro de la arquitectura del fruto las cuales son: longitud del fruto- peso del fruto; diámetro del fruto-peso del fruto y profundidad del lomo-peso del fruto, con valores ( $r=0.74$ ), ( $r=0.84$ ) y ( $r=0.80$ ), respectivamente, esto indica que, al haber un aumento en largo, ancho del fruto y profundidad del lomo, hay un aumento en el peso del fruto, siendo significativo estadísticamente.

Siempre en el fruto, se observa que existe correlación positiva entre la longitud del fruto-diámetro del fruto con un valor ( $r=0.65$ ). Por lo que, al existir un aumento en el largo del fruto, hay un aumento en el ancho del fruto, siendo altamente significativo estadísticamente.

La correlación positiva de peso de semilla con longitud de la semilla ( $r=0.75$ ), explica que el peso aumenta a medida que la longitud de la semilla aumenta, siendo altamente significativo estadísticamente. Por otra parte, se observa una asociación positiva muy importante, la cual es entre el peso de la semilla- diámetro de la semilla con un valor de ( $r=0.53$ ), este valor indica que, si un componente aumenta o se encuentra en mayor valor dentro de una semilla, el otro tiende a ser mayor lo que indica que es significativa.

En cuanto a componentes químicos, la correlación entre la longitud de la semilla y la grasa, con un valor ( $r=0.57$ ), se puede establecer que, si uno de los componentes aumenta o se encuentra en mayor valor dentro de una semilla, el otro tiende a ser mayor lo que indica que es significativo estadísticamente.

Cuadro 20. Coeficiente de correlación y nivel de significancia para variables cuantitativas de cacao.

<b>VARIABLES CORRELACIONADAS</b>	<b>COEFICIENTE DE CORRELACIÓN</b>	<b>NIVEL DE SIGNIFICANCIA</b>
Altura del árbol-edad	0.52	0.006
Número de frutos-edad	0.70	0.000
Número de frutos-Número de ramas	0.68	0.002
Ancho de la hoja-altura del árbol	0.62	0.002
Peso del fruto-longitud del fruto	0.74	0.000
Peso del fruto-diámetro del fruto	0.84	0.000
Peso del fruto-profundidad del lomo	0.80	0.000
longitud del fruto-Diámetro del fruto	0.65	0.002
peso de la semilla-Longitud de la semilla	0.75	0.001
peso de la semilla-Diámetro de la semilla	0.53	0.005
Longitud de la semilla-grasa	0.57	0.005

#### 4.5. Componentes principales

##### 4.5.1. Identificación de las variables de mayor influencia para la formación de grupos o componentes

Para el análisis se incorporaron los 13 descriptores cuantitativos sujetos del análisis descriptivo, obteniéndose los resultados siguientes:

La importancia de la comunalidades en un estudio de caracterización es identificar cual o cuales son las variables que presentan mayor asociación e influyen sobre el resto e identifican cuáles son las que ejercen menor influencia. Los resultados indican que el descriptor pH de mucilago es la de menor valor; el modelo factorial solo es capaz de reproducir el 6.9% de su variabilidad original. Además, la calidad de la representación de los descriptores en el plano factorial es importante, en el cuadro 20, se observa que el descriptor, número de semilla por fruto presentó 7.28% por lo tanto muestra una influencia importante, y que para el resto de variables con valores entre 8.11-8.94% hay una mayor influencia y que para descriptores como el número de frutos y peso de frutos, tienen valores de 9.2% y 9.4% respectivamente e influye

sobre el resto de variables; esta jerarquía ayudó en la formación de componentes o grupos, a través de la influencia de estas variables.

Cuadro 21. Comunalidades de variables cuantitativas de cacao.

<b>VARIABLES</b>	<b>INICIAL</b>	<b>EXTRACCIÓN</b>
Número de fruto	1	9.39
Número de semillas por fruto	1	7.28
Peso del fruto	1	9.25
Longitud del fruto	1	8.17
Diámetro del fruto	1	8.98
Longitud de la semilla	1	8.94
Diámetro de semilla	1	8.74
Peso de semilla	1	8.13
pH mucilago	1	6.86
Grasa	1	8.66
Proteína	1	8.11
Ceniza	1	8.70
Hierro	1	8.90
Zinc	1	8.55

#### 4.5.2. Análisis de componentes principales.

En el cuadro 21 se observa, que los primeros ocho componentes, expresan la variabilidad existente, a través de los auto valores iniciales que presentaron, un valor menor que uno, a partir del componente nueve (el criterio de selección indica que valores menores que uno, no indican variabilidad y por lo tanto su comportamiento es homogéneo) y la varianza acumulada que mostró un valor de 86.23%. Asimismo, la figura 22, formó el ángulo de 45° justamente sobre ocho componentes, indicando que es en ese punto donde se expresa la variabilidad.

Es necesario hacer mención que las variables relacionadas, son las que contribuyen a la formación de los componentes y que los individuos que lo conforman tienen semejanzas o similitudes por las variables que los relacionan, consolidándose en ocho grupos o componentes.

El primer componente, contribuyó con 24.67% como puede verse en el cuadro 21, de la varianza total explicada, las variables que se relacionaron o contribuyeron para la formación de

este fueron: Altura del árbol, Edad de los árboles, Número de frutos por árbol, peso del fruto, longitud y diámetro del fruto, longitud, ancho y área de la hoja; contribuyeron más en forma positiva a dicho componente, caso contrario al pH del mucilago y hierro, en donde se observó negativo (cuadro 22).

El segundo componente principal contribuyó con 15.70% de la varianza total explicada (cuadro 21); las variables que influyeron más positivamente en este componente son: número de frutos, PH mucilago, y ceniza; al contrario, ocurre con la grasa, en donde se observó una correlación negativa.

El tercer componente, participó con el 12.18% de la varianza total explicada (cuadro 21); las variables peso del fruto, longitud del fruto y zinc, influyeron de forma positiva para la formación del componente; mientras que el diámetro de la semilla, peso de la semilla y grasa lo hizo de una forma negativa.

El cuarto componente, participo con 9.83% de la varianza total explicada (cuadro 21), al revisar el cuadro 22, las variables que tuvieron mayor influencia positiva son: longitud y diámetro de la semilla, peso de la semilla, ceniza y hierro, mientras que el número de semillas observó correlación negativa.

El quinto componente, influyó con un 7.65% de la varianza total explicada; las variables edad de los árboles, número de frutos, pH mucilago, influyeron positivamente para este componente; mientras que la variable área de la hoja, mostró correlación negativa para dicho componente (cuadro 22).

El sexto componente, contribuye con un 6.80% (cuadro 21) de la varianza total explicada; las variables ceniza y zinc, resultaron ser de correlación negativa lo cual indica ser el grupo de componentes negativos.

El séptimo componente, participa con un 5.41% de la varianza total explicada (cuadro 21), en donde, las variables número de frutos y longitud de la hoja, influyeron positivamente; al contrario, con la ceniza y el zinc, que presentaron correlación negativa para dicho componente.

El octavo y último componente, contribuyó con un 3.99% (cuadro 21) de la varianza total explicada; este componente es de mucho interés, ya que la variable proteína es la que influyó positivamente en la formación del mismo (cuadro 22).

Cuadro 22. Proporción de la varianza explicada en el análisis de componentes principales para descriptores de cacao.

Componentes	auto valores iniciales			Sumas de las saturaciones al cuadrado de la extracción			Suma de las saturaciones al cuadrado de la rotación		
	Total	% de la varianza	% acumulado	Total	% de la varianza	% acumulado	Total	% de la varianza	% acumulado
1	7.648	24.67	24.67	7.648	24.67	24.67	4.947	15.959	15.959
2	4.868	15.703	40.373	4.868	15.703	40.373	4.304	13.885	29.844
3	3.776	12.181	52.554	3.776	12.181	52.554	3.833	12.365	42.209
4	3.046	9.826	62.379	3.046	9.826	62.379	3.271	10.551	52.76
5	2.373	7.653	70.033	2.373	7.653	70.033	2.811	9.068	61.828
6	2.109	6.805	76.837	2.109	6.805	76.837	2.549	8.222	70.05
7	1.676	5.406	82.244	1.676	5.406	82.244	2.521	8.133	78.183
8	1.236	3.986	86.23	1.236	3.986	86.23	2.494	8.047	86.23

Cuadro 23. Matriz de componentes principales.

Variables	Componente							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Altura del árbol	0.63							
Edad de los arboles	0.52				0.40			
Número de frutos por árbol	0.46	0.44			0.64		0.57	
Número de semillas por fruto				-0.69				
Peso del fruto	0.69		0.52					
Longitud De fruto	0.60		0.47					
Diámetro del fruto	0.84							
Longitud De la semilla	0.45			0.65				
Diámetro de la semilla			-0.56	0.64				
Peso de la semilla	0.45		-0.40	0.42				
pH Mucilago	-0.42	0.47			0.40			
Longitud De la hoja	0.82						0.53	
Ancho de la hoja	0.83							
Área de la hoja	0.74				-0.40			
Grasa		-0.52	-0.46					
Proteína								0.49
Ceniza		0.56		0.43		-0.42	-0.53	
Hierro	-0.48			0.56				
Zinc			0.49			-0.73	-0.78	

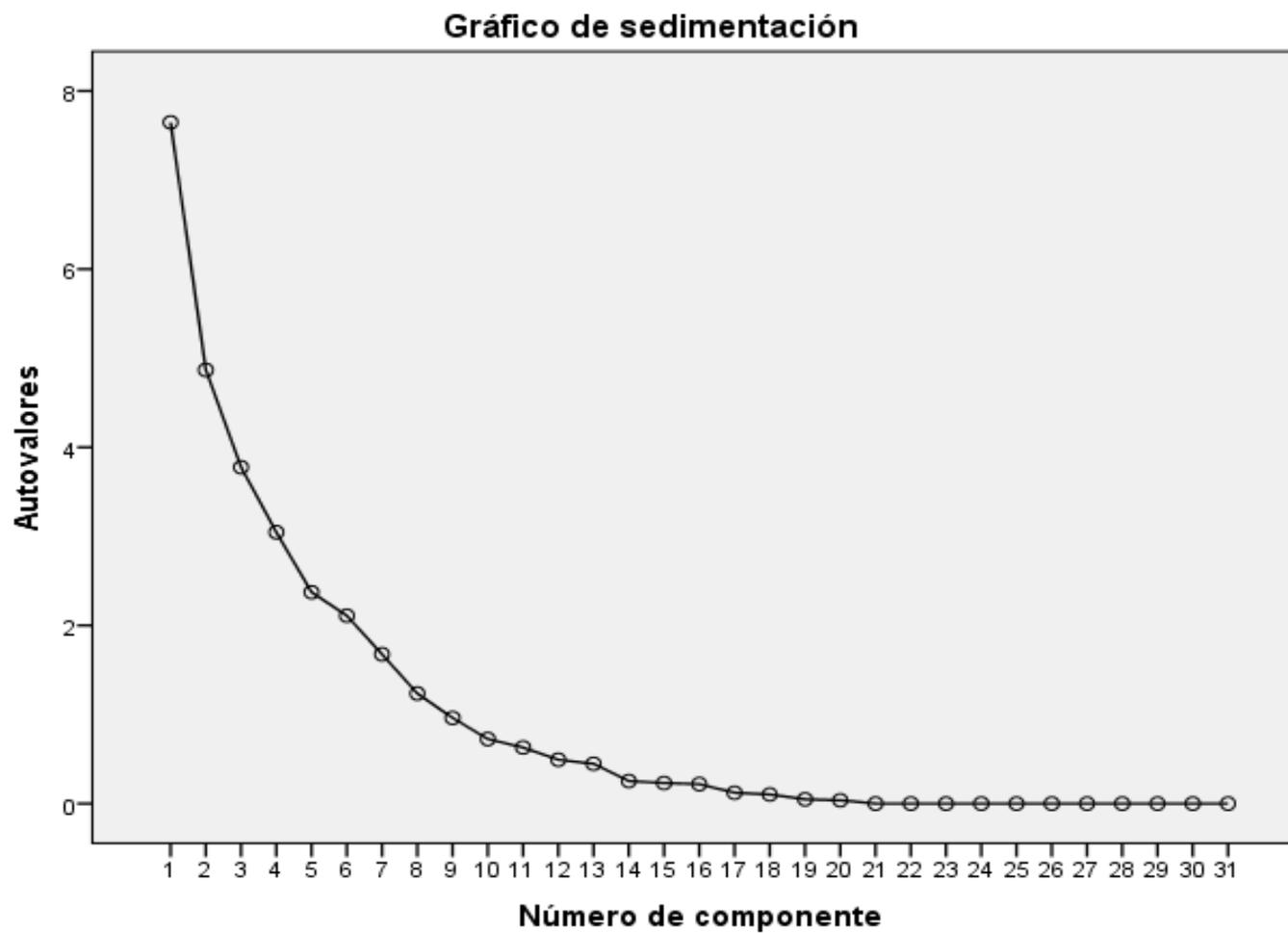


Figura 26. Proporción de la varianza explicada por cada componente principal en la caracterización de cacao.

#### 4.6. Análisis de conglomerados

En cuadro 23, se observan las asociaciones que han ocurrido entre los materiales, debido a similitud existente entre una o más variables, las asociaciones que han ocurrido muestran ocho grupos, donde se observa el grado de similitud existente; a continuación se detalla cada uno de los grupos formados.

El grupo uno, está formado por los árboles: UES-SAL-1, UES-SAL-2, UES-SAL-3, UES-SAL-4; estos materiales fueron influenciados por los descriptores, altura de árbol y edad, debido a similitud y homogeneidad existente entre las variables, correspondientes a estructura, simetría y arquitectura del árbol. En cuanto a los lugares de recolección, fueron encontrados en el Hospital Nacional Dr. José Antonio Saldaña, Municipio de Panchimalco, Departamento de San Salvador. Asimismo, este grupo mostró, las menores dimensiones de semilla (longitud y peso), y el menor ancho de hoja; en cuanto al coeficiente de variación promedio para el grupo fue de 21.16 % (Cuadro 24).

Cuadro 24. Variables cuantitativas del conglomerado uno: UES-SAL-1, UES-SAL-2, UES-SAL-3, UES-SAL-4.

Conglomerados	VARIABLES	Media	Desviación estándar	Mínimo	Máximo	Coeficiente de variación
1	Altura del árbol	3.5	1.08	2.5	5	31
1	Edad de los arboles	20	0	20	20	0
1	Nº de frutos	24	6.98	14	30	29
1	Nº de semillas/ fruto	40	10.49	31	54	26
1	Peso de fruto (kg.)	0.42	0.24	0.17	0.67	57
1	Longitud del fruto	17.62	4.53	12.9	21.5	25
1	Diámetro del fruto	7.51	4.53	5.73	9.1	60
1	Longitud de semilla	2.16	0.069	2.1	2.25	3
1	Diámetro de la semilla	1.26	0.13	1.11	1.42	10
1	Peso de la semilla	1.26	0.25	0.95	1.47	20
1	pH mucilago	3.82	0.19	3.53	3.97	5
1	Longitud de la hoja	24	2.2	22.1	26.6	9
1	Ancho de la hoja	7.52	1.11	6.44	9.05	14
1	Área foliar	81.51	17.94	56.44	98.92	22
1	Grasa	27.13	5.72	21.8	98.92	21
1	Proteína	19.13	1.55	17.65	21.31	8
1	Ceniza	4.82	1.87	3.67	7.62	38
1	Hierro	4.02	0.36	3.69	4.52	9
1	Zinc	2.93	0.44	2.58	3.56	15
<b>Coeficiente de variación promedio</b>						<b>21.16</b>

En el segundo grupo, se observa la formación de dos subgrupos, el primero está conformado por UES-SL-5 y UES-SL-6; asimismo encontró en el segundo subgrupo el árbol UES-PDP-19. Estos fueron influenciados por los descriptores: número de frutos por árbol, pH del mucilago, grasa y zinc. Por otra parte, se caracterizó por presentar los mayores valores en las siguientes variables: longitud del fruto, peso de la semilla y zinc con los mayores datos y el menor contenido fue para la proteína con 11.15%; asimismo, el coeficiente de variación promedio para este grupo fue 24.84% (cuadro 25).

Cuadro 25. Variables cuantitativas del conglomerado dos: UES-SL-5, UES-SL-6 y UES-PDP-19.

Conglomerados	Variables	Media	Desviación estándar	Mínimo	Máximo	Coeficiente de variación
2	Altura del árbol	6.33	3.51	3	10	55
2	Edad de los arboles	46.67	11.54	40	60	24
2	N° de frutos	36	11.53	25	48	32
2	N° de semillas/ fruto	32	7.21	24	38	22
2	Peso de fruto (kg.)	0.66	0.52	0.28	1.25	78
2	Longitud del fruto	22.94	3.63	20	27	16
2	Diámetro del fruto	8.79	1.68	7.16	10.52	19
2	Longitud de semilla	2.54	0.36	2.28	2.95	14
2	Diámetro de la semilla	1.4	0.24	1.26	1.68	17
2	Peso de la semilla	2.11	0.93	1.56	3.18	44
2	pH mucilago	3.52	0.17	3.42	3.71	5
2	Longitud de la hoja	26.85	4.08	22.2	29.86	15
2	Ancho de la hoja	9.94	1.56	8.14	10.91	15
2	Área foliar	90.68	31.51	64.1	125.48	34
2	Grasa	48.35	7.23	42.4	56.4	15
2	Proteína	11.15	3.85	8.58	15.57	34
2	Ceniza	4.31	0.47	3.86	4.8	11
2	Hierro	4.03	0.2	3.85	4.25	5
2	Zinc	3.5	0.62	2.78	3.87	17
<b>Coeficiente de variación promedio</b>						<b>24.84</b>

En el tercer grupo, se observa la formación de dos subgrupos, en el primero encontramos los árboles: UES-SPN-7, UES-SPN-8 y UES-SPN-9; encontramos, además, en el segundo subgrupo el árbol: UES-JCP-21. Estos fueron influenciados por los descriptores: peso del fruto, longitud del fruto, diámetro y peso de la semilla, grasa, por lo tanto, estos deben su agrupación a la similitud existente a dimensiones del fruto y semilla. Por otra parte, este grupo se

caracterizó por presentar el mayor peso del fruto y el mayor contenido de grasa; de igual forma este grupo presentó un coeficiente de variación promedio de 23.00% (Cuadro 26).

Cuadro 26. Variables cuantitativas del conglomerado tres: UES-SPN-7, UES-SPN-8, UES-SPN-9 y UES-JCP-21.

<b>Conglomerados</b>	<b>Variables</b>	<b>Media</b>	<b>Desviación estándar</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>Coeficiente de variación</b>
3	Altura del árbol	4	1.47	2.5	6	36
3	Edad de los arboles	26.25	7.5	15	30	28
3	N° de frutos	51.25	17.5	30	70	34
3	N° de semillas/ fruto	38	9.93	24	46	26
3	Peso de fruto (kg.)	0.73	0.42	0.2	1.14	57
3	Longitud del fruto	20.9	5.05	14.3	26.5	24
3	Diámetro del fruto	9.32	1.39	7.45	10.5	15
3	Longitud de semilla	2.51	0.12	2.34	2.61	4
3	Diámetro de la semilla	1.35	0.94	1.22	1.43	70
3	Peso de la semilla	2.11	0.93	1.56	3.18	6
3	pH mucilago	3.65	0.18	3.46	3.85	5
3	Longitud de la hoja	30.09	5.59	25.11	35.13	18
3	Ancho de la hoja	10.38	1.74	8.5	12.07	16
3	Área foliar	107.83	17.9	64.1	125.48	16
3	Grasa	48.93	2.78	44.78	50.67	5
3	Proteína	16.11	6.1	7.17	20.55	37
3	Ceniza	4.02	0.45	3.53	4.43	11
3	Hierro	3.96	0.28	3.65	4.43	7.07
3	Zinc	3	0.67	2.48	3.97	22
<b>coeficiente de variación promedio</b>						<b>23.00</b>

El cuarto grupo está formado únicamente por un árbol, el cual es: UES-VCT-10 con los siguientes descriptores: longitud, diámetro y peso de la semilla, número de semilla por fruto, contenidos de ceniza y hierro. Por lo tanto, este debe su agrupación a la similitud existente a dimensiones de la semilla. Este grupo se caracterizó por presentar los valores más altos en las siguientes variables: en la edad de los árboles, diámetro de la semilla, pH de mucilago, contenidos de ceniza, hierro y zinc; asimismo muestra los valores más bajos en cuanto a: número de semilla por fruto, y contenido de grasa; el coeficiente de variación promedio para este grupo fue de 0.00% (cuadro 27)

Cuadro 27. Variables cuantitativas del conglomerado cuatro: UES-VCT-10.

Conglomerados	Variables	Media	Desviación estándar	Mínimo	Máximo	Coefficiente de variación (%)
4	Altura del árbol	4	0	4	4	0
4	Edad de los arboles	80	0	80	80	0
4	N° de frutos	70	0	70	70	0
4	N° de semillas/ fruto	31	0	31	31	0
4	Peso de fruto (kg.)	0.4	0	0.4	0.4	0
4	Longitud del fruto	15.66	0	15.66	15.66	0
4	Diámetro del fruto	8.6	0	8.6	8.6	0
4	Longitud de semilla	2.51	0	2.51	2.51	0
4	Diámetro de la semilla	1.48	0	1.48	1.48	0
4	Peso de la semilla	1.63	0	1.63	1.63	0
4	pH mucilago	4.29	0	2.75	2.75	0
4	Longitud de la hoja	26.32	0	26.32	26.32	0
4	Ancho de la hoja	9.94	0	9.94	9.94	0
4	Área foliar	102.18	0	102.18	102.18	0
4	Grasa	22.34	0	22.34	22.34	0
4	Proteína	17.22	0	17.22	17.22	0
4	Ceniza	9.03	0	9.03	9.03	0
4	Hierro	4.08	0	4.08	4.08	0
4	Zinc	3.78	0	3.78	3.78	0
<b>Coefficiente de variación promedio</b>						0

El grupo cinco, está formado por 2 árboles, UES-SMO-11, UES-SMO-12. Para la formación de este grupo, influyó el descriptor, edad de los árboles, número de frutos por árbol, pH de mucilago y área de la hoja. Este grupo se caracterizó por presentar los mayores valores en las siguientes variables: longitud de la hoja, área foliar, diámetro del fruto y longitud de la semilla; el resto de las variables muestran menores valores como; el contenido de ceniza y zinc, mientras que el coeficiente de variación para el grupo fue de 7.69% (cuadro 28).

Cuadro 28. Variables cuantitativas del conglomerado cinco: UES-SMO-11, UES-SMO-12.

Conglomerados	Variabes	Media	Desviación estándar	Mínimo	Máximo	Coefficiente de variación (%)
5	Altura del árbol	3.5	0.7	3	4	20
5	Edad de los arboles	35	0	35	35	0
5	N° de frutos	71.5	28.99	51	92	40
5	N° de semillas/ fruto	40.5	6.36	36	45	15
5	Peso de fruto (kg.)	0.56	0.28	0.54	0.58	5
5	Longitud del fruto	16.25	1.76	15	17.5	11
5	Diámetro del fruto	9.5	1.27	8.6	10.4	13
5	Longitud de semilla	2.59	0.01	2.58	2.6	0.54
5	Diámetro de la semilla	1.35	0.07	1.35	1.36	0.52
5	Peso de la semilla	1.9	0.35	1.88	1.93	3
5	pH mucilago	3.57	0.56	3.53	3.61	1
5	Longitud de la hoja	30.31	0.21	30.3	30.33	0.069
5	Ancho de la hoja	10.9	0.29	10.69	11.11	2.75
5	Área foliar	117.58	14.95	107.01	128.16	13
5	Grasa	46.84	4.89	43.38	50.3	10
5	Proteína	17.18	0.49	17.15	17.22	0.28
5	Ceniza	3.45	0.91	3.39	3.52	2
5	Hierro	3.93	0.84	3.87	3.99	2
5	Zinc	2.24	0.17	2.12	2.36	7
<b>Coefficiente de variación promedio</b>						<b>7.69</b>

El sexto grupo, está formado por un grupo, los cuales lo conforman los árboles: UES-CAL-13, UES-14 y UES-CAL-15. Para la formación de este grupo, influyeron los descriptores, contenido de hierro y zinc. Este grupo se caracterizó por mostrar el valor más altos en el siguiente descriptor: diámetro del fruto; y para los valores más bajos fueron; diámetro de la semilla y hierro el coeficiente de variación para este grupo fue de 14.71% (cuadro 29).

Cuadro 29. Variables cuantitativas del conglomerado seis: UES-CAL-13, UES-14 y UES-CAL-15.

<b>Conglomerados</b>	<b>Variabes</b>	<b>Media</b>	<b>Desviación estándar</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>Coefficiente de variación</b>
6	Altura del árbol	6.66	0.57	6	7	8
6	Edad de los árboles	50	0	50	50	0
6	Nº de frutos	60	20	40	80	33
6	Nº de semillas/ fruto	68	11.27	55	75	16
6	Peso de fruto (kg.)	0.59	0.29	0.56	0.61	49
6	Longitud del fruto	19.83	1.04	19	21	5
6	Diámetro del fruto	9.5	0.61	9.1	10.2	6
6	Longitud de semilla	2.2	0.05	2.15	2.24	21
6	Diámetro de la semilla	1.19	0.06	1.15	1.27	5
6	Peso de la semilla	1.76	0.7	1.33	2.57	39
6	pH mucilage	3.68	0.16	3.5	3.79	4
6	Longitud de la hoja	28.65	2.46	25.86	30.53	8
6	Ancho de la hoja	10.84	0.8	10.24	11.75	7
6	Área foliar	106.97	13.13	91.81	114.71	12
6	Grasa	31.46	1.13	30.3	32.57	3
6	Proteína	16.25	4.34	11.4	19.78	26
6	Ceniza	3.6	0.46	3.1	4	12
6	Hierro	3.45	0.33	3.12	3.79	9
6	Zinc	3.27	0.87	2.28	3.92	26
<b>Coefficiente de variación promedio</b>						15.21

El séptimo grupo está formado únicamente por dos árboles, los cuales son: UES-SLT-16 y UES-SLT-17 este subgrupo mostró similitud en los siguientes descriptores, número de frutos por árbol, longitud de la hoja, ceniza y zinc. Este grupo se caracterizó por presentar los valores más altos en las siguientes variables: altura del árbol, ancho de la hoja, número de frutos por árbol y contenido de proteína, este grupo no muestra valores bajos en cuanto a variables, asimismo el coeficiente de variación promedio para este grupo fue de 12.30% (cuadro 30).

Cuadro 30. Variables cuantitativas del conglomerado siete: UES-SLT-16 y UES-SLT-17.

<b>Conglomerados</b>	<b>Variables</b>	<b>Media</b>	<b>Desviación estándar</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>Coefficiente de variación</b>
7	Altura del árbol	7.5	0.7	7	8	9
7	Edad de los arboles	70	0	70	70	0
7	N° de frutos	185	21.21	170	200	11
7	N° de semillas/ fruto	35	4.24	32	38	12
7	Peso de fruto (kg.)	0.39	0.8	0.34	0.45	20
7	Longitud del fruto	21.75	6.01	17.5	26	27
7	Diámetro del fruto	8.3	0	8.3	8.3	0
7	Longitud de semilla	2.24	0.21	2.09	2.39	9
7	Diámetro de la semilla	1.39	0.14	1.29	1.5	11
7	Peso de la semilla	1.65	0.3	1.44	1.87	18
7	pH mucilago	4.05	0.57	3.65	4.46	14
7	Longitud de la hoja	29.88	2.9	27.83	31.93	9
7	Ancho de la hoja	10.98	0.28	10.96	11	0.26
7	Área foliar	85.27	23.98	68.31	102.23	28
7	Grasa	38.27	5.36	34.48	42.06	14
7	Proteína	21.48	8.35	15.57	27.38	39
7	Ceniza	4.3	0.99	4.23	4.37	2
7	Hierro	3.7	0.21	3.69	3.72	0.57
7	Zinc	2.76	0.27	2.57	2.96	9.78
<b>Coefficiente de variación promedio</b>						<b>12.30</b>

El grupo ocho, está formado por 2 árboles, los cuales son; UES-TNG-18, UES-TNG-20. Para la formación de este grupo, influyó el contenido de proteína. Este grupo se caracterizó por presentar el mayor valor en los siguientes descriptores: diámetro de la semilla; el resto de las variables muestran menores valores los cuales son; altura de árbol, edad de los árboles, longitud de la hoja, longitud, diámetro y peso del fruto, diámetro de la semilla, mientras que el coeficiente de variación para el grupo fue de 17.89% (cuadro 31).

Cuadro 31. Variables cuantitativas del conglomerado ocho: UES-TNG-18, UES-TNG-20.

<b>Conglomerados</b>	<b>Variables</b>	<b>Media</b>	<b>Desviación estándar</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>Coefficiente de variación</b>
8	Altura del árbol	2.75	1.06	2	3.5	38
8	Edad de los arboles	10	0	10	10	0
8	N° de frutos	15	4.24	12	18	28
8	N° de semillas/ fruto	34.5	19.09	21	48	55
8	Peso de fruto (kg.)	0.19	0.56	0.15	0.23	30
8	Longitud del fruto	13.05	2.47	11.3	14.8	19
8	Diámetro del fruto	6.42	0.67	5.95	6.9	10
8	Longitud de semilla	2.33	0.25	2.16	2.51	11
8	Diámetro de la semilla	1.48	0.12	1.4	1.57	8
8	Peso de la semilla	1.84	0.68	1.36	2.33	37
8	PH mucilago	4.25	0.77	4.2	4.31	2
8	Longitud de la hoja	22.16	0.37	21.9	22.43	2
8	Ancho de la hoja	8.67	0.91	8.61	8.74	10
8	Área foliar	70.98	3.22	68.7	73.26	4
8	Grasa	37.92	9.11	31.48	44.36	24
8	Proteína	20.06	4.66	16.76	23.36	23
8	Ceniza	5.85	0.65	5.39	6.31	11
8	Hierro	3.92	0.91	3.86	3.99	23
8	Zinc	2.78	0.14	2.68	2.89	5
<b>Coefficiente de variación promedio</b>						<b>17.89</b>

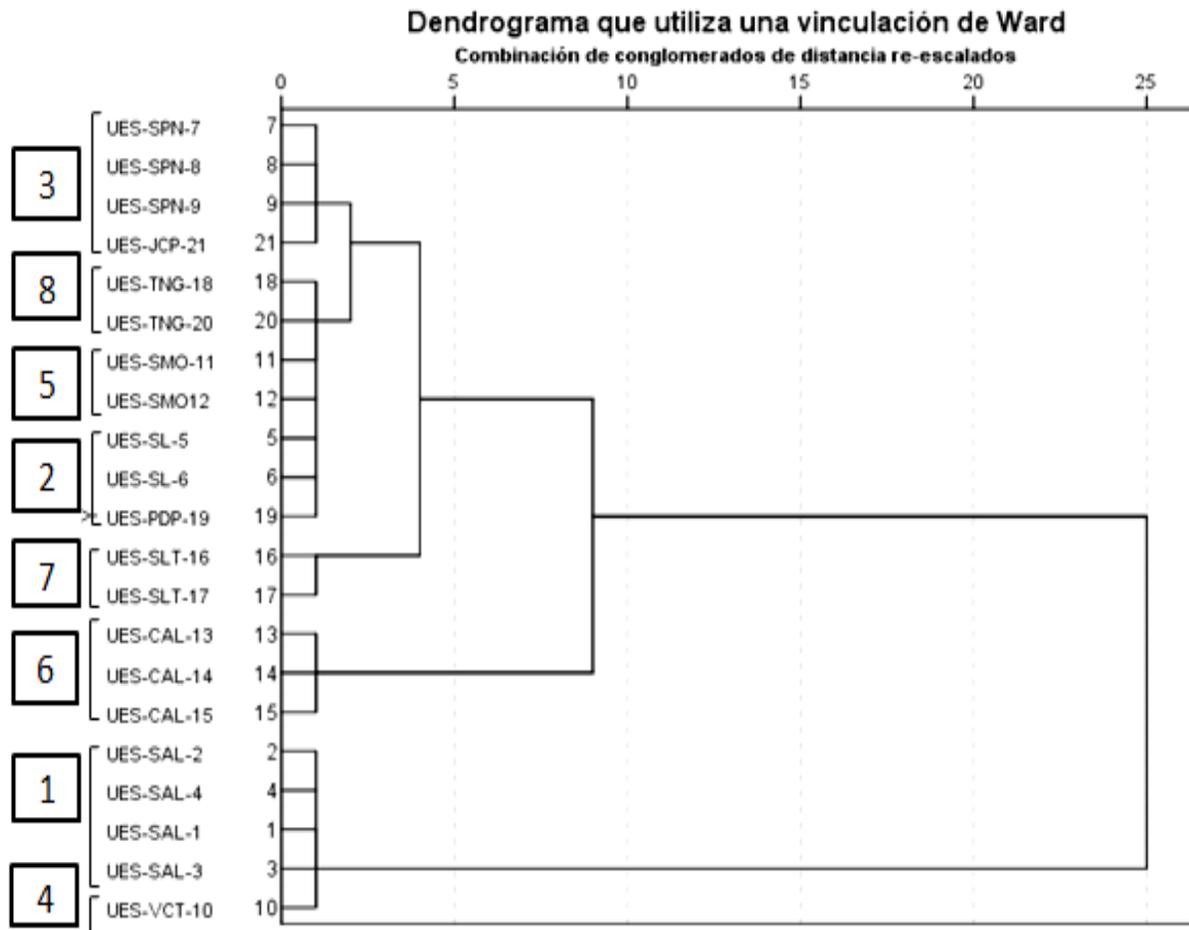


Figura 27. Dendrograma de distancias entre 21 materiales de germoplasma de cacao.

#### 4.7. Catálogo de selección de cacao

**Árbol 1 (UES-SAL-1):** encontrado en el Hospital Nacional Dr. José Antonio Saldaña, Municipio de Panchimalco, Departamento de San Salvador ubicado cartográficamente en Latitud Norte 13°64'68.9", Longitud Oeste 89°19'56.3", a una elevación de 957 msnm.

**Descripción del árbol:** árbol de aproximadamente 20 años de edad, que posee un DAP de 6.15 cm, con una altura de 3 m, y dos ramas principales.



FIGURA 28. Árbol UES-SAL-1

**Descripción de hoja:** las hojas presentan un ápice acuminado largo, con una base aguda y color de brotes violetas; además de una longitud de peciolo de 1.96 cm, con una longitud de 22.97 cm y un ancho de hoja de 58.37 cm, y por ultimo un área foliar promedio de 58.37 cm<sup>2</sup>.

**Descripción de fruto:** el color del fruto inmaduro es verde, forma del fruto oblongo, forma del ápice apezonado, rugosidad ligera y constricción basal intermedia, con un número de 25 frutos al momento de levantar la información, número de semillas por frutos de 54, peso de fruto de 0.173 kg. , longitud de fruto de 12.9 cm, diámetro de 5.73 cm, número de surcos de 5, separación de surco de 3.25 cm, profundidad de lomo de 0.70 cm y una profundidad de surco de 0.55 cm.

**Descripción de la semilla:** presenta una sección longitudinal irregular, sección transversal intermedia, con color de cotiledones rosados, color de la semilla violeta, además una longitud de 2.11 cm, diámetro de 1.42 cm, y un peso promedio de 1.16 cm.

Cuadro 32. Contenido nutricional de la semilla del árbol UES-SAL-1 (árbol 1)

Análisis	Datos	Unidad	Análisis	Datos	Unidad
pH mucilago	3.9	%	Perdida de agua	42.2	%
Grasa	31.58	%	Ceniza	4.02	%
Humedad total	3.94	%	Proteína	17.65	%
Humedad parcial	38.26	%	Hierro	4.52	mg.l <sup>-1</sup>
M. Seca	57.80	%	Zinc	2.58	mg.l <sup>-1</sup>

**Árbol 2 (UES-SAL-2):** encontrado en el Hospital Nacional Dr. José Antonio Saldaña, Municipio de Panchimalco, Departamento de San Salvador ubicado cartográficamente en Latitud Norte 13°64'68.3", Longitud Oeste 89°19'548", a una elevación de 961 msnm.

**Descripción del árbol:** árbol de aproximadamente 20 años de edad, que posee un DAP de 7.5 cm, con una altura de 2.5 m, y con una rama principal.



FIGURA 29. Árbol UES-SAL-2

**Descripción de hoja:** las hojas presentan un ápice acuminado corto, con una base aguda y color de brotes rojizos; además de una longitud de peciolo de 1.63 cm, con una longitud de 22.10 cm y un ancho de hoja de 7.07 cm, y por ultimo un área foliar promedio de 83.76 cm<sup>2</sup>.

**Descripción de fruto:** el color del fruto inmaduro es verde, forma del fruto oblongo, forma del ápice obtuso, rugosidad ligera y constricción basal ausente, con un número de 30 frutos al momento de levantar la información, número de semillas por frutos de 33, peso de fruto de 0.666 kg., longitud de fruto de 21.5 cm, diámetro de 8.6 cm, número de surcos de 10, separación de surco de 3.70 cm, profundidad de lomo de 2.8 cm y una profundidad de surco de 2.6 cm.

**Descripción de la semilla:** presenta una sección longitudinal ovada, sección transversal intermedia, con color de cotiledones rosados, color de la semilla violeta, además una longitud de 2.25 cm, diámetro de 1.31 cm, y un peso promedio de 1.47 cm.

Cuadro 33. Contenido nutricional de la semilla del árbol UES-SAL-2 (árbol 2)

Análisis	Datos	Unidad	Análisis	Datos	Unidad
pH mucilago	3.87	%	Perdida de agua	31.8	%
Grasa	22.61	%	Ceniza	3.98	%
Humedad total	6.2	%	Proteína	18.79	%
Humedad parcial	25.6	%	Hierro	3.85	mg.l <sup>-1</sup>
M. Seca	68.2	%	Zinc	2.69	mg.l <sup>-1</sup>

**Árbol 3 (UES-SAL-3):** encontrado en el Hospital Nacional Dr. José Antonio Saldaña, Municipio de Panchimalco, Departamento de San Salvador ubicado cartográficamente en Latitud Norte 13°64'58.5", Longitud Oeste 89°19'55.1", a una elevación de 953 msnm.

**Descripción del árbol:** árbol de aproximadamente 20 años de edad, que posee un DAP de 8.5 cm, con una altura de 5 m, y con una rama principal.



FIGURA 30. Árbol UES-SAL-3

**Descripción de hoja:** las hojas presentan un ápice agudo, con una base redondeado y color de brotes violeta; además de una longitud de peciolo de 1.82 cm, con una longitud de 25.93 cm y un ancho de hoja de 9.05 cm, y por ultimo un área foliar promedio de 98.92 cm<sup>2</sup>.

**Descripción de fruto:** el color del fruto inmaduro es verde, forma del fruto oblongo, forma del ápice apezonado, rugosidad intermedia y constricción basal ausente, con un número de 14 frutos al momento de levantar la información I, número de semillas por frutos de 42, peso de fruto de 0.583 kg., longitud de fruto de 21.5 cm, diámetro de 9.1 cm, número de surcos de 10, separación de surco de 3 cm, profundidad de lomo de 1.65 cm y una profundidad de surco de 1.4 cm.

**Descripción de la semilla:** presenta una sección longitudinal irregular, sección transversal intermedia, con color de cotiledones blanco, color de la semilla violeta, además una longitud de 2.17 cm, diámetro de 1.22 cm, y un peso promedio de 1.45 cm, en el cuadro se detalla el contenido nutricional de la semilla.

Cuadro 34. Contenido nutricional de la semilla del árbol UES-SAL-3 (árbol 3)

Análisis	Datos	Unidad	Análisis	Datos	Unidad
pH mucilago	3.53	%	Perdida de agua	70.38	%
Grasa	21.8	%	Ceniza	7.62	%
Humedad total	4.21	%	Proteína	21.31	%
Humedad parcial	66.17	%	Hierro	4.02	mg.l <sup>-1</sup>
M. Seca	29.62	%	Zinc	3.56	mg.l <sup>-1</sup>

**Árbol 4 (UES-SAL-4):** encontrado en el Hospital Nacional Dr. José Antonio Saldaña, Municipio de Panchimalco, Departamento de San Salvador ubicado cartográficamente en Latitud Norte 13°64'70.9", Longitud Oeste 89°19'54.7", a una elevación de 956 msnm.

**Descripción del árbol:** árbol de aproximadamente 20 años de edad, que posee un DAP de 5.25 cm, con una altura de 3.5 m, y con dos ramas principales.



FIGURA 31. Árbol UES-SAL-4

**Descripción de hoja:** las hojas presentan un ápice acuminado largo, con una base agudo y color de brotes verde-claro; además de una longitud de peciolo de 1.8 cm, con una longitud de 26.6 cm y un ancho de hoja de 7.53 cm, y por ultimo un área foliar promedio de 86.94 cm<sup>2</sup>.

**Descripción de fruto:** el color del fruto inmaduro es verde, forma del fruto oblongo, forma del ápice agudo, rugosidad intermedia y constricción basal intermedia, con un número de 27 frutos al momento de levantar la información, número de semillas por frutos de 31, peso de fruto de 0.273 kg., longitud de fruto de 14.6 cm, diámetro de 6.61 cm, número de surcos de 10, separación de surco de 2.05 cm, profundidad de lomo de 1.12 cm y una profundidad de surco de 0.95 cm.

**Descripción de la semilla:** presenta una sección longitudinal irregular, sección transversal redondeada, con color de cotiledones rosado, color de la semilla violeta, además una longitud de 2.1 cm, diámetro de 1.11 cm, y un peso promedio de 0.95 cm, en el cuadro se detalla el contenido nutricional de la semilla.

Cuadro 35. Contenido nutricional de la semilla del árbol UES-SAL-4 (árbol 4)

Análisis	Datos	Unidad	Análisis	Datos	Unidad
pH mucilago	3.97	%	Perdida de agua	49.74	%
Grasa	32.56	%	Ceniza	3.67	%
Humedad total	3.85	%	Proteína	18.77	%
Humedad parcial	45.89	%	Hierro	3.67	mg.l <sup>-1</sup>
M. Seca	50.26	%	Zinc	3.69	mg.l <sup>-1</sup>

**Árbol 5 (UES-SL-5):** encontrado en San Laureano, municipio de Ciudad Delgado, Departamento de San Salvador, ubicado cartográficamente en Latitud Norte 13°76'86.1", Longitud Oeste 89°15'14.2", a una elevación de 500 msnm.

**Descripción del árbol:** árbol de aproximadamente 40 años de edad, que posee un DAP de 13.4 cm, con una altura de 6 m, y con siete ramas.



FIGURA 32. Árbol UES-SL-5

**Descripción de hoja:** las hojas presentan un ápice acuminado largo, con una base agudo y color de brotes rojizos; además de una longitud de peciolo de 1.56 cm, con una longitud de 28.49 cm y un ancho de hoja de 10.76 cm, y por ultimo un área foliar promedio de 82.45 cm<sup>2</sup>.

**Descripción de fruto:** el color del fruto inmaduro es verde, forma del fruto oblongo, forma del ápice atenuado, rugosidad ligera y constricción basal ausente, con un número de 35 frutos al momento de levantar la información, número de semillas/frutos de 38, peso de fruto de 1.248 kg., longitud de fruto de 27 cm, diámetro de 10.52 cm, número de surcos de 5, separación de surco de 5.75 cm, profundidad de lomo de 2.48 cm y una profundidad de surco de 2.31 cm.

**Descripción de la semilla:** presenta una sección longitudinal irregular, sección transversal intermedia, con color de cotiledones rosado, color de la semilla violeta, además una longitud de 2.39 cm, diámetro de 1.26 cm, y un peso promedio de 1.59 cm, en el cuadro se detalla el contenido nutricional de la semilla.

Cuadro 36. Contenido nutricional de la semilla del árbol UES-SL-5 (árbol 5)

Análisis	Datos	Unidad	Análisis	Datos	Unidad
PH mucilago	3.71	%	Perdida de agua	52.38	%
Grasa	46.26	%	Ceniza	4.28	%
Humedad total	3.41	%	Proteína	9.29	%
Humedad parcial	48.97	%	Hierro	4.25	mg.l <sup>-1</sup>
M. Seca	47.62	%	Zinc	3.85	mg.l <sup>-1</sup>

**Árbol 6 (ES-SL-6):** encontrado en San Laureano, municipio de Ciudad Delgado, Departamento de San Salvador, ubicado cartográficamente en Latitud Norte 13°76'61.7", Longitud Oeste 89°15'20.8", a una elevación de 528 msnm.

**Descripción del árbol:** árbol de aproximadamente 60 años de edad, que posee un DAP de 10.25 cm, con una altura de 3 m, y con una rama principal.



FIGURA 33. Árbol UES-SL-6

**Descripción de hoja:** las hojas presentan un ápice acuminado corto, con una base agudo y color de brotes verde-claro; además de una longitud de peciolo de 2.21 cm, con una longitud de 22.2 cm y un ancho de hoja de 8.14 cm, y por ultimo un área foliar promedio de 64.1 cm<sup>2</sup>.

**Descripción de fruto:** el color del fruto inmaduro es verde pigmentado y surcos de color rojo pigmentado, forma del fruto oblongo, forma del ápice fuerte, rugosidad fuerte y constricción basal ligera, con un número de 48 frutos al momento de levantar la información, número de semillas por frutos de 34, peso de fruto de 0.276 kg., longitud de fruto de 21.83 cm, diámetro de 7.16 cm, número de surcos de 7, separación de surco de 2.33 cm, profundidad de lomo de 1.26 cm y una profundidad de surco de 0.82 cm.

**Descripción de la semilla:** presenta una sección longitudinal ovada, sección transversal redondeada, con color de cotiledones blanco, color de la semilla blanco, además una longitud de 2.28 cm, diámetro de 1.27 cm, y un peso promedio de 1.56 cm, en el cuadro se detalla el contenido nutricional de la semilla.

Cuadro 37. Contenido nutricional de la semilla del árbol UES-SAL-6 (árbol 6)

Análisis	Datos	Unidad	Análisis	Datos	Unidad
pH mucilago	3.42	%	Perdida de agua	52.56	%
Grasa	42.4	%	Ceniza	4.8	%
Humedad total	3.66	%	Proteína	8.58	%
Humedad parcial	48.9	%	Hierro	3.85	mg.l <sup>-1</sup>
M. Seca	47.44	%	Zinc	3.87	mg.l <sup>-1</sup>

**Árbol 7 (UES-SPN-7):** encontrado en San Pedro Nonualco, Departamento de La Paz, El Salvador, ubicado cartográficamente en Latitud Norte 13°60'03.6", Longitud Oeste 88°13'13.5", a una elevación de 662 msnm.

**Descripción del árbol:** árbol de aproximadamente 30 años de edad, que posee un DAP de 10.45 cm, con una altura de 6 m, y con una rama principal.



FIGURA 34. Árbol UES-SPN-7

**Descripción de hoja:** las hojas presentan un ápice acuminado largo, con una base agudo y color de brotes verde-claro; además de una longitud de peciolo de 5.04 cm, con una longitud de 34.73 cm y un ancho de hoja de 11.62 cm, y por ultimo un área foliar promedio de 119.08 cm<sup>2</sup>.

**Descripción de fruto:** el color del fruto inmaduro es verde rojizo, forma del fruto abovado, forma del ápice atenuado, rugosidad intermedio y constricción basal ausente, con un numero de 70 frutos al momento de levantar la información, número de semillas por frutos de 46, peso de fruto de 1.008 kg., longitud de fruto de 22.2 cm, diámetro de 10.50 cm, número de surcos de 10, separación de surco de 3.05 cm, profundidad de lomo de 2.30 cm y una profundidad de surco de 1.26 cm.

**Descripción de la semilla:** presenta una sección longitudinal irregular, sección transversal intermedia, con color de cotiledones rosado, color de la semilla violeta, además una longitud de 2.58 cm, diámetro de 1.41 cm, y un peso promedio de 2.05 cm, en el cuadro se detalla el contenido nutricional de la semilla.

Cuadro 38. Contenido nutricional de la semilla del árbol UES-SPN-7 (árbol 7)

Análisis	Datos	Unidad	Análisis	Datos	Unidad
pH mucilago	3.85	%	Perdida de agua	69.91	%
Grasa	50.67	%	Ceniza	3.74	%
Humedad total	4.02	%	Proteína	17.35	%
Humedad parcial	65.89	%	Hierro	3.65	mg.l <sup>-1</sup>
M. Seca	30.09	%	Zinc	2.48	mg.l <sup>-1</sup>

**Árbol 8 (UES-SPN-8):** encontrado en San Pedro Nonualco, Departamento de La Paz, El Salvador, ubicado cartográficamente en Latitud Norte 13°60'01.8", Longitud Oeste 88°93'12.2", a una elevación de 648 msnm.

**Descripción del árbol:** árbol de aproximadamente 30 años de edad, que posee un DAP de 10.4 cm, con una altura de 3.5 m, y con cuatro de ramas.



FIGURA 35. Árbol UES-SPN-8

**Descripción de hoja:** las hojas presentan un ápice agudo, con una base obtuso y color de brotes verde-claro; además de una longitud de peciolo de 1.98 cm, con una longitud de 8.50 cm y un ancho de hoja de 25.41 cm, y por ultimo un área foliar promedio de 98.82 cm<sup>2</sup>.

**Descripción de fruto:** el color del fruto inmaduro es verde pigmentado, forma del fruto oblongo, forma del ápice atenuado, rugosidad fuerte y constricción basal intermedio, con un número de 60 frutos al momento de levantar la información, número de semillas por frutos de 38, peso de fruto de 1.135 kg., longitud de fruto de 26.5 cm, diámetro de 10.25 cm, número de surcos de 10, separación de surco de 2.90 cm, profundidad de lomo de 1.85 cm y una profundidad de surco de 1.30 cm.

**Descripción de la semilla:** presenta una sección longitudinal ovada, sección transversal intermedia, con color de cotiledones morado, color de la semilla violeta, además una longitud de 2.61 cm, diámetro de 1.22 cm, y un peso promedio de 2.12 cm, en el cuadro se detalla el contenido nutricional de la semilla.

Cuadro 39. Contenido nutricional de la semilla del árbol UES-SPN-8 (árbol 8)

Análisis	Datos	Unidad	Análisis	Datos	Unidad
pH mucilago	3.56	%	Perdida de agua	68.63	%
Grasa	50.29	%	Ceniza	4.37	%
Humedad total	4.31	%	Proteína	19.36	%
Humedad parcial	64.32	%	Hierro	3.98	mg.l <sup>-1</sup>
M. Seca	31.37	%	Zinc	3.97	mg.l <sup>-1</sup>

**Árbol 9 (UES-SPN-9):** encontrado en San Pedro Nonualco, Departamento de La Paz, El Salvador, ubicado cartográficamente en Latitud Norte 13°60'00.9", Longitud Oeste 88°93'14.3", a una elevación de 642 msnm.

**Descripción del árbol:** árbol de aproximadamente 40 años de edad, que posee un DAP de 13.4 cm, con una altura de 6 m, y con siete ramas.



FIGURA 36. Árbol UES-SPN-9

**Descripción de hoja:** las hojas presentan un ápice agudo, con una base agudo y color de brotes verde-claro; además de una longitud de peciolo de 2.92 cm, con una longitud de 35.13 cm y un ancho de hoja de 12.07 cm, y por ultimo un área foliar promedio de 126.10 cm<sup>2</sup>.

**Descripción de fruto:** el color del fruto inmaduro es verde, forma del fruto abovado, forma del ápice agudo, rugosidad fuerte y constricción basal fuerte, con un número de 45 frutos al momento de levantar la información, número de semillas por frutos de 44, peso de fruto de 0.591 kg., longitud de fruto de 20.6 cm, diámetro de 9.1 cm, número de surcos de 10, separación de surco de 2.60 cm, profundidad de lomo de 1.85 cm y una profundidad de surco de 1.25 cm.

**Descripción de la semilla:** presenta una sección longitudinal irregular, sección transversal intermedia, con color de cotiledones morado, color de la semilla violeta, además una longitud de 2.54 cm, diámetro de 1.43 cm, y un peso promedio de 1.90 cm, en el cuadro se detalla el contenido nutricional de la semilla.

Cuadro 40. Contenido nutricional de la semilla del árbol UES-SPN-9 (árbol 9)

Análisis	Datos	Unidad	Análisis	Datos	Unidad
pH mucilago	3.46	%	Perdida de agua	67.01	%
Grasa	44.78	%	Ceniza	3.53	%
Humedad total	4.12	%	Proteína	7.17	%
Humedad parcial	62.89	%	Hierro	3.89	mg.l <sup>-1</sup>
M. Seca	32.99	%	Zinc	2.65	mg.l <sup>-1</sup>

**Árbol 10 (UES-VCT-10):** encontrado en Via Victoria, Municipio de Ilobasco, Departamento de Cabañas, El Salvador, ubicado cartográficamente en Latitud Norte 13°95'12.8", Longitud Oeste 88°63'35.2", a una elevación de 896 msnm.

**Descripción del árbol:** árbol de aproximadamente 80 años de edad, que posee un DAP de 16.5 cm, con una altura de 4 m, y con una rama principal.



FIGURA 37. Árbol UES-VCT-10

**Descripción de hoja:** las hojas presentan un ápice acuminado agudo, con una base obtuso y color de brotes verde-claro; además de una longitud de peciolo de 2.75 cm, con una longitud de 26.32 cm y un ancho de hoja de 9.94 cm, y por ultimo un área foliar promedio de 102.18 cm<sup>2</sup>.

**Descripción de fruto:** el color del fruto inmaduro es rojo, forma del fruto orbicular, forma del ápice agudo, rugosidad ligera y constricción basal ausente, con un número de 70 frutos al momento de levantar la información, número de semillas por frutos de 31, peso de fruto de 0.404 kg., longitud de fruto de 15.66 cm, diámetro de 8.60 cm, número de surcos de 10, separación de surco de 2.40 cm, profundidad de lomo de 1.20 cm y una profundidad de surco de 0.90 cm.

**Descripción de la semilla:** presenta una sección longitudinal ovada, sección transversal redondeado, con color de cotiledones blanco, color de la semilla blanca, además una longitud de 2.51 cm, diámetro de 1.48 cm, y un peso promedio de 1.63 cm, en el cuadro se detalla el contenido nutricional de la semilla.

Cuadro 41. Contenido nutricional de la semilla del árbol UES-VCT-10 (árbol 10)

Análisis	Datos	Unidad	Análisis	Datos	Unidad
pH mucilago	4.29	%	Perdida de agua	83.47	%
Grasa	22.34	%	Ceniza	9.03	%
Humedad total	5.17	%	Proteína	17.22	%
Humedad parcial	78.30	%	Hierro	4.08	mg.l <sup>-1</sup>
M. Seca	16.53	%	Zinc	3.78	mg.l <sup>-1</sup>

**Árbol 11 (UES-SMO-11):** encontrado en Santa María Ostuma, Departamento de La Paz, El Salvador, ubicado cartográficamente en Latitud Norte 13°72'06 .5", Longitud Oeste 89°20'48.0", a una elevación de 554 msnm.

**Descripción del árbol:** árbol de aproximadamente 35 años de edad, que posee un DAP de 7.6 cm, con una altura de 4 m, y con cinco ramas.



FIGURA 38. Árbol UES-SMO-11

**Descripción de hoja:** las hojas presentan un ápice acuminado corto, con una base obtuso y color de brotes rojizos; además de una longitud de peciolo de 2.29 cm, con una longitud de 11.11 cm y un ancho de hoja de 30.33 cm, y por ultimo un área foliar promedio de 128.16 cm<sup>2</sup>.

**Descripción de fruto:** el color del fruto inmaduro es verde pigmentado, forma del fruto ovado, forma del ápice obtuso, rugosidad ligera y constricción basal ligera, con un número de 92 frutos al momento de levantar la información, número de semillas por frutos de 45, peso de fruto de 0.577 kg., longitud de fruto de 17.5 cm, diámetro de 8.6 cm, número de surcos de 10, separación de surco de 2.5 cm, profundidad de lomo de 1.45 cm y una profundidad de surco de 1.00 cm.

**Descripción de la semilla:** presenta una sección longitudinal irregular, sección transversal intermedia, con color de cotiledones violeta, color de la semilla violeta, además una longitud de 2.58 cm, diámetro de 1.38 cm, y un peso promedio de 1.88 cm, en el cuadro se detalla el contenido nutricional de la semilla.

Cuadro 42. Contenido nutricional de la semilla del árbol UES-SMO-11 (árbol 11)

Análisis	Datos	Unidad	Análisis	Datos	Unidad
pH mucilago	3.53	%	Perdida de agua	52.71	%
Grasa	50.3	%	Ceniza	3.39	%
Humedad total	3.81	%	Proteína	17.22	%
Humedad parcial	48.90	%	Hierro	3.99	mg.l <sup>-1</sup>
M. Seca	47.29	%	Zinc	2.12	mg.l <sup>-1</sup>

**Árbol 12 (UES-SMO-12):** encontrado Santa María Ostuma, Departamento de La Paz, El Salvador, ubicado cartográficamente en Latitud Norte 13°62'38.72", Longitud Oeste 89°94'56.7", a una elevación de 553 msnm.

**Descripción del árbol:** árbol de aproximadamente 35 años de edad, que posee un DAP de 10.45 cm, con una altura de 3 m, y con cuatro ramas.



FIGURA 39. Árbol UES-SMO-12

**Descripción de hoja:** las hojas presentan un ápice agudo, con una base obtuso y color de brotes rojizos; además de una longitud de peciolo de 2.23 cm, con una longitud de 10.69 cm y un ancho de hoja de 30.30 cm, y por ultimo un área foliar promedio de 107.01 cm<sup>2</sup>.

**Descripción de fruto:** el color del fruto inmaduro es verde pigmentado, forma del fruto orbicular, forma del ápice obtuso, rugosidad ausente (liso) y constricción basal intermedio, con un número de 51 frutos al momento de levantar la información, número de semillas por frutos de 36, peso de fruto de 0.537 kg., longitud de fruto de 15 cm, diámetro de 10.40 cm, número de surcos de 10, separación de surco de 2.85 cm, profundidad de lomo de 1.60 cm y una profundidad de surco de 1.30 cm.

**Descripción de la semilla:** presenta una sección longitudinal elíptica, sección transversal aplanado, con color de cotiledones violeta, color de la semilla violeta, además una longitud de 2.60 cm, diámetro de 1.36 cm, y un peso promedio de 1.93 cm, en el cuadro se detalla el contenido nutricional de la semilla.

Cuadro 43. Contenido nutricional de la semilla del árbol UES-SMO-12 (árbol 12)

Análisis	Datos	Unidad	Análisis	Datos	Unidad
pH mucilago	3.61	%	Perdida de agua	49.2	%
Grasa	43.38	%	Ceniza	3.52	%
Humedad total	3.52	%	Proteína	17.15	%
Humedad parcial	45.68	%	Hierro	3.87	mg.l <sup>-1</sup>
M. Seca	50.8	%	Zinc	2.36	mg.l <sup>-1</sup>

**Árbol 13 (UES-CAL-13):** encontrado en Fina, Tecoma, Municipio de Caluco, Departamento de Sonsonate, El Salvador, ubicado cartográficamente en Latitud Norte 13°71'54.7", Longitud Oeste 89°67'44.5", a una elevación de 323 msnm.

**Descripción del árbol:** árbol de aproximadamente 50 años de edad, que posee un DAP de 19 cm, con una altura de 7 m, y con cuatro ramas.

**Descripción de hoja:** las hojas presentan un ápice acuminado largo, con una base agudo y color de brotes verde-claro; además de una longitud de peciolo de 2.03 cm, con una longitud de 10.52 cm y un ancho de hoja de 29.55 cm, y por ultimo un área foliar promedio de 114.714 cm<sup>2</sup>.



FIGURA 40. Árbol UES-CAL-13

**Descripción de fruto:** el color del fruto inmaduro es verde, forma del fruto abovado, forma del ápice obtuso, rugosidad ligera y constricción basal intermedia, con un número de 60 frutos al momento de levantar la información, número de semillas por frutos de 55, peso de fruto de 0.59 kg., longitud de fruto de 21 cm, diámetro de 9.2 cm, número de surcos de 10, separación de surco de 2.7 cm, profundidad de lomo de 1.60 cm y una profundidad de surco de 1.00 cm.

**Descripción de la semilla:** presenta una sección longitudinal irregular, sección transversal intermedia, con color de cotiledones violeta, color de la semilla violeta, además una longitud de 2.15 cm, diámetro de 1.15 cm, y un peso promedio de 2.57 cm, en el cuadro se detalla el contenido nutricional de la semilla.

Cuadro 44. Contenido nutricional de la semilla del árbol UES-CAL-13 (árbol 13)

Análisis	Datos	Unidad	Análisis	Datos	Unidad
pH mucilago	3.79	%	Perdida de agua	67.02	%
Grasa	31.5	%	Ceniza	3.71	%
Humedad total	4.72	%	Proteína	11.40	%
Humedad parcial	62.3	%	Hierro	3.12	mg.l <sup>-1</sup>
M. Seca	32.98	%	Zinc	3.62	mg.l <sup>-1</sup>

**Árbol 14 (UES-CAL-14):** encontrado en Fina, Tecoma, Municipio de Caluco, Departamento de Sonsonate, ubicado cartográficamente en Latitud Norte 13°71'54.7", Longitud Oeste 89°67'45.1", a una elevación de 295 msnm.

**Descripción del árbol:** árbol de aproximadamente 50 años de edad, que posee un DAP de 18 cm, con una altura de 6 m, y con dos ramas principales.



FIGURA 41. Árbol UES-CAL-14

**Descripción de hoja:** las hojas presentan un ápice acuminado corto, con una base agudo y color de brotes rojizos; además de una longitud de peciolo de 2.30 cm, con una longitud de 25.86 cm y un ancho de hoja de 10.24 cm, y por ultimo un área foliar promedio de 91.81 cm<sup>2</sup>.

**Descripción de fruto:** el color del fruto inmaduro es verde pigmentado, forma del fruto abovado, forma del ápice obtuso, rugosidad ligera y constricción basal intermedio, con un número de 80 frutos al momento de levantar la información, número de semillas por frutos de 74, peso de fruto de 0.555 kg., longitud de fruto de 19 cm, diámetro de 9.1 cm, número de surcos de 10, separación de surco de 2.5 cm, profundidad de lomo de 1.4 cm y una profundidad de surco de 1.00 cm.

**Descripción de la semilla:** presenta una sección longitudinal oblonga, sección transversal redondeada, con color de cotiledones violeta, color de la semilla violeta, además una longitud de 2.24 cm, diámetro de 1.16 cm, y un peso promedio de 1.33 cm, en el cuadro se detalla el contenido nutricional de la semilla.

Cuadro 45. Contenido nutricional de la semilla del árbol UES-CAL-14 (árbol 14)

Análisis	Datos	Unidad	Análisis	Datos	Unidad
pH mucilago	3.75	%	Perdida de agua	52.04	%
Grasa	32.57	%	Ceniza	4.00	%
Humedad total	3.44	%	Proteína	19.78	%
Humedad parcial	48.6	%	Hierro	3.79	mg.l <sup>-1</sup>
M. Seca	47.96	%	Zinc	2.28	mg.l <sup>-1</sup>

**Árbol 15 (UES-CAL-15):** encontrado en Fina, Tecoma, Municipio de Caluco, Departamento de Sonsonate, ubicado cartográficamente en Latitud Norte 13°69'51.1", Longitud Oeste 89°65'01.2", a una elevación de 363 msnm.

**Descripción del árbol:** árbol de aproximadamente 50 años de edad, que posee un DAP de 22 cm, con una altura de 7 m, y con una rama principal.



FIGURA 42. Árbol UES-CAL-15

**Descripción de hoja:** las hojas presentan un ápice acuminado largo, con una base redondeado y color de brotes verde-claro; además de una longitud de peciolo de 2.09 cm, con una longitud de 30.53 cm y un ancho de hoja de 11.75 cm, y por ultimo un área foliar promedio de 114.4 cm<sup>2</sup>.

**Descripción de fruto:** el color del fruto inmaduro es verde pigmentado, forma del fruto abovado, forma del ápice apezonado, rugosidad ligera y constricción basal ligera, con un número de 40 frutos al momento de levantar la información , número de semillas por frutos de 75, peso de fruto de 0.613 kg., longitud de fruto de 19.5 cm, diámetro de 10.2 cm, número de surcos de 10, separación de surco de 2.55 cm, profundidad de lomo de 1.6 cm y una profundidad de surco de 1.1 cm.

**Descripción de la semilla:** presenta una sección longitudinal ovada, sección transversal intermedia, con color de cotiledones violeta, color de la semilla violeta, además una longitud de 2.22 cm, diámetro de 1.27 cm, y un peso promedio de 1.37 cm, en el cuadro se detalla el contenido nutricional de la semilla.

Cuadro 46. Contenido nutricional de la semilla del árbol UES-CAL-15 (árbol 15)

Análisis	Datos	Unidad	Análisis	Datos	Unidad
pH mucilago	3.50	%	Perdida de agua	42.11	%
Grasa	30.30	%	Ceniza	3.10	%
Humedad total	2.55	%	Proteína	17.57	%
Humedad parcial	39.56	%	Hierro	3.45	mg.l <sup>-1</sup>
M. Seca	57.89	%	Zinc	3.92	mg.l <sup>-1</sup>

**Árbol 16 (UES-SLT-16):** encontrado en salitre, Municipio de Nejapa, Departamento de San Salvador, El Salvador ubicado cartográficamente en Latitud Norte 13°78'72.0", Longitud Oeste 89°25'51.9", a una elevación de 739 msnm.

**Descripción del árbol:** árbol de aproximadamente 70 años de edad, que posee un DAP de 22 cm, con una altura de 7 m, y con una rama principal.



FIGURA 43. Árbol UES-SLT-16

**Descripción de hoja:** las hojas presentan un ápice agudo, con una base redondeado y color de brotes verde-claro; además de una longitud de peciolo de 4.1 cm, con una longitud de 31.93 cm y un ancho de hoja de 11 cm, y por ultimo un área foliar promedio de 102.23 cm<sup>2</sup>.

**Descripción de fruto:** el color del fruto inmaduro es verde pigmentado, forma del fruto abovado, forma del ápice apezonado, rugosidad ligera y constricción basal ausente, con un número de 200 frutos al momento de levantar la información, número de semillas por frutos de 38, peso de fruto de 0.454 kg., longitud de fruto de 17.5 cm, diámetro de 8.3 cm, número de surcos de 9, separación de surco de 2.25 cm, profundidad de lomo de 1.55 cm y una profundidad de surco de 1.05 cm.

**Descripción de la semilla:** presenta una sección longitudinal elíptica, sección transversal intermedia, con color de cotiledones blanco, color de la semilla violeta, además una longitud de 2.39 cm, diámetro de 1.5 cm, y un peso promedio de 1.87 cm, en el cuadro se detalla el contenido nutricional de la semilla.

Cuadro 47. Contenido nutricional de la semilla del árbol UES-SLT-16 (árbol 16)

Análisis	Datos	Unidad	Análisis	Datos	Unidad
pH mucilago	3.65	%	Perdida de agua	75.41	%
Grasa	34.48	%	Ceniza	4.37	%
Humedad total	5.61	%	Proteína	15.57	%
Humedad parcial	69.80	%	Hierro	3.69	mg.l <sup>-1</sup>
M. Seca	24.59	%	Zinc	2.57	mg.l <sup>-1</sup>

**Árbol 17 (UES-SLT-17):** encontrado en salitre, Municipio de Nejapa, Departamento de San Salvador, ubicado cartográficamente en Latitud Norte 13°78'71.0", Longitud Oeste 89°25'50.8", a una elevación de 737 msnm.

**Descripción del árbol:** árbol de aproximadamente 70 años de edad, que posee un DAP de 15.5 cm, con una altura de 8 m, y con siete ramas.



FIGURA 44. Árbol UES-SLT-17

**Descripción de hoja:** las hojas presentan un ápice agudo, con una base redondeado y color de brotes rojizos; además de una longitud de peciolo de 2.77 cm, con una longitud de 27.83 cm y un ancho de hoja de 10.96 cm, y por ultimo un área foliar promedio de 68.31 cm<sup>2</sup>.

**Descripción de fruto:** el color del fruto inmaduro es verde pigmentado, forma del fruto oblongo, forma del ápice apezonado, rugosidad intermedia y constricción basal ausente, con un número de 170 frutos al momento de levantar la información, número de semillas por frutos de 32, peso de fruto de 0.341 kg., longitud de fruto de 26 cm, diámetro de 8.3 cm, número de surcos de 10, separación de surco de 2.31 cm, profundidad de lomo de 1.4 cm y una profundidad de surco de 0.95 cm.

**Descripción de la semilla:** presenta una sección longitudinal irregular, sección transversal intermedia, con color de cotiledones rosado, color de la semilla violeta, además una longitud de 2.09 cm, diámetro de 1.29 cm, y un peso promedio de 1.44 cm, en el cuadro se detalla el contenido nutricional de la semilla.

Cuadro 48. Contenido nutricional de la semilla del árbol UES-SLT-17 (árbol 17)

Análisis	Datos	Unidad	Análisis	Datos	Unidad
pH mucilago	4.46	%	Perdida de agua	46.87	%
Grasa	42.06	%	Ceniza	4.23	%
Humedad total	3.27	%	Proteína	27.38	%
Humedad parcial	43.6	%	Hierro	3.72	mg.l <sup>-1</sup>
M. Seca	53.13	%	Zinc	2.96	mg.l <sup>-1</sup>

**Árbol 18 (UES-TNG-18):** encontrado en Corral Viejo, Caserío La Rincona, Municipio de Tenancingo, Departamento de Cuscatlán, ubicado cartográficamente en Latitud Norte 13°71'95.5", Longitud Oeste 89°28'29.0", a una elevación de 562 msnm.

**Descripción del árbol:** árbol de aproximadamente 10 años de edad, que posee un DAP de 10.5 cm, con una altura de 3.5 m, y con dos ramas principales.



FIGURA 45. Árbol UES-TNG-18

**Descripción de hoja:** las hojas presentan un ápice acuminado largo, con una base agudo y color de brotes verde-claro; además de una longitud de peciolo de 2.33 cm, con una longitud de 21.9 cm y un ancho de hoja de 8.61 cm, y por ultimo un área foliar promedio de 73.26 cm<sup>2</sup>.

**Descripción de fruto:** el color del fruto inmaduro es verde, forma del fruto ovada, forma del ápice agudo, rugosidad intermedia y constricción basal ausente, con un número de 12 frutos al momento de levantar la información, número de semillas por frutos de 21, peso de fruto de 0.227 kg., longitud de fruto de 14.8 cm, diámetro de 6.9 cm, número de surcos de 10, separación de surco de 1.93 cm, profundidad de lomo de 0.95 cm y una profundidad de surco de 0.7 cm.

**Descripción de la semilla:** presenta una sección longitudinal irregular, sección transversal intermedia, con color de cotiledones blanco, color de la semilla blanco, además una longitud de 2.51 cm, diámetro de 1.57 cm, y un peso promedio de 2.33 cm, en el cuadro se detalla el contenido nutricional de la semilla.

Cuadro 49. Contenido nutricional de la semilla del árbol UES-TNG-18 (árbol 18)

Análisis	Datos	Unidad	Análisis	Datos	Unidad
pH mucilago	4.31	%	Perdida de agua	50.00	%
Grasa	31.48	%	Ceniza	6.31	%
Humedad total	3.88	%	Proteína	23.36	%
Humedad parcial	46.12	%	Hierro	3.99	mg.l <sup>-1</sup>
M. Seca	50.00	%	Zinc	2.89	mg.l <sup>-1</sup>

**Árbol 19 (UES-PDP-19):** encontrado en plan del pino, el naranjito, Ciudad Delgado, Departamento de San Salvador, El Salvador, ubicado cartográficamente en Latitud Norte 13°74'37.0", Longitud Oeste 89°14'97.8", a una elevación de 520 msnm.

**Descripción del árbol:** árbol de aproximadamente 40 años de edad, que posee un DAP de 19 cm, con una altura de 10 m, y con una rama principal.



FIGURA 46. Árbol UES-PDP-19

**Descripción de hoja:** las hojas presentan un ápice acuminado largo, con una base agudo y color de brotes violeta; además de una longitud de peciolo de 1.67 cm, con una longitud de 29.86 cm y un ancho de hoja de 10.91 cm, y por ultimo un área foliar promedio de 125.48 cm<sup>2</sup>.

**Descripción de fruto:** el color del fruto inmaduro es verde, forma del fruto oblongo, forma del ápice agudo, rugosidad intermedio y constricción basal ligera, con un número de 25 frutos al momento de levantar la información, número de semillas por frutos de 24, peso de fruto de 0.454 kg., longitud de fruto de 20 cm, diámetro de 8.7 cm, número de surcos de 7, separación de surco de 3.8 cm, profundidad de lomo de 1.45 cm y una profundidad de surco de 1.00 cm.

**Descripción de la semilla:** presenta una sección longitudinal oblonga, sección transversal intermedia, con color de cotiledones blanco, color de la semilla violeta, además una longitud de 2.95 cm, diámetro de 1.68 cm, y un peso promedio de 3.18 cm, en el cuadro se detalla el contenido nutricional de la semilla.

Cuadro 50. Contenido nutricional de la semilla del árbol UES-PDP-19 (árbol 19)

Análisis	Datos	Unidad	Análisis	Datos	Unidad
pH mucilago	3.42	%	Perdida de agua	32.73	%
Grasa	56.40	%	Ceniza	3.86	%
Humedad total	2.85	%	Proteína	15.57	%
Humedad parcial	29.88	%	Hierro	4.00	mg.l <sup>-1</sup>
M. Seca	67.27	%	Zinc	2.78	mg.l <sup>-1</sup>

**Árbol 20 (UES-TNG-20):** encontrado en Rosario Tablón, Municipio de Tenancingo, Departamento de Cuscatlán, El Salvador, ubicado cartográficamente en Latitud Norte 13°80'10.4", Longitud Oeste 89°96'55.7", a una elevación de 573 msnm.

**Descripción del árbol:** árbol de aproximadamente 10 años de edad, que posee un DAP de 7 cm, con una altura de 2 m y con una rama principal.



FIGURA 47. Árbol UES-TNG-20

**Descripción de hoja:** las hojas presentan un ápice agudo, con una base redondeado y color de brotes verde-claro; además de una longitud de peciolo de 2.65 cm, con una longitud de 22.43 cm y un ancho de hoja de 8.74 cm, y por ultimo un área foliar promedio de 68.7 cm<sup>2</sup>.

**Descripción de fruto:** el color del fruto inmaduro es verde, forma del fruto ovado, forma del ápice agudo, rugosidad ligera y constricción basal ausente, con un número de 18 frutos al momento de levantar la información, número de semillas por frutos de 48, peso de fruto de 0.207 kg., longitud de fruto de 11.3 cm, diámetro de 5.95 cm, número de surcos de 10, separación de surco de 1.98 cm, profundidad de lomo de 0.87 cm y una profundidad de surco de 0.60 cm.

**Descripción de la semilla:** presenta una sección longitudinal elíptica, sección transversal aplanada, con color de cotiledones blanco, color de la semilla blanco, además una longitud de 2.16 cm, diámetro de 1.4 cm, y un peso promedio de 1.36 cm, en el cuadro se detalla el contenido nutricional de la semilla.

Cuadro 51. Contenido nutricional de la semilla del árbol UES-TNG-20 (árbol 20)

Análisis	Datos	Unidad	Análisis	Datos	Unidad
pH mucilago	4.2	%	Perdida de agua	48.36	%
Grasa	44.36	%	Ceniza	5.39	%
Humedad total	3.63	%	Proteína	16.76	%
Humedad parcial	44.73	%	Hierro	3.86	mg.l <sup>-1</sup>
M. Seca	51.64	%	Zinc	2.68	mg.l <sup>-1</sup>

**Árbol 21 (UES-JCP-21):** encontrado en Sierra tecapan, Chinameca, cantón tepesquillo alto, cerro el tigre, jucuapa, Departamento de Usulután, El Salvador, ubicado cartográficamente en Latitud Norte 13°48'11.0", Longitud Oeste 89°39'17.6", a una elevación de 672 msnm.

**Descripción del árbol:** árbol de aproximadamente 15 años de edad, que posee un DAP de 7 cm, con una altura de 2.5 m, y con dos ramas principal.



FIGURA 48. Árbol UES-JCP-21

**Descripción de hoja:** las hojas presentan un ápice acuminado largo, con una base agudo y color de brotes violeta; además de una longitud de peciolo de 2.34 cm, con una longitud de 25.11 cm y un ancho de hoja de 9.32 cm, y por ultimo un área foliar promedio de 87.34 cm<sup>2</sup>.

**Descripción de fruto:** el color del fruto inmaduro es rojo, forma del fruto oblongo, forma del ápice atenuado, rugosidad fuerte y constricción basal intermedio, con un número de 30 frutos al momento de levantar la información, número de semillas por frutos de 24, peso de fruto de 0.203 kg., longitud de fruto de 14.3 cm, diámetro de 7.45 cm, número de surcos de 5, separación de surco de 3.7 cm, profundidad de lomo de 1.3 cm y una profundidad de surco de 0.65 cm.

**Descripción de la semilla:** presenta una sección longitudinal ovada, sección transversal redondeada, con color de cotiledones rosado, color de la semilla violeta, además una longitud de 2.34 cm, diámetro de 1.36 cm, y un peso promedio de 1.84 cm, en el cuadro se detalla el contenido nutricional de la semilla.

Cuadro 52. Contenido nutricional de la semilla del árbol UES-JCP-21 (árbol 21)

Análisis	Datos	Unidad	Análisis	Datos	Unidad
pH mucilago	3.76	%	Perdida de agua	39.76	%
Grasa	50.00	%	Ceniza	4.43	%
Humedad total	3.09	%	Proteína	20.55	%
Humedad parcial	36.67	%	Hierro	4.32	mg.l <sup>-1</sup>
M. Seca	60.24	%	Zinc	2.91	mg.l <sup>-1</sup>

## 5. CONCLUSIONES

1. Se han obtenido datos importantes en este estudio con la caracterización morfoagronómica de variables importante, identificando que para los descriptores de la semilla se obtuvo que el 85.71% de los 21 árboles, poseen color violeta (18 árboles); y que el 14.29% de los árboles, son de color blanco en la semilla (tres árboles). En relación al contenido de grasa, de los 21 materiales caracterizados, UES-JCP-21, UES-SPN-8, UES-SMO-11, UES-PDP-19 y el UES-SPN-7, presentaron los mayores valores para esta variable, lo cual indica que esta arriba del 50% de grasa y por lo que son de mejor calidad.
2. Al caracterizar los arboles de cacao, se determinó en relación al análisis bromatológico (químico) que los arboles con mayor contenido de grasa fueron: UES-SPN-8 (50.29%); UES-SMO-11 (50.30%); UES-SPN-7 (50.67%); y el material que sobresalió con el mayor porcentaje fue: UES-PDP-19 (56.4%), ubicado en el cantón plan del pino, municipio de Ciudad Delgado, Departamento de San Salvador.
3. Una de las principales características de los cacaos criollos es la semilla de color blanco que identifica a estos materiales, y que para esta investigación se encontraron cuatro árboles que cumplen estas condiciones las cuales son: UES-SL-6; UES-VCT-10; UES-TNG-18 y UES-TNG-20.
4. Se elaboró un catálogo ilustrado con 21 materiales colectados en campo con el propósito de seleccionar materiales promisorios, que poseen características deseables y que provienen de áreas de presencia natural en El Salvador.

## 6. RECOMENDACIONES

- Los árboles UES-SPN-7, UES-SPN-8, UES-SMO-11 y UES-PDP-19, se caracterizan por poseer un mayor contenido de grasa los cuales se podrá utilizar para la producción de materiales de cacao.
- Establecer bancos de germoplasma con los materiales encontrados en campo, con el objetivo de identificar, buenos rendimientos de peso de frutos, peso en semillas, número de fruto por árbol y número de semillas por fruto.
- Para investigaciones posteriores, sobre caracterización y evaluación de cacao, es necesario retomar las características que definen variabilidad entre individuos.
- Es necesario continuar con esta investigación a través de colectas en lugares no explorados como la zona central y paracentral del país, donde se encontraron materiales con características criollas.
- Realizar búsquedas de más germoplasma en el ámbito nacional y caracterizarlos, y a su vez crear jardines clonales de esta especie; con el objetivo de establecer sistemas de producción en cacao en un futuro.

## 7. BIBLIOGRAFÍA.

\_\_\_\_\_; Sánchez, JA. 1994. Establecimiento y manejo de cacao con sombra. Turrialba, CR. 81 p.

ACNCFRCR (Asociación Cámara Nacional de Cacao Fino de Costa Rica). 2008. Insectos plagas Del cacao. (En línea). s.l., CR. CANA-CACAO. Consultado 27 jul. 2013. Disponible en <http://www.canacacao.org/cultivo/enfermedades/pdf>.

Alas Castro, JJ; Rios Canales, RA. 2012. "Evaluación del proceso de fermentación y no tradicionales de la semilla de cacao *Theobroma cacao* del Ecotipo Acriollado, por la determinación de factores físicos-químicos y microbiológicos, utilizando cuatro medios de cultivos y levadura *Saccharomyces cerevisiae* como iniciador de fermentación en el método tradicional, en el municipio de jiquilisco, en el Departamento de Usulután en El Salvador". Tesis. Ing. Alimento. Antiguo Cuscatlán, SV. UMD. 77 p.

Ball, P. 2013. El tamaño de las hojas y del mismo árbol lo determina su física vascular. BITHAVEGANTES. (En Línea). Consultado 20 may 2016. Disponible en <http://bitnavegante.blogspot.com/2013/01/tamano-hojas-determinado-por-sistema-vascular.html>

Batista, L. 2009. Guía Técnica El Cultivo del Cacao. (En línea). Santo domingo, DO. CEDAF.

Consultado 29 de ago. 2012. Disponible en [http://foroagroindustria.files.wordpress.com/2010/02/presentacion\\_cacao\\_ujmd\\_el-salvador.pdf](http://foroagroindustria.files.wordpress.com/2010/02/presentacion_cacao_ujmd_el-salvador.pdf)

Braudeav, J. 1970. El cacao: técnicas agrícolas y producciones tropicales. Barcelona, ES. Colección agricultura tropical. 297 p.

Chia Wong, JA. 2009. Caracterización molecular mediante marcadores ISSR de una colección de 50 árboles clonales e híbridos de cacao (*Theobroma cacao* L.) de la UNAS-Tingo Maria. Tesis Msc. Lima, PE. UNMSM. 136 p.

CHRISTIAN GARY, D. Química Analítica, México. Ed. Limusa. 1990.

Christian, GD. 1990. Química analítica. México D.F., MX. Ed. Limusa. 1-3 p.

CONACYT (Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología). 2011. CARACTERIZACIÓN GENÉTICA DE LOS TIPOS DE CACAO ESTABLECIDOS EN EL CULTIVAR "COOPERATIVA HACIENDA LA CARRERA" USULUTÁN, EL SALVADOR. El Salvador Ciencia y Tecnología. 16 (21): 12-18.

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. 134p.

Dostert *et al.* 2011. Hoja Botánica: Cacao. (En Línea). Lima, PE. PROMPERU. Consultado 9 de ago. 2015. Disponible en [http://www.botconsult.com/downloads/Hoja\\_Botanica\\_Cacao\\_2012.pdf](http://www.botconsult.com/downloads/Hoja_Botanica_Cacao_2012.pdf)

Dubón, A. 2011. Manual de producción de cacao. Lima, Cortez, HN. FHIA. 208 p.

Espinal, CF. 2005. Cadena de cacao en Colombia. Bogota, EC. MADROAC. 51 p.

Espinosa, E. 2011. Cacao blanco una especialidad del Perú. FAIRTRADE; Ibérica. Piura, PE. (En línea). Consultado 5 mar. 2016. Disponible en [http://www.sellocomerciojusto.org/news/es\\_ES/2011/06/20/0001/cacao-blanco-una-especialidad-de-peru](http://www.sellocomerciojusto.org/news/es_ES/2011/06/20/0001/cacao-blanco-una-especialidad-de-peru)

FAO (organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación, IT). 1991. Cacao fino de aroma. Estudio de la producción y el comercio mundial. Revista de producción básica. Ginebra mar. 1991:15-19.

Ferrán Aranaz, M. 2001. SPSS para Windows: análisis estadístico. Ed. C. Sanchez Gonzáles. Madrid, ES, McGraw-Hill. 375 p.

Flores Moran, WR. 2011." Caracterización morfoagronómica in situ de Aguacate criollo (*Persea americana miller*) adaptado a la zona costera de El Salvador y su incidencia en la selección de germoplasma promisorio". Tesis. Ing. Agr. San Salvador, SV. UES. 92 p.

Franco, L; Hidalgo, R. 2003. Análisis estadístico de datos de caracterización de recursos fitogenéticos. Cali, col. IPGRI. 4 p.

Fuentes Fernández, S. 2011. Análisis de componentes principales. Madrid, ES. UNAM. p 3

Garcia Carriom, LF. 2012. Catálogo de cultivares del cacao del peru. (En línea). Lima, PE.

Consultada 8 sep. 2013. Disponible en

[http://www.regionhuanuco.gob.pe/grde/.../cultivares\\_2012.pdf](http://www.regionhuanuco.gob.pe/grde/.../cultivares_2012.pdf).

Gutiérrez Hernández, BE. 2011. "Estudio Agronómico y Fisicoquímico de los eco tipos de cacao cultivados en los Municipios de Izalco y Nahuilingo, en el Departamento de Sonsonate en El Salvador". Tesis. Ing. Alimento. Antiguo Cuscatlán, SV. UMD. 116 p.

Hardy, F. 1961. Manual de cacao. IICA. Turrialba., CR. 429 p.

INCAP (Instituto Nutricional de Centro América y Panamá). 2012. Tabla de Composición de Alimentos de Centroamérica. 2 ed. 1337 p.

IPGRI. 2000. Descriptores para café. *Coffea spp* y *Psilanthus spp*. Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos, Roma, IT. 75 p.

MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería). 2006. Plan estratégico de la cadena agropecuaria del cacao. MAG. La Libertad, SV. 16 p.

Molina Escalante MO; Castillo Guerra. 2014. caracterización morfológica *in situ* de ojushte (*Brosimum aliscatrum* Swartz) y su incidencia en la selección de germoplasma de alto potencial nutricional en El Salvador. Tesis Ing. Agr. San Salvador. SV. 113p.

Malespín, M.1982. El cacao (*Theobroma cacao* L.). Revista IICA. 1(2):35-45.

Marencos, A. M. 1989 Análisis Químico de los alimentos del ganado como base para la estimación de su valor nutritivo. Universidad Politécnica de Madrid, ES. 1-3p

MARN (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2013. Estrategia nacional de biodiversidad. San Salvador, SV. 24p.

Martinez Botello, D. 2013. Nuevos materiales de siembra en cacao para apoyar los retos de producción y calidad del cacao en Colombia. Federación nacional de cacao en Colombia. Cordoba, CO. 34 p.

MINAG (Ministerio de Agricultura). 2012. Manual técnico Del cultivo de cacao blanco de Piura. Lima, PE. CENDOC. 72 p. manejo agronómico, propagación.

MINCETUR (Ministerio de Comercio Exterior y Turismo). 2008. “Estudio de Caracterización del potencial genético del cacao en el Perú”. Lima, PE. CONSULTING. 152 p.

MINEC (Ministerio de Economía). 2009. IV censo agropecuario 2007-2008. Metodología y resultados generales. (En Línea). Consultado 29 jul. 2013. Disponible en [http://www.censos.gob.sv/util/datosCENAGRO\\_0708.pdf](http://www.censos.gob.sv/util/datosCENAGRO_0708.pdf).

Montecinos, EC. 2012. Caracterización de la cadena de valor de cacao en El Salvador. CENTA-MAG. La Libertad, SV. 71 p.

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. Tesis Ing. Agr. San Salvador, SV, UES. 174 p.

Orosco Aguilar, L. 2016. Curva de la evolución general del rendimiento de la planta de cacao de acuerdo con la edad. CATIE, CR (En Línea). Consultado 7 mar. 2016. Disponible en <https://www.catie.ac.cr/nicaragua/es/inicio/76-cuanto-cacao-produce-un-arbol-en-toda-su-vida.html>

Pincay Anchundia, LM. 2010. Caracterización Agronómica, morfológica y molecular del banco de germoplasma de yuca (*Manihot esculenta Crantz*) de la estación experimental Portoviejo del INIAP.

Ramírez Díaz, RA. 2011. Estudio agromorfológico y fisicoquímico de ecotipos de cacao cultivados en los Municipios de: Candelaria La Frontera, Ciudad Arce, Coatepeque, Huizucar, Jayaque y el Paisnal. Tesis Ing. Alimento. Antiguo Cuscatlán, SV. UMD. 120 p.

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. 65p.

Sanchez, JA; Dubon, A. 1994. Establecimiento y manejo de cacao con sombra. CATIE. Turrialba, CR. 81 p.

SNET (Servicio Nacional de Estudios Territoriales). 2012. Registro de precipitación, temperatura y humedad relativa (en línea). San Salvador, SV. Consultado 20 abr. 2013. Disponible en <http://www.SNET.gog.sv>

Suárez, YJ; Hernández, FA. 2010. Manejo de las enfermedades del cacao (*Theobroma cacao* L.). en Colombia, con énfasis en Moniliasis (*Moniophora roreni*). CORPOICA. Santander, CO. 90 p.

Terrádez Gurrea, M. s.f. Análisis de componentes principales. España, s.e. p 2.

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. Tesis Ing. Agr. San Salvador, SV, UES. 128 p.

Villamil, AP *et al.* 2013. Características de calidad del cacao de Colombia, Catalogo de 26 cultivares, UIS, Bucaramanga, CO. 101 p.

Wood, G. A. R.1982. Cacao. México D.F., México. Editorial Continental. 363 p.

Wood, G. A. R.1982. Cacao. México D.F., México. Editorial Continental. 27-35 p.

Yzarra Tito, WJ; López Ríos, FM. S.f. Manual de observaciones fenológicas. Lima, PE. SENAMHI-DGCA. 99 p.

Zamarripa Colmeneros, A. *et al.* 2011. Comportamiento agronómico de descendencias híbridas de cacao con resistencia a moniliasis. no.18. Chiapas, MX. 38 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 quininde provincia de esmeraldas" (en línea). Tesis Ing. Agr. Manabí, EC. UTEMA. 92p. Consultado 6 sep. 2012. Disponible en <http://repositorio.utm.edu.ec/bitstream/123456789/238/1/TESIS%20CACAO%20LUIS%20ZAMBRANO.pdf>

Zuñiga Cernades, L. 2012. Manual práctico del cultivo de cacao en El Salvador, 1ª edición. MAG-CENTA/ IICA. La libertad, SA. 86 p.

## 8. ANEXO

Anexo A1. Clave para el descriptor de cacao, propuesto por el Catálogo de cultivares del cacao del Perú, citado por García Carrión, LF. (2012).



CULTIVARES DE CACAO DEL PERÚ

### B. DESCRIPTORES MORFOLOGICOS (flores, frutos, semillas)\*

#### ● DESCRIPTORES DE FLORES (N = 5)

Color del pedicelo:

1 = verde 2 = verde pigmentado 3 = rojo

Antocianina en la ligula del pétalo:

0 = ausente 1 = presente

Antocianina en el filamento estaminal:

0 = ausente 1 = presente

Antocianina en los estaminodios:

0 = ausente 1 = presente

Antocianina en la parte superior del ovario:

0 = ausente 1 = presente

Número de óvulos por ovario

#### ● DESCRIPTORES DE FRUTOS (N = 10)

Color del fruto inmaduro:

1 = verde 2 = verde pigmentado 3 = rojo

Forma básica:

1 = oblongo 2 = elíptico 3 = abovado  
4 = esférico 5 = oblato 6 = ovado

Forma del ápice:

1 = atenuado 2 = agudo 3 = obtuso  
4 = esférico 5 = apezonado 6 = dentado

Rugosidad de la superficie:

0 = ausente (liso) 3 = ligero 5 = intermedio 7 = fuerte

Constricción basal:

0 = ausente 3 = ligero 5 = intermedio 7 = fuerte

Grosor de cáscara hasta el nivel del lomo:

3 = delgada (< 1.2 cm) 5 = intermedia (1.2 - 1.6 cm)  
7 = gruesa (> 1.6 cm)

Separación de un par de lomos:

0 = ninguna (fusionado) 1 = ligera 3 = intermedio  
5 = amplia (equistante)

Profundidad de surcos hasta el nivel del lomo:

3 = superficial (< 0.5 cm) 5 = intermedio (0.5 - 1.0 cm)  
7 = fuerte (profundo): (> 1.0 cm)

#### C. DESCRIPTORES DE SEMILLAS (N = 10)

Forma en sección longitudinal:

1 = oblonga 3 = elíptica 5 = ovada 7 = irregular

Forma en sección transversal:

1 = aplanada 3 = intermedia 5 = redondeada

Color de los cotiledones:

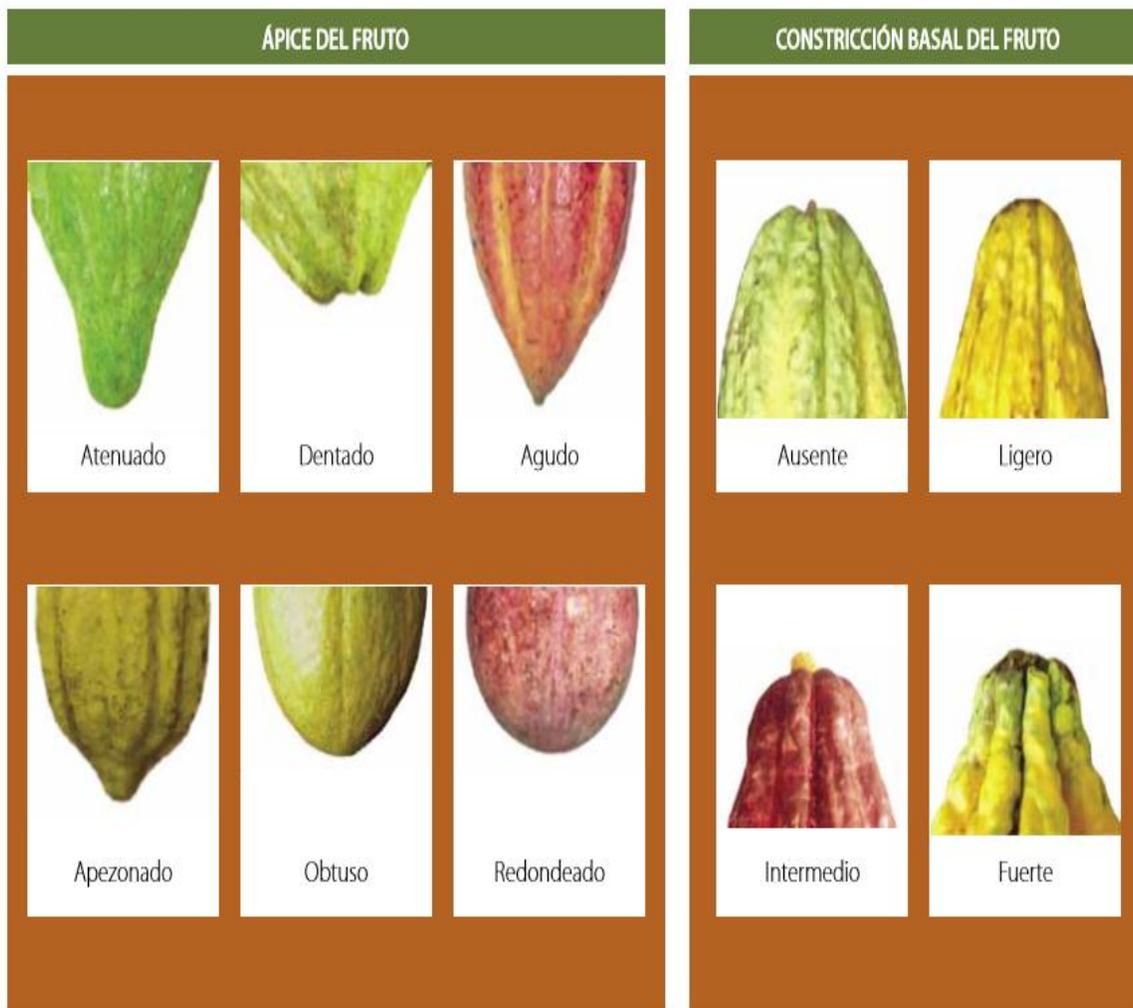
1 = blanco 3 = rosado 5 = violeta  
7 = morado 7 = moteado (manchado)

\* Adaptado de la Lista de Descriptores Morfológicos para Cacao de la Cocoa Research Unit-University of West Indians (Trinidad y Tobago)

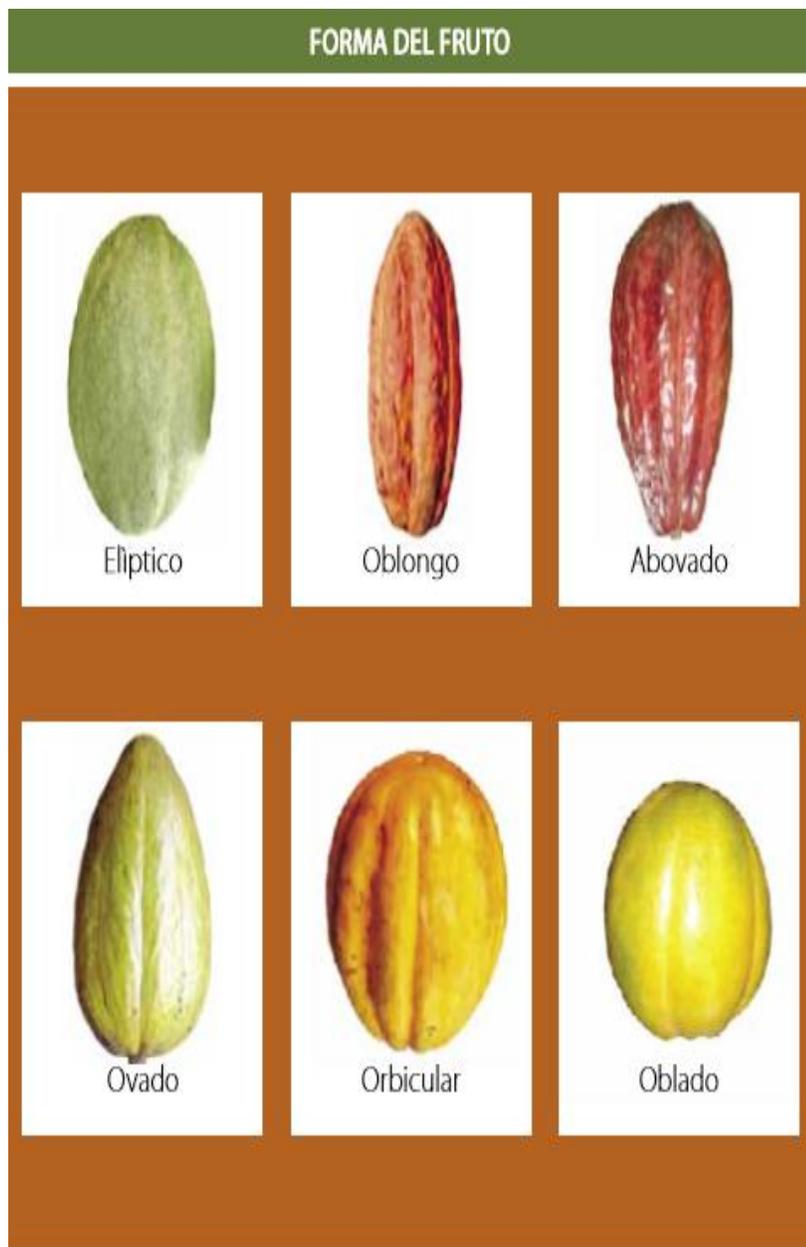
Anexo A2. Claves para el descriptor de fruto, propuesto por el Catálogo de cultivares del cacao del Perú, citado por García Carrión, LF (2012).



### B.1 Descriptores morfológicos de frutos de cacao



Anexo A3. Clave para el descriptor de fruto, propuesto por el Catálogo de cultivares del cacao del Perú, citado por García Carrión, LF. (2012).



Anexo A4. Clave para el descriptor de fruto y semilla, propuesto por el Catálogo de cultivares del cacao del Perú, citado por García Carrión, LF. (2012).



## B.2 Descriptores morfológicos de semillas de cacao

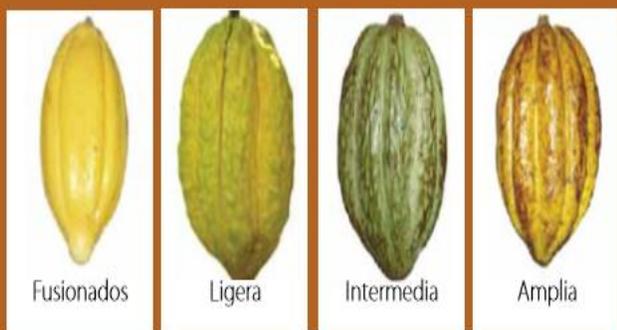
### RUGOSIDAD DEL FRUTO



### FORMA DE LA SEMILLA EN SECCIÓN LONGITUDINAL



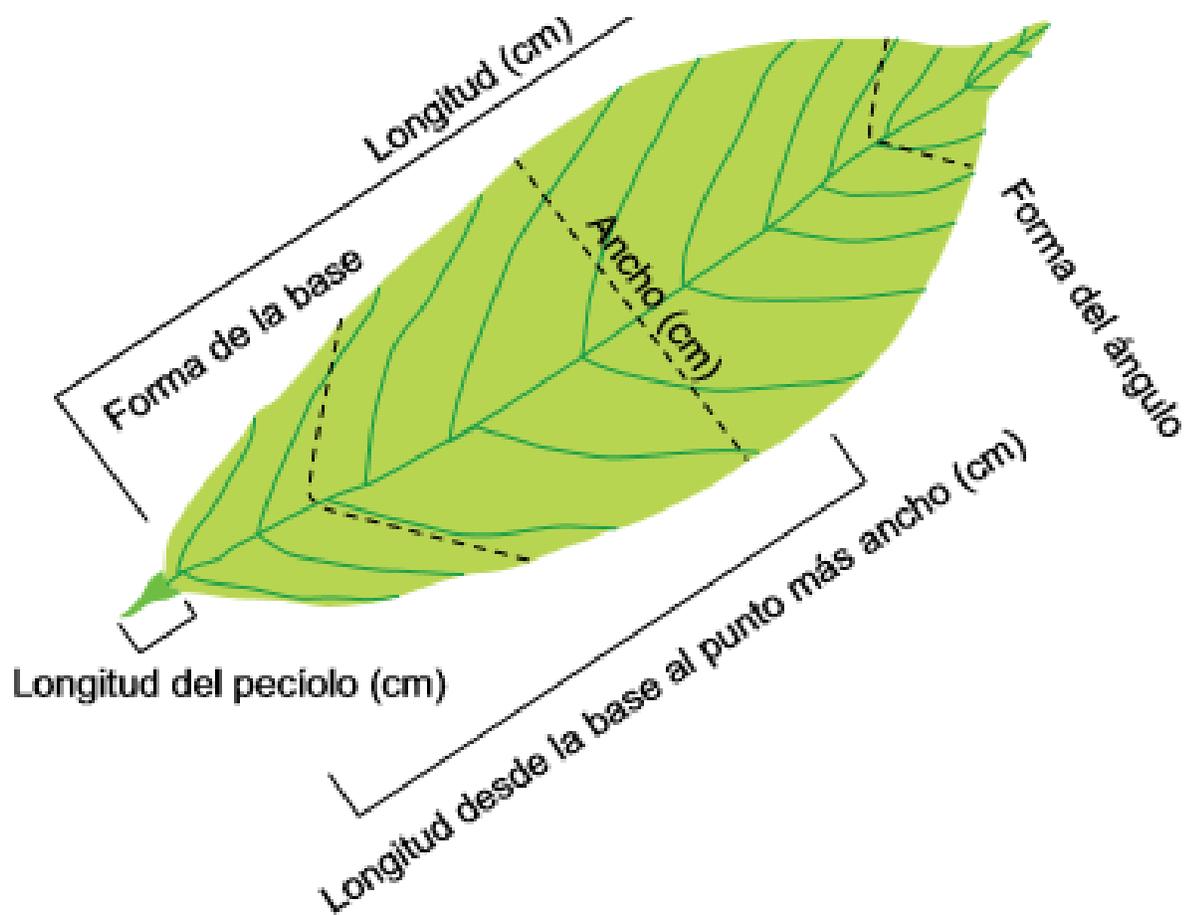
### RUGOSIDAD DEL FRUTO



### FORMA DE LA SEMILLA EN SECCIÓN TRANSVERSAL



Anexo A5. Clave para el descriptor de la hoja, propuesto por CATALOGO DE CLONES DE CACAO. (2013).



Anexo A6. Clave para el descriptor de la flor, propuesto por el Catálogo de cultivares del cacao del Perú, citado por García Carrión, LF. (2012).

● **DESCRIPTORES DE FRUTOS (N = 10)**

Color del fruto inmaduro:

1 = verde                      2 = verde pigmentado                      3 = rojo

Forma básica:

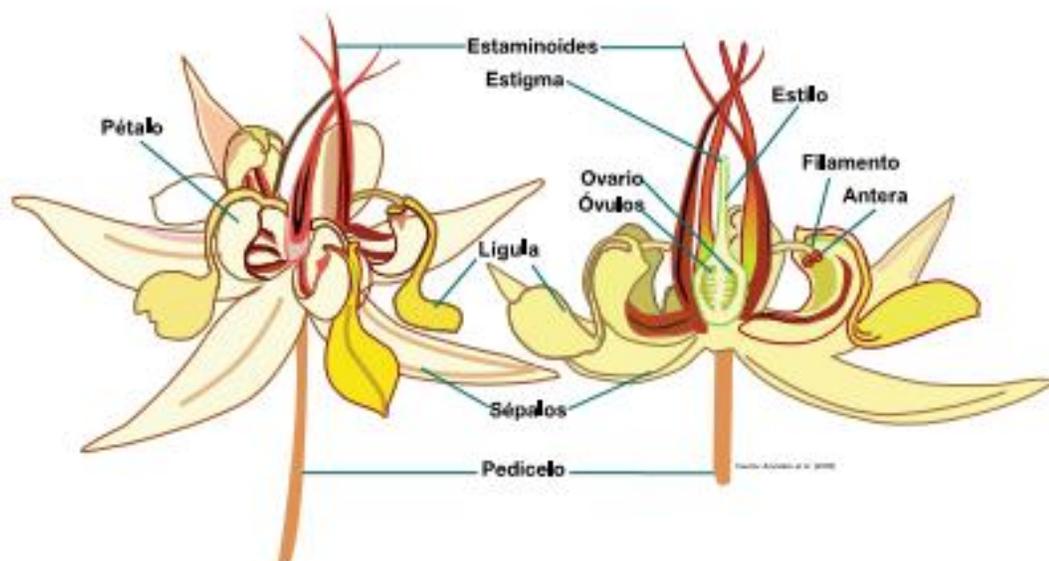
1 = oblongo                      2 = elíptico                      3 = abovado  
4 = esférico                      5 = oblato                      6 = ovado

Forma del ápice:

1 = atenuado                      2 = agudo                      3 = obtuso  
4 = esférico                      5 = apezonado                      6 = dentado

Rugosidad de la superficie:

0 = ausente (liso)                      3 = ligero                      5 = intermedio                      7 = fuerte



## Anexo A7. Descriptor usado para la caracterización de cacao en la presente investigación

### 1. Datos de pasaporte

CULTIVARES DE CACAO DEL PERÚ



## A. DESCRIPTORES DE IDENTIDAD O PASAPORTE

### 1. Nombre varietal.

Corresponde al nombre original del clon, raza o ecotipo, que le da una institución. Este nombre es generalmente un término alfa-numérico. Ejm. ICS-1 (Imperial College Selection – 1).

### 2. Grupo genético/ genealogía.

Se refiere al grupo genético o germoplásmico natural y/o artificial a que pertenece el cultivar de cacao. Los nombres de los grupos genéticos naturales, están de acuerdo a la clasificación propuesta por Lachenaud, en 1997:

- a. Criollo,
- b. Forastero del Alto Amazonas o Amazonas,
- c. Forastero del Bajo Amazonas o Guyanas, y
- d. Nacional.

Un quinto grupo genético (artificial), corresponde a los cultivares Trinitario.

En algunos casos, cuando por la línea de los ancestros no es posible incluirlos en cualquiera de los 5 grupos genéticos ya mencionados, se indican los progenitores conocidos, bien sea el masculino y/o femenino. Para el caso de árboles híbridos promisorios (futuros clones), como por ejemplo: SHU – 9; si se incluyen los progenitores femenino y masculino (IMC-67 x U-68), respectivamente.

### 3. País de origen.

Corresponde al nombre del país en que la introducción fue colectada o mejorada. Hace referencia al país de procedencia o de origen genético de la accesión. Ejm. Costa Rica.

### 4. Accesión/código.

Número único de identificación de cada una de las introducciones de las colecciones conservadas en el banco de germoplasma. Ejm: BGC – 004 (Banco de germoplasma de cacao – 4).

En algunos casos, se registra como "ninguna" cuando no forma parte de dicho banco. En otros casos, se incluye un código de identificación alfa-numérico cuando el cultivar aún no ha sido ingresado al banco de germoplasma. Ejm: M – 1, 7 (Híbrido Misceláneo – 1, árbol 7).

### 5. Obtentor.

Se incluye el nombre del obtentor sólo para el grupo de cultivares SHU (Selección Híbrida de la UNAS), que son materiales genéticos promisorios, obtenidos en Tingo María (Perú), y que aún no son conocidos en otros países.

## **2. Datos de recolección**

2.1 institución o persona encargada de la recolección: nombre y dirección /0 persona que efectuaron la recolección.

2.2 Fecha de recolección: día/mes/año.

2.3 Departamento de recolección.

2.4 Municipio de recolección.

2.5 Número de teléfono fijo o celular de los recolectores.

2.6 Dirección de los recolectores.

2.7 Correo electrónico de los recolectores.

2.8 Nombre y apellido del productor.

2.9 Número de teléfono fijo o celular del productor.

2.10 Dirección del productor.

2.11 Especie a producir.

2.12 Localización del ejemplar.

2.13 Edad del ejemplar.

2.14 Origen del ejemplar: semilla o injerto.

2.15 Latitud del lugar de recolección: grados, minutos y segundos.

2.16 Longitud del lugar de recolección: grados, minutos y segundos.

2.17 Topografía del terreno: plana, inclinada y ondulada.

2.18 Estado sanitario: bueno, medio y malo.

2.19 Riesgo de pérdidas: alto, medio y bajo.

2.20 Descripción de la especie.

2.20.1. N° correlativo de los árboles.

2.20.2. Forma del fruto.

2.20.3. Numero de fruto.

2.20.4. Altura del árbol

2.20.5. N° de muestra: flores, fruto, semillas y hojas.

2.21 Habito de crecimiento.

2.22 Forma de la copa: Abierto, Semi-Abierto y Cerrado.

2.23 Follaje: muy denso, denso, ralo y muy ralo.

2.24 Color de los brotes: Violetas, Rojizos y verde pigmentado.

## **3. Caracterización y evaluación preliminar**

### **3.1 General.**

3.1.1. Sitio de la caracterización.

3.2.2. Año de la caracterización.

3.3.3. Nombre y dirección de los evaluadores.

### **3.2 Caracterización cualitativa.**

#### **3.2.1** Color del brote terminal del árbol

Verdes  
Rojas  
Rosadas  
Café

#### **3.2.2.** Forma del ápice de la hoja

Acuminado largo  
Corto  
Agudo

#### **3.2.3.** Forma de la base de la hoja

Agudo  
Redondeado  
Obtuso

#### **3.2.4.** color de los brotes

Violetas  
Rojizos  
Verde claro

#### **3.2.5.** Color del fruto inmaduro

Verde  
Verde pigmentado  
Rojo

#### **3.2.6.** Forma del fruto

Elíptico  
Oblongo  
Abovado  
Ovado  
Orbicular  
Oblado

#### **3.2.7.** Ápice del fruto

Atenuado  
Dentado  
Agudo  
Apezonado  
Obtuso  
Redondeado

**3.2.8.** Constricción basal del fruto

Ausente  
Ligero  
Intermedio  
Fuerte

**3.2.9.** Cascara del fruto, descriptor de la rugosidad del fruto

Ausente (liso)  
Ligera  
Intermedia  
Fuerte

**3.2.10.** Color de la semilla

Tabla de Munsell para tejidos vegetales.

**3.2.11.** Color de los cotiledones

Blanco  
Rosado  
Violeta  
Morado  
Moteado

**3.2.12.** Forma de la semilla

Oblonga  
Elíptica  
Ovada  
Irregular.

**3.2.13.** Forma del corte trasversal

Aplanada  
Intermedia  
Redondeada

**3.2.14.** Color del pedicelo

1 = verde  
2 = verde pigmentado  
3 = rojo

**3.2.15.** Color de la flor

Tabla de Munsell, para tejidos vegetales

### **3.3. Caracterización de variables cuantitativas**

- 3.3.1. Edad del árbol
- 3.3.2. Diámetro del tronco a la altura del pecho (DAP)
- 3.3.3. Altura
- 3.3.4. Numero de ramas
- 3.3.5. Longitud del pecíolo
- 3.3.6. Longitud de lámina foliar
- 3.3.7. Ancho de lámina foliar
- 3.3.8. Área foliar
- 3.3.9. Numero de frutos por árbol
- 3.3.10. Longitud y diámetro de fruto
- 3.3.11. Peso de fruto
- 3.3.12. Numero de surcos por fruto
- 3.3.13. Separación del surco
- 3.3.14. Profundidad de lomo
- 3.3.15. Profundidad del surco
- 3.3.16. Numero de semillas por fruto
- 3.3.17. Longitud y Diámetro de la semilla
- 3.3.18. Numero de óvulos por ovario

3.3.19. Determinación del PH del mucilago

3.3.20. Determinación de proteína

3.3.21. Determinación de la grasa

3.3.22. Humedad parcial

3.3.23. Humedad total

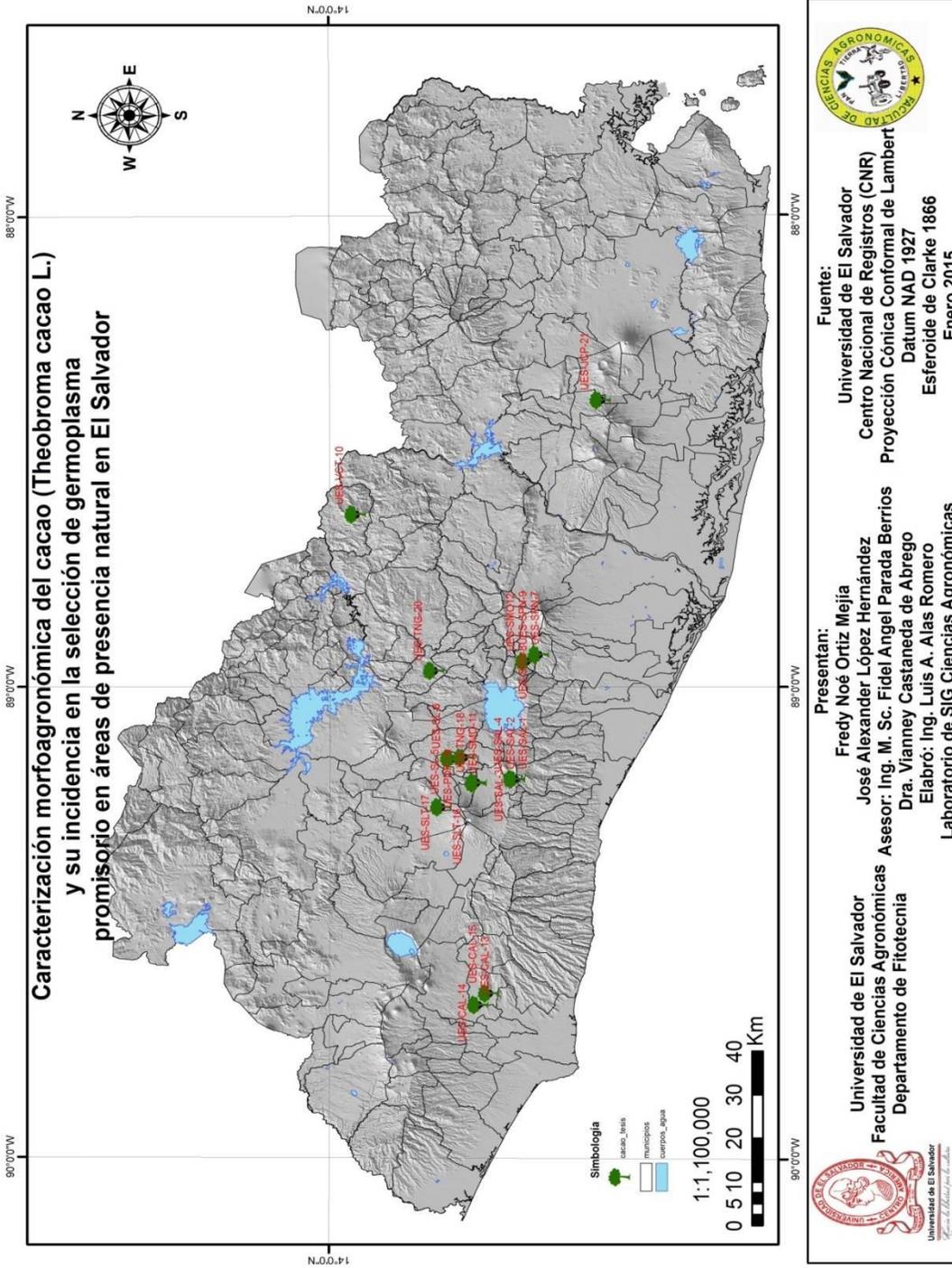
3.3.24. Materia seca

3.3.25. Hierro y zinc

3.3.26. Ceniza

3.3.27. Perdida de agua

Anexo A8. Mapa de ubicación de los árboles de cacao.



Cuadro A1. Resultados de análisis de suelo.

TESIS: Caracterización morfoagronómica del cultivo de cacao (*Theobroma cacao L.*) y su incidencia en la selección de germoplasma de alto valor genético

Mx	Sitio	meq Ca	Meq(Ca+ Mg )	Meq de Mg	pH	Conductividad (μ/cm)	STD mg/L	salinidad	%C	MO %
1	San Pedro Nonualco, La Paz	108,70	131,63	22,93	6,13	95	46,2	0	0,45	0,78
2	San Laureano, San Salvador	345,54	406,18	60,64	6,44	161,7	81,4	0	0,22	0,38
3	Jucuapa, San Miguel	132,79	167,93	35,14	5,94	100,5	51,3	0	0,76	1,31
4	Plan del pino, San Salvador	266,91	343,40	76,49	6,22	194,3	99,7	0,1	0,69	1,18
5	Tenancingo, Cuscatlan	179,26	213,98	34,72	6,5	122,3	62,4	0	1,48	2,55
6	Via Victoria, Cabañas	494,72	563,26	68,53	7,2	207	106,3	0,1	1,21	2,08
7	Caluco, Sonsonate	212,77	419,83	207,05	6,42	196,7	100,8	0,1	0,20	0,34
8	Salitre, San Salvador	168,55	204,05	35,51	6,2	84,2	42,9	0	0,24	0,42