

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS**



**Formación de un banco de germoplasma de cacao  
(*Theobroma cacao* L.) con árboles criollos seleccionados  
en el municipio de San Pedro Nonualco, Departamento de  
La Paz, El Salvador.**

**POR:**

**BR. RODD ALBERTO FRANCO PORTILLO  
BR. JUAN CARLOS ROMERO QUINTANILLA**

**CIUDAD UNIVERSITARIA, AGOSTO DE 2019**



**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS**



**Formación de un banco de germoplasma de cacao  
(*Theobroma cacao* L.) con árboles criollos seleccionados  
en el municipio de San Pedro Nonualco, Departamento de  
La Paz, El Salvador.**

**POR:**

**BR. RODD ALBERTO FRANCO PORTILLO  
BR. JUAN CARLOS ROMERO QUINTANILLA**

**CIUDAD UNIVERSITARIA, AGOSTO DE 2019**

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS  
DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA**



**Formación de un banco de germoplasma de cacao  
(*Theobroma cacao* L.) con árboles criollos seleccionados  
en el municipio de San Pedro Nonualco, Departamento de  
La Paz, El Salvador.**

**POR:**

**BR. RODD ALBERTO FRANCO PORTILLO  
BR. JUAN CARLOS ROMERO QUINTANILLA**

**REQUISITO PARA OPTAR AL TÍTULO DE:  
INGENIERO AGRÓNOMO**

**CIUDAD UNIVERSITARIA, AGOSTO DE 2019**

**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**

**ING. AGR. M. SC. FIDEL ÁNGEL PARADA BERRIOS**

---

**DOCENTES DIRECTORES**

**ING. AGR. M. SC. FIDEL ÁNGEL PARADA BERRIOS**

---

**ING. AGR. M. SC. EFRAÍN ANTONIO RODRÍGUEZ URRUTIA**

---

**LIC. M. SC. ADA YANIRA ARIAS DE LINARES**

---

**COORDINADOR GENERAL DE PROCESOS DE GRADUACIÓN**

**ING. AGR. MARIO ALFREDO PÉREZ ASCENCIO**

---

## RESUMEN

La investigación se llevó a cabo en los municipios de San Pedro Nonualco, San Luis Talpa, Tenancingo y San Salvador, departamento de La Paz, Cuscatlán y San Salvador respectivamente, realizando giras de colecta y caracterización *in situ*, durante el período de octubre de 2017 a octubre de 2018, donde se identificaron árboles de cacao con características promisorias. El lugar seleccionado para el establecimiento del banco de germoplasma fue en el cantón Robles, municipio de San Pedro Nonualco, La Paz, con coordenadas geográficas 13°36'112" latitud norte y 89°55'449" longitud oeste, con altitud de 520 metros sobre el nivel del mar. Para la caracterización del germoplasma colectado se utilizaron descriptores utilizados en México, Perú y Venezuela. A las mazorcas de los árboles encontrados también se les realizó el análisis bromatológico de la semilla. Para la interpretación de la información se utilizó la estadística descriptiva y análisis multivariado mediante el programa estadístico SPSS versión 25. Como resultado se logró caracterizar morfoagronómicamente un total de 36 árboles de cacao, asimismo, el método multivariado utilizado mostró una variabilidad de la especie con un 86.33% de confiabilidad originando 12 conglomerados, también se encontraron nueve árboles con forma de fruto pentágona, nueve árboles con color de semilla blanca, características típicas de cacao criollo y se obtuvieron 28 árboles con contenido de grasa menor del 50%. Se concluye que, de los árboles encontrados y caracterizados, el 13.89% (5 árboles) presentan forma de mazorca pentágona y el 52.78% (19 árboles) coloración de semilla blanca, crema y rosa, que son características típicas de germoplasma de cacao criollo. Se logró la formación de un banco de germoplasma con el material colectado, pero también se incorporaron árboles clonados colectados en investigaciones precedentes. Finalmente se elaboró un catálogo con los árboles caracterizados.

**Palabras clave:** materiales genéticos, caracterización, análisis bromatológico, banco de germoplasma, cacao criollo, *Theobroma*.

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios todo poderoso, por darme la oportunidad y sabiduría necesaria para lograr mi objetivo profesional y a las personas que nos ayudaron en la realización de este trabajo de investigación, en particular a:

A mis asesores, Ing. Agr. M. Sc. Fidel Ángel Parada Berrios, Ing. Agr. M. Sc. Efraín Antonio Rodríguez Urrutia y a la Licda. M. Sc. Ada Yanira Arias de Linares, por sus conocimientos compartidos, su valioso apoyo y eficaz orientación para el desarrollo de la investigación. Excelentes profesionales, dignos de seguir su ejemplo.

Al personal del departamento de Química Agrícola de la Facultad de Ciencias Agronómicas, en especial al Lic. Mario Antonio Hernández Melgar y a la Ing. Agroindustrial Melissa Lorena Hernández Sánchez, por la ayuda brindada en los análisis químicos y sobre todo por su especial amistad.

A los productores de San Pedro Nonualco, San Luis Talpa y Tenancingo, por poner a disposición su tiempo y materiales de cacao, depositando la confianza necesaria para el desarrollo de la investigación.

A mi amigo y compañero Juan Carlos Romero Quintanilla, por haber logrado juntos el objetivo propuesto para nuestra vida profesional.

Al Ing. Agr. Elías Antonio Vásquez Osegueda, por la orientación y colaboración en el desarrollo de la investigación.

A Luis Miguel Lovo Lara y demás amigos, por su apoyo y aprecio a mi persona.

A mis tíos, Edenilson y Norman Franco por todo el apoyo incondicional.

A mis primos, Coto Portillo, quienes siempre velaron por mi bienestar durante la carrera.

A la Universidad de El Salvador, cuna de nuestra carrera.

**Rodd Alberto Franco Portillo**



## AGRADECIMIENTOS

A Dios todo poderoso, por todas las bendiciones recibidas, llenarme de sabiduría y salud durante el transcurso de mi carrera, permitiéndome llegar hasta aquí y crecer en el ámbito personal y profesional.

Agradecer encarecidamente a mis asesores: Ing. Agr. M. Sc. Fidel Ángel Parada Berrios, Ing. Agr. M. Sc. Efraín Antonio Rodríguez Urrutia y Licda. M. Sc. Ada Yarina Arias de Linares, por ayudarme en este proceso, comprometidos de principio a fin con el desarrollo y ejecución de la tesis, sus aportes y consejos son tan invaluableles que servirán para toda mi vida.

Al personal docente del departamento de Química Agrícola de la Facultad de Ciencias Agronómicas, en especial al Lic. Mario Antonio Hernández Melgar y a la Ing. Agroindustrial Melissa Lorena Hernández Sánchez, por estar siempre dispuestos a ayudar en todos los análisis químicos.

A los compañeros de la Facultad de Química y Farmacia: Sonia Mariela Landaverde Martínez, Oscar Alexander Rivas Rivas, Clarisa Estefanni Laínez Molina, Alex Ernesto Parada Parada, Francisco David Miranda Sixco y Francisco Antonio Cañas, por su ayuda en los análisis de laboratorio y por su amistad.

A los Ing. Agr. Maximiliano López y Erick Christopher Guardado Deras, por su orientación en la investigación con respecto a cómo realizar la caracterización morfoagronómica.

Al Ing. Agr. Elías Antonio Vásquez Osegueda, por su invaluable apoyo, asesoría y consejos brindados en el transcurso de la investigación.

A mi amigo y compañero de tesis Rodd Alberto Franco Portillo, por su amistad, tiempo, apoyo, dedicación y paciencia durante la realización de la investigación y sobre todo por aceptar realizar esta aventura de aprendizaje con mi persona. Eternamente agradecido contigo.

Al Ing. Agr. Marvin Orlando Molina Escalante, por el apoyo en cuanto a la interpretación del análisis estadístico.

A mis amigos Luis Miguel Lovo Lara y Wilmer Vladimir López Avilés, por su amistad y por el apoyo brindado durante la investigación y en la realización de los análisis químicos.

A los productores de cacao del municipio de San Pedro Nonualco: Don Otoniel López Beltrán, Don Roberto Antonio Reyes, Don Sergio Antonio Orellana Menjivar y Don José Arnulfo Jiménez; del municipio de Tenancingo, Don Inocente Rodríguez, por depositar su confianza en nosotros, permitirnos ingresar a sus fincas y poder coleccionar las muestras necesarias para la realización de nuestra investigación, en especial a Don Roberto Antonio Reyes, por permitirnos establecer el banco de germoplasma en su propiedad.

A la Universidad de El Salvador, por abrirme las puertas y permitir convertirme en un profesional de las Ciencias Agrícolas, en especial a la UESE por permitirme formar parte del programa de becas, beca la cual me ayudó en mi formación.

A mis abuelas Martha Herminia Castillo y Matilde Angélica Solórzano por su apoyo y sus consejos.

A mis tías y tíos, Silvia del Carmen Quintanilla, Adilman Guadalupe Quintanilla, José Fausto Quintanilla, Marina Elizabeth Romero, Rosa Odila Romero, Mirna Cristabel Romero, William Erazo, Amparo de Jesús Solórzano y Cristina Solórzano por el apoyo en el transcurso de mi carrera.

A mis primos Nelson Alcántara Rodríguez, Moisés Alcántara Rodríguez, Verónica Solórzano, Erick Alexander Alvarado Romero, por su apoyo.

A mis amistades y familiares que me apoyaron en el transcurso de la carrera, en especial a Martha Cuéllar, Emelina Victoria Peña, Alma Rivera y Briseyda Solórzano.

A todas aquellas personas que ayudaron directa o indirectamente en el desarrollo de la investigación y en toda mi carrera y no los he mencionado, infinitas gracias por el apoyo.

**Juan Carlos Romero Quintanilla**

## **DEDICATORIA**

A Dios todo poderoso, por bendecirme, iluminar mi mente y darme la fuerza para conducirme por el camino del triunfo en mis estudios.

A mis abuelas, María Luisa (de grata recordación) y Esther María, por todos los consejos brindados para guiarme por el camino correcto.

A mis padres, que son mi ejemplo a seguir, para ellos con amor, respeto y admiración, Romiliano Franco Argueta (de grata recordación) y Mariana Dinora Portillo de Franco, en especial a ti madre, que a pesar de las adversidades, su esfuerzo y sacrificio fueron fundamental para culminar mi carrera.

A mis hermanos, Herberth Alfonso y Luis Fernando, con mucho amor y cariño.

A los docentes de la carrera de Ingeniería Agronómica, con mucho respeto y agradecimiento por transmitirme los conocimientos con sinceridad.

A toda mi familia y amigos como una muestra de estima y consideración.

**Rodd Alberto Franco Portillo**

## **DEDICATORIA**

A Dios Todo Poderoso, por brindarme salud y sabiduría durante el desarrollo de mis estudios y permitirme llegar hasta donde he llegado.

A mi madre, Noris Haydee Quintanilla de Romero por apoyarme y brindarme ánimos en aquellos momentos difíciles, por luchar hasta el último instante para que pudiera terminar mis estudios, por aguantar tantas cosas con tal de ver realizado mi sueño y mi meta, por ingeniárselas como solo ella lo sabe hacer para poder conseguir el dinero suficiente para viajar y alimentarme día con día, tú eres la razón por la que nunca me rendí. Gracias infinitas mamá.

A mi padre, Juan Pablo Romero por apoyarme hasta el final.

A mi hermano, Francisco Alexander Romero Quintanilla por su apoyo, comprensión y paciencia.

A mis amigos y compañeros con los cuales compartí parte de mi carrera, por su apoyo, comprensión, lucha y sacrificio realizado en alguna materia cursada.

A la Universidad de El Salvador por darme la oportunidad de estudiar en tan prestigiosa institución y poder convertirme en un profesional de las Ciencias Agrícolas.

A mis asesores por la dedicación, tiempo, consejos, regaños, llamadas de atención y por compartir sus conocimientos, y sobre todo por el apoyo brindado durante el proceso del proyecto de investigación.

**Juan Carlos Romero Quintanilla**

## ÍNDICE

	Página
<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>3</b>
2.1. Rescate de recursos fitogenéticos .....	3
2.2. Bancos de germoplasma.....	3
2.2.1. Documentación del banco de germoplasma .....	4
2.3. Colecta y caracterización del germoplasma .....	5
2.3.1. Caracterización morfológica del cacao .....	5
2.4. Evaluación agronómica .....	6
2.5. Colección Internacional de cacao .....	7
2.5.1. Estrategia de mejoramiento del CATIE .....	8
2.6. Importancia económica y social .....	9
2.6.1. Situación económica del cacao en El Salvador .....	9
2.7. Industria del cacao .....	9
2.8. Origen y distribución del cacao .....	10
2.9. Clasificación taxonómica del cacao .....	11
2.10. Descripción y morfología del cacao .....	11
2.10.1. Raíces .....	11
2.10.2. Tallo.....	11
2.10.3. Hojas .....	11
2.10.4. Flores.....	12
2.10.4.1. Biología floral.....	12
2.10.5. Mazorcas .....	13
2.10.6. Semillas .....	13
2.11. Propagación del cacao.....	13
2.11.1. Propagación sexual.....	14
2.11.2. Propagación asexual.....	14
2.11.2.1. Injertos en cacao .....	14
2.12. Recursos genéticos del cacao .....	15
2.12.1. Cacao criollo.....	15
2.12.2. Cacao forastero.....	16
2.12.3. Cacao trinitario .....	16
2.13. Diversidad genética del cacao .....	16
2.14. Análisis bromatológico .....	17
<b>3. MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>19</b>
3.1. Localización.....	19

3.1.1. Caracterización climática .....	21
3.2. Metodología de campo.....	21
3.2.1. Caracterización morfoagronómica de las plantas de cacao .....	22
3.2.2. Georreferenciación de los árboles de cacao.....	23
3.2.3. Establecimiento del banco de germoplasma .....	24
3.2.3.1. Proceso de clonación .....	24
3.2.3.2. Preparación del terreno.....	25
3.2.3.3. Siembra de los árboles de cacao.....	26
3.3. Caracterización de las plantas de cacao .....	27
3.3.1. Variables cualitativas.....	28
3.3.1.1. Árbol de cacao .....	28
3.3.1.2. Hojas .....	29
3.3.1.3. Hoja joven.....	30
3.3.1.4. Flores.....	31
3.3.1.5. Mazorcas .....	32
3.3.1.6. Pulpa y semilla .....	33
3.3.2. Variables cuantitativas .....	34
3.3.2.1. Árbol .....	34
3.3.2.2. Hojas .....	35
3.3.2.3. Flores.....	36
3.3.2.4. Mazorcas .....	37
3.3.2.5. Pulpa y semilla .....	39
3.4. Metodología de laboratorio.....	40
3.4.1. Análisis bromatológico .....	40
3.4.1.1. Determinación del contenido de humedad parcial y total .....	40
3.4.1.2. Determinación de contenido de materia seca.....	41
3.4.1.3. Determinación de contenido del extracto etéreo.....	41
3.4.1.4. Determinación de contenido de proteína total .....	42
3.4.1.5. Determinación de contenido de fibra cruda .....	43
3.4.1.6. Determinación de contenido de ceniza .....	44
3.4.1.7. Determinación de contenido de carbohidratos solubles o extracto libre de Nitrógeno (ELN) .....	44
3.4.1.8. Determinación de contenido de hierro, zinc y calcio.....	45
3.4.2. Análisis de suelo .....	45
3.4.2.1. Determinación de pH.....	45
3.4.2.2. Determinación de contenido de materia orgánica.....	45
3.4.2.3. Determinación de contenido de calcio y magnesio.....	46
3.4.2.4. Determinación de contenido de nitrógeno .....	46

3.4.2.5. Determinación de contenido de potasio .....	46
3.4.2.6. Determinación de contenido de fósforo .....	47
3.5. Metodología estadística .....	48
3.5.1. Estadística simple .....	48
3.5.2. Análisis de correlación .....	48
3.5.3. Análisis de componentes principales .....	48
3.5.4. Análisis de conglomerados .....	49
<b>4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>50</b>
4.1. Análisis descriptivo de variables cualitativas .....	50
4.1.1. Variables cualitativas del árbol.....	50
4.1.2. Variables cualitativas de la hoja .....	51
4.1.3. Variables cualitativas de las hojas jóvenes .....	52
4.1.4. Variables cualitativas de las flores .....	53
4.1.5. Variables cualitativas de las mazorcas .....	55
4.1.6. Variables cualitativas de la pulpa y de la semilla .....	57
4.2. Variables cuantitativas .....	58
4.2.1. Variables cuantitativas del árbol de cacao .....	58
4.2.1.1. Número de chupones por árbol de cacao .....	58
4.2.1.2. Diámetro a la altura del pecho (DAP) de los árboles de cacao .....	59
4.2.1.3. Altura de los árboles de cacao .....	59
4.2.1.4. Número de mazorcas por árbol de cacao .....	60
4.2.2. Variables cuantitativas de las hojas de los árboles de cacao .....	60
4.2.2.1. Largo de las hojas .....	60
4.2.2.2. Ancho de las hojas .....	61
4.2.2.3. Largo de la hoja desde la base hasta el punto más ancho.....	61
4.2.3. Variables cuantitativas de las flores de los árboles de cacao.....	61
4.2.3.1. Número de flores por cojinete .....	61
4.2.3.2. Cojinetes florales por metro lineal.....	62
4.2.3.3. Longitud de sépalos .....	63
4.2.3.4. Ancho de sépalos .....	63
4.2.3.5. Largo del estaminodio .....	63
4.2.3.6. Largo del estilo .....	64
4.2.3.7. Largo del ovario.....	64
4.2.3.8. Ancho del ovario.....	64
4.2.3.9. Número de óvulos por ovario .....	65
4.2.4. Variables cuantitativas de las mazorcas de cacao .....	66
4.2.4.1. Longitud de las mazorcas .....	66
4.2.4.2. Diámetro de las mazorcas.....	66

4.2.4.3. Peso de las mazorcas de cacao .....	67
4.2.4.4. Profundidad de los surcos.....	67
4.2.4.5. Espesor de caballete.....	68
4.2.4.6. Grosor de la cáscara de las mazorcas.....	68
4.2.4.7. Peso de la cáscara.....	68
4.2.4.8. Índice de mazorcas .....	69
4.2.5. Variables cuantitativas de la pulpa y de las semillas .....	70
4.2.5.1. Peso de semillas, placenta y mucílago .....	70
4.2.5.2. Número de semillas por mazorca .....	70
4.2.5.3. Largo de semillas .....	71
4.2.5.4. Ancho de semillas .....	71
4.2.5.5. Espesor de semillas .....	71
4.2.5.6. Peso seco de semilla .....	72
4.2.5.7. Índice de semilla.....	72
4.3. Coeficiente de variación de las variables cuantitativas.....	73
4.4. Análisis bromatológico de las semillas de 36 árboles de cacao .....	75
4.4.1. Humedad parcial y total.....	75
4.4.2. Materia seca .....	76
4.4.3. Extracto etéreo (grasa), proteína y fibra cruda .....	77
4.4.4. Carbohidratos .....	78
4.4.5. Ceniza .....	79
4.4.6. Hierro y zinc.....	79
4.4.7. Calcio.....	80
4.5. Análisis de suelo .....	81
4.5.1. PH.....	82
4.5.2. Materia orgánica.....	82
4.5.3. Calcio.....	82
4.5.4. Magnesio .....	83
4.5.5. Nitrógeno .....	83
4.5.6. Fósforo .....	83
4.5.7. Potasio.....	83
4.5.8. Programa de encalado y fertilización .....	84
4.6. Coeficientes de correlación (r) de las variables de los análisis de suelo, bromatológico y variables de mazorcas .....	84
4.7. Análisis de correlación .....	89
4.8. Componentes principales.....	89
4.8.1. Identificación de variables con mayor influencia en la formación de componentes .....	89
4.8.2. Análisis de componentes principales y variables que influyeron en su formación .....	90



4.9. Análisis de conglomerados .....	92
4.10. Banco de germoplasma de cacao establecido con productores en San Pedro Nonualco .....	96
4.10.1. Altura de los árboles establecidos en el banco de germoplasma.....	97
4.10.2. Diámetro de los árboles establecidos en el banco de germoplasma.....	98
4.10.3. Número de hojas de los árboles establecidos en el banco de germoplasma.....	99
4.11. Catálogo de 36 árboles caracterizados.....	102
<b>5. CONCLUSIONES .....</b>	<b>114</b>
<b>6. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>115</b>
<b>7. BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>116</b>
<b>8. ANEXOS .....</b>	<b>124</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

	<b>Página</b>
Cuadro 1. Clasificación taxonómica del cacao. ....	11
Cuadro 2. Condiciones climatológicas de los municipios. ....	21
Cuadro 3. Descriptores morfológicos y agronómicos utilizados en la investigación .....	22
Cuadro 4. Codificación y ubicación de los árboles de cacao caracterizados. ....	23
Cuadro 5. Concentraciones estándar para determinar absorbancias de fósforo en suelo. ....	47
Cuadro 6. Frecuencia absoluta y relativa de las variables cualitativas de los árboles de cacao. ....	51
Cuadro 7. Frecuencia absoluta y relativa de las variables cualitativas de las hojas. ....	52
Cuadro 8. Frecuencia absoluta y relativa de las variables cualitativas de las hojas jóvenes.....	53
Cuadro 9. Frecuencia absoluta y relativa de las variables cualitativas de las flores. ....	54
Cuadro 10. Frecuencia absoluta y relativa de las variables cualitativas de las mazorcas. ....	56
Cuadro 11. Frecuencia absoluta y relativa de las variables cualitativas de la pulpa y de la semilla. ....	58
Cuadro 12. Coeficiente de variación de las variables cuantitativas. ....	74
Cuadro 13. Coeficiente de variación en el análisis bromatológico de la semilla. ....	81
Cuadro 14. Resultados del análisis de suelo de las propiedades muestreadas. ....	84
Cuadro 15. Comunalidades de variables cuantitativas. ....	90
Cuadro 16. Análisis de suelo realizado en las propiedades ubicadas en San Pedro Nonualco .....	100

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Página</b>
Figura 1. Ubicación de fincas de productores de cacao en el municipio de San Pedro Nonualco. ....	19
Figura 2. Ubicación de un árbol de cacao en el municipio de San Luis Talpa. ....	20
Figura 3. Ubicación de árboles de cacao en el municipio de San Salvador. ....	20
Figura 4. Ubicación de finca de cacao en el municipio de Tenancingo. ....	21
Figura 5. Descriptores utilizados para la caracterización morfoagronómica de las plantas de cacao. .	23
Figura 6. Injertación en cacao por el método de enchape lateral. ....	25
Figura 7. Trazo y estaquillado de la parcela para establecer el banco de germoplasma de cacao. ....	26
Figura 8. Siembra de plantas de cacao injertadas en el banco de germoplasma. ....	27
Figura 9. Caracterización hojas y flores en laboratorios de la Facultad de Ciencias Agronómicas. ....	28
Figura 10. a) Arquitectura del árbol, b) formación de ramificación del árbol. ....	29
Figura 11. a) Forma de la base de la hoja, b) forma del ápice de la hoja. ....	29
Figura 12. a) Coloración verde claro en hoja joven, b) coloración verde medio en hoja joven, c) coloración marrón en hoja joven, d) coloración rojo claro en hoja joven, e) coloración rojo medio en hoja joven, f) coloración rojo oscuro en hoja joven. ....	30
Figura 13. a) Pigmentación antociánica en pedicelo, b) color de lígula, c) pigmentación antociánica del estaminodio. ....	31
Figura 14. a) Constricción basal en mazorca, b) ápice de mazorca c) superficie de mazorca. ....	33
Figura 15. a) Color de pulpa del en mazorca, b) agrupación de semillas para clasificarlas según su forma (sección longitudinal), c) coloración del cotiledón de la mazorca. ....	34
Figura 16. a) Chupones presentes en la base del tallo, b) medición del DAP, c) toma de altura del árbol por medio del método de las Unidades. ....	35
Figura 17. a) Medición del largo de la hoja, b) medición del ancho de la hoja. ....	36
Figura 18. a) Medición de la longitud del sépalo, b) largo del estaminodio, c) medición del largo y ancho del ovario. ....	37
Figura 19. a) Largo de la mazorca, b) diámetro del fruto, c) lectura del peso de mazorca, d) profundidad del surco en la mazorca, e) medición del espesor de caballete en la mazorca. ....	38
Figura 20. a) Lectura de peso de semilla, placenta y mucilago, b) medición del largo de semilla, c) medición del ancho de semilla, d) medición del espesor de semilla. ....	40
Figura 21. a) Evaporación y condensación de éter en muestras de cacao para calcular grasa, b) recuperación del éter sobrante después de completar la evaporación y condensación. ....	42
Figura 22. a) Destrucción oxidativa de los componentes por calentamiento con ácido sulfúrico concentrado, b) titulación de sal amoníaca con solución ácida estandarizada. ....	43
Figura 23. Diámetro a la altura del pecho de los árboles. ....	59
Figura 24. Altura de los árboles de cacao. ....	60

Figura 25. Número de mazorcas por árbol de cacao.....	60
Figura 26. Número de flores por cojín.....	62
Figura 27. Número de cojinetes florales por metro lineal. ....	63
Figura 28. Largo del estilo de los ovarios de las flores del cacao. ....	64
Figura 29. Largo y ancho de los ovarios de las flores del cacao. ....	65
Figura 30. Número de óvulos por ovario.....	65
Figura 31. Longitud y diámetro de las mazorcas de cacao. ....	66
Figura 32. Peso de las mazorcas de cacao. ....	67
Figura 33. Peso de la cáscara de las mazorcas de cacao. ....	68
Figura 34. Índice de mazorca.....	69
Figura 35. Peso de semillas, placenta y mucílago de cacao. ....	70
Figura 36. Número de semillas por fruto de cacao. ....	71
Figura 37. Largo, ancho y espesor de las semillas de cacao. ....	72
Figura 38. Peso seco de las semillas de cacao. ....	72
Figura 39. Índice de semillas.....	73
Figura 40. Contenido de humedad parcial y total de las semillas de cacao. ....	76
Figura 41. Contenido de materia seca de las semillas. ....	76
Figura 42. Contenido de grasa, proteína y fibra cruda de la semilla. ....	78
Figura 43. Contenido de carbohidratos en las semillas de cacao. ....	78
Figura 44. Contenido de ceniza en las semillas de cacao. ....	79
Figura 45. Contenido de hierro y zinc en las semillas de cacao. ....	80
Figura 46. Contenido de calcio en las semillas de cacao. ....	81
Figura 47. Proporción de la varianza explicada para cada componente principal ....	92
Figura 48. Dendrograma de distancias de 36 árboles de cacao. ....	96
Figura 49. Banco de germoplasma de cacao. ....	97
Figura 50. Altura de los árboles establecidos en el banco de germoplasma. ....	98
Figura 51. Diámetro de los árboles establecidos en el banco de germoplasma. ....	99
Figura 52. Número de hojas de los árboles establecidos en el banco de germoplasma. ....	99

## ÍNDICE DE ANEXOS

	<b>Página</b>
Figura A 1. Arquitectura del árbol de cacao.....	124
Figura A 2. Formación de ramificación del árbol ce cacao .....	124
Figura A 3. Forma de la hoja del árbol de cacao .....	125
Figura A 4. Forma de la base de la hoja del árbol de cacao .....	125
Figura A 5. Ápice de la hoja del árbol de cacao.....	126
Figura A 6. Textura de la hoja del árbol de cacao .....	126
Figura A 7. Intensidad de pigmentación verde en hojas de cacao .....	127
Figura A 8. Color de hoja joven de cacao .....	127
Figura A 9. Pubescencia en brotes terminales en árbol de cacao.....	128
Figura A 10. Pigmentación antociánica del pedicelo .....	128
Figura A 11. Longitud de sépalo en flores de cacao.....	128
Figura A 12. Ancho de sépalo en flores de cacao .....	129
Figura A 13. Pigmentación antociánica del sépalo en flores de cacao.....	129
Figura A 14. Color de lígula en flores de cacao .....	129
Figura A 15. Pigmentación antociánica del estaminodio en flores de cacao.....	130
Figura A 16. Largo de estilo en flores de cacao.....	130
Figura A 17. Número de óvulos por ovario en flores de cacao.....	130
Figura A 18. Largo de ovario en flores de cacao .....	131
Figura A 19. Forma de mazorca de cacao.....	131
Figura A 20. Color de mazorca de cacao.....	131
Figura A 21. Construcción basal en mazorca de cacao .....	132
Figura A 22. Forma del ápice en mazorca de cacao .....	132
Figura A 23. Longitud de mazorca de cacao .....	132
Figura A 24. Diámetro de mazorca de cacao.....	133
Figura A 25. Superficie de mazorca de cacao .....	133
Figura A 26. Profundidad de los surcos en mazorca de cacao .....	133
Figura A 27. Color de la pulpa en semillas de cacao.....	134
Figura A 28. Forma de semilla en sección longitudinal.....	134
Figura A 29. Forma de semilla en sección transversal .....	134
Figura A 30. Longitud y anchura de la semilla de cacao .....	135
Figura A 31. Grosor de la semilla.....	135
Figura A 32. Coloración del cotiledón .....	135

Cuadro A 1. Descriptor elaborado para la colecta de datos en campo .....	136
Cuadro A 2. Variables cuantitativas de los árboles de cacao .....	141
Cuadro A 3. Variables cuantitativas de las hojas de los árboles de cacao .....	142
Cuadro A 4. Variables cuantitativas de las flores de los árboles de cacao .....	143
Cuadro A 5. Variables cuantitativas de las mazorcas de cacao .....	144
Cuadro A 6. Variables cuantitativas de las semillas de cacao .....	145
Cuadro A 7. Resultados del análisis bromatológico de las semillas de 36 árboles de cacao .....	146
Cuadro A 8. Resultados del análisis de suelo de las propiedades muestreadas .....	147
Cuadro A 9. Interpretación de análisis de suelo para café .....	148
Cuadro A 10. Variables correlacionadas.....	148
Cuadro A 11. Método de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) y prueba de Bartlett.....	149
Cuadro A 12. Varianza total explicada en el análisis de componentes principales.....	149
Cuadro A 13. Matriz de componentes principales .....	150
Cuadro A 14. Variables cuantitativas del conglomerado 1 .....	151
Cuadro A 15. Variables cuantitativas del conglomerado 2 .....	152
Cuadro A 16. Variables cuantitativas del conglomerado 3 .....	153
Cuadro A 17. Variables cuantitativas del conglomerado 4 .....	154
Cuadro A 18. Variables cuantitativas del conglomerado 5 .....	155
Cuadro A 19. Variables cuantitativas del conglomerado 6 .....	156
Cuadro A 20. Variables cuantitativas del conglomerado 7 .....	157
Cuadro A 21. Variables cuantitativas del conglomerado 8 .....	158
Cuadro A 22. Variables cuantitativas del conglomerado 9 .....	159
Cuadro A 23. Variables cuantitativas del conglomerado 10 .....	160
Cuadro A 24. Variables cuantitativas del conglomerado 11 .....	161
Cuadro A 25. Variables cuantitativas del conglomerado 12 .....	162
Cuadro A 26. Datos de los árboles del banco de germoplasma.....	163

## 1. INTRODUCCIÓN

En El Salvador la producción del cacao es una actividad que está nuevamente estimulando el interés de muchos productores, percibiendo su potencial a futuro, ya que constituye una oportunidad para el desarrollo, como un nuevo rubro de generación de ingresos, trabajo y dinamización de la economía nacional. En el país se encuentran árboles de cacao con buen potencial genético principalmente germoplasma criollo en peligro de extinción, pero no se ha logrado identificar, mucho menos conservar y propagar comercialmente. El cacao ocupa el tercer lugar después del azúcar y el café en el mercado mundial de materias primas y actualmente en El Salvador no se tienen zonas productoras de cacao, pero si existen ciertas fincas pequeñas y medianas, que son iniciativas dispersas que mantienen el cultivo del mismo (Cruz Montesinos 2012).

El mercado mundial demanda 3.5 millones de toneladas de cacao. Toda Centroamérica produce 5 mil toneladas y El Salvador sólo unas 200 toneladas (cacao con dominancia de Trinitario). A nivel mundial sólo 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 (Cruz Montesinos 2012).

Esta especie posee una amplia diversidad y variabilidad genética. Donde se pueden encontrar poblaciones dispersas de cacao silvestre, cacao cultivado y especies afines al género *Theobroma*. A pesar de ello, este valioso pool genético se ve amenazado día a día por una erosión genética de consecuencias impredecibles. A través del tiempo y por generaciones, las poblaciones silvestres y domesticadas, han estado sometidas a la influencia de factores evolutivos como: la selección natural, mutación, aislamiento geográfico, migración y deriva genética, que sumado a la selección artificial, aunque incipiente, ha generado una amplia recombinación genética dentro y entre poblaciones locales, expresándose en un amplio espectro de genotipos, que bajo la influencia de factores ambientales *in situ*, los atributos productivos y organolépticos, se han expresado en grado variable y diferenciales (USAID 2008).

Actualmente el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), a través del Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal (CENTA), han retomado el interés por este cultivo, que tienen como objetivo principal el desarrollo tecnológico y el fortalecimiento de la base

productiva en el país. También, la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador, se encuentra realizando diversas investigaciones sobre el cultivo de cacao, buscando materiales promisorios de alto valor genético para su rescate y conservación en bancos de germoplasma.

Por tanto, el objetivo principal de esta investigación fue formar un banco de germoplasma de cacao con árboles criollos, seleccionados del municipio de San Pedro Nonualco y la incorporación de otras selecciones colectadas en otros municipios con características acentuadas de cacao criollo, con la finalidad de garantizar el rescate y conservación del material nativo, donde se dispone de material de propagación identificado para los productores de la zona que lo demanden, para que en el futuro se exploten comercialmente y logren la aceptación en el mercado nacional e internacional, obteniendo resultados que beneficien a los productores.



## **2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1. Rescate de recursos fitogenéticos y su contribución al logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)**

En los últimos 50 años con el desarrollo tecnológico y la revolución verde también se han deteriorado los ecosistemas, erodando la mayoría de especies vegetales y sus parientes silvestres en todo el planeta, lo que constituye un problema de seguridad alimentaria para todos los países, por tal motivo en el 2001 se firmó el Tratado Internacional sobre los Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura (TRFAA) en la sede de la FAO en Roma, tratando de que los países signatarios, incluyendo El Salvador y Centroamérica, realicen acciones inmediatas para el rescate de especies en peligro de extinción y responder a una distribución justa y equitativa de los mismos, que garantice la soberanía y seguridad alimentaria y nutricional de los pueblos (PNUD s.f.).

Se ha definido el desarrollo sostenible como el desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer sus propias necesidades. El desarrollo sostenible requiere esfuerzos concertados para construir un futuro inclusivo, sostenible y resiliente para las personas y el planeta. Con el fin de lograr el desarrollo sostenible es fundamental armonizar tres elementos centrales: el crecimiento económico, la inclusión social y la protección ambiental. Estos elementos están interconectados y son todos fundamentales para el bienestar de los individuos y las sociedades (FAMSI 2017).

En el año 2015, los 193 Estados miembros de las Naciones Unidas, llegaron a un consenso respecto a un documento final de una nueva agenda de desarrollo sostenible titulada “Transformar nuestro mundo: la Agenda de 2030 para el Desarrollo Sostenible”, a fin de lograr el desarrollo sostenible, fundamental para garantizar una vida saludable y promover el bienestar para todos a cualquier edad (FAO 2015). Existen 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible, esta investigación contribuye al cumplimiento del objetivo 2: hambre cero, objetivo 13: acción por el clima y objetivo 15: vida de ecosistemas terrestres.

### **2.2. Bancos de germoplasma**

Las colecciones son congregaciones de accesiones representativas de una variación genética objetivo de conservación y utilización. Pueden contener desde decenas hasta miles de

muestras, mantenidas en los ambientes y condiciones adecuadas. Los bancos de germoplasma se establecen para cumplir los objetivos de conservación de una institución de investigación, un país o una región, y en ellos se realizan diferentes actividades que van desde adquirir el germoplasma, conocer sus características, utilidad potencial, y asegurar su supervivencia, hasta mantenerlo disponible para los usuarios y difundir información que estimule su utilización (Osorio Guarín 2009).

El conocimiento de las colecciones de germoplasma a través de la caracterización es un proceso fundamental dentro del manejo de las colecciones porque permite conocer, depurar u organizar los materiales, e identificar genotipos valiosos para ser usados directamente en los programas de mejoramiento genético. Por consiguiente, un buen sistema de conservación y de caracterización en los programas de recursos fitogenéticos es vital para generar información de cada entrada en relación a caracteres cualitativos y cuantitativos de importancia económica actual o futura (Peña Monserrate 2003).

### **2.2.1. Documentación del banco de germoplasma**

Los bancos de germoplasma, aunque pueden tener objetivos y características diferentes, precisan siempre de una actividad documental propia, ya que todas las tareas que realizan generan una gran cantidad de información y, a su vez, se apoyan en ella. El desarrollo y mantenimiento de un sistema de documentación eficaz va a ser, por tanto, un aspecto clave dentro de un banco de germoplasma para poder optimizar tanto su propio funcionamiento como los resultados obtenidos para el resto de la comunidad científica o usuarios en general (Martínez s.f.).

La información asociada a los recursos fitogenéticos suele dividirse en las categorías siguientes:

- Datos de pasaporte: que incluyen los códigos de identificación de cada entrada y la información obtenida en la recolección.
- Datos de gestión: que comprende la información generada a lo largo de los procesos de conservación propiamente dicha (tamaño de las muestras, germinación, otras) y de regeneración o multiplicación.
- Datos de caracterización y evaluación (Martínez s.f.).

### **2.3. Colecta y caracterización del germoplasma**

La colecta en campo y caracterización de germoplasma es un factor estratégico en el proceso investigativo debido a que es un componente para la solución de problemas actuales y futuros relacionados con la obtención de variedades vegetales mediante la utilización de métodos tradicionales o biotecnológicos (Peña Monserrate 2003).

Los resultados de la caracterización son valiosos para los mejoradores de plantas, que siempre han tratado de identificar, seleccionar y coleccionar individuos que posean más de una característica deseable, por ejemplo, priorizar en aquellos genotipos que muestran en forma simultánea, resistencia a una enfermedad y alta producción. Este tipo de selección ha sido exitosa para la mayoría de los cultivos alimenticios del mundo, debido en gran medida a su corto ciclo de vida. Sin embargo, y a pesar de los importantes y a veces dramáticos avances alcanzados en la producción de cultivos como arroz, maíz y trigo, es conocido que aun en esas especies, el potencial genético permanece virtualmente inexplorado. Esto se debe a que los bancos de germoplasma para la mayoría de los cultivos, contienen miles de accesiones que nunca han sido caracterizadas ni evaluadas. Con el desarrollo de descriptores agromorfológicos y con métodos biotecnológicos (marcadores de ADN), ha sido posible iniciar estudios de las colecciones en una forma más eficiente, sistemática y rápida, planteándose objetivos fácilmente alcanzables desde el punto de vista del mejoramiento genético de plantas (Peña Monserrate 2003).

#### **2.3.1. Caracterización morfológica del cacao**

Una de las tareas asociadas a los bancos de germoplasma y que facilita en gran medida la utilización de los materiales es la adecuada descripción de los mismos. En la descripción de colecciones se distinguen normalmente dos aspectos: la caracterización y la evaluación. La caracterización tiene sobre todo un objetivo de identificación de las entradas y se refiere principalmente a atributos cualitativos que pueden considerarse invariables (color de la flor, forma de la semilla, composición isoenzimática, otras) (Martínez s.f.).

Pound citado por Martínez (2007), señaló que algunas características de la flor y la semilla son de suma importancia en la caracterización de clones de cacao, lo cual es confirmado por Dejean y Ostendorf citados por Martínez (2007), quienes propusieron que los pétalos, el pistilo y el número de óvulos por ovario son los mejores descriptores para caracterizar los clones de cacao.

Martínez (s.f.), menciona que, en el ámbito de los recursos fitogenéticos se utiliza el término “descriptor” para definir las variables cualitativas y cuantitativas. La utilización de descriptores estandarizados entre instituciones diferentes es un aspecto esencial para facilitar el intercambio de información y el desarrollo de bases de datos regionales o mundiales. El IPGRI (International Plant Genetic Resources Institute) ha desarrollado una amplia labor en este sentido al desarrollar y publicar listas de descriptores para una gran cantidad de especies. La transmisión eficaz de la información constituye la etapa final del proceso de documentación y contribuye de forma muy importante a promover la utilización del germoplasma.

Los descriptores son las características mediante las cuales se puede conocer el germoplasma y determinar su utilidad potencial y estos son específicos para cada especie. Muchos atributos pueden describir un material, pero los caracteres realmente útiles son aquellos que se pueden detectar a simple vista, registrar fácilmente y que tienen alta heredabilidad, alto valor taxonómico y agronómico (Peña Monserrate 2003).

Un descriptor es un atributo cuya expresión es fácil de medir de la forma, estructura o comportamiento de un individuo colectado o de una accesión. Sirve para discriminar entre fenotipos. Los órganos para la descripción morfológica son aquellos que están menos influenciados por el ambiente, los más importantes son la flor y el fruto, en importancia decreciente las hojas, tronco, ramas, raíces y los tejidos celulares (Martínez s.f.).

#### **2.4. Evaluación agronómica**

Una vez conocidas las características morfológicas y anatómicas del germoplasma a través de la caracterización, la información para determinar su potencial de uso se amplía con los datos de la evaluación que consiste en describir las características agronómicas de las accesiones (rendimiento o resistencia a estrés biótico o abiótico), generalmente cuantitativas (combinantes con el ambiente y de baja heredabilidad), con el fin de identificar materiales adaptables y con genes útiles para la producción de alimentos (Peña Monserrate 2003).

La evaluación es complementaria a la caracterización y también se realiza sobre una población representativa de la especie y mediante descriptores. La evaluación del germoplasma vegetal es el proceso que conduce al conocimiento de las características y el comportamiento de los individuos que forman parte de una colección frente al ambiente (Peña Monserrate 2003).

## 2.5. Colección Internacional de cacao

Desde los años 40, el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) conserva a perpetuidad en su colección de germoplasma de cacao (IC3) una importante representación de la amplia diversidad genética que posee la especie en América tropical. Además de la conservación, es objetivo fundamental de la colección, proveer de material botánico para estudios de distinta índole, así como material propagativo para los programas de mejoramiento genético y el establecimiento de plantaciones comerciales en distintos países. La colección del CATIE es una fuente potencial de clones con características notables, tales como resistencia a plagas y enfermedades, alto contenido de polifenoles, resistencia a condiciones extremas, porte bajo, etc. Consecuentemente, su conservación es prioritaria para resolver muchos de los problemas presentes y futuros que afectan a este cultivo (CATIE s.f.).

Desde 1978, IC3 ostenta el rango de colección internacional otorgado por el IBPGR (ahora Bioversity) y a partir del 2005 está bajo el auspicio de la FAO y bajo la cobertura del Tratado Internacional para la Protección de Recursos Fitogenéticos (ITPGRFA). Esto la ubica como la primera colección de campo en el mundo puesta bajo el dominio público (CATIE s.f.).

La Colección Internacional de Cacao del CATIE (IC3) fue iniciada en Turrialba, Costa Rica en 1944 como parte de la estrategia del Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas (IICA) de promover la distribución e intercambio de germoplasma de cultivos tropicales valiosos (CATIE s.f.).

Todas las especies de *Theobroma* y *Herrania* son recalcitrantes, por lo que sólo se pueden mantener en colecciones de campo. IC3 fue establecida originalmente en el sector del CATIE conocido como Cabiria. A partir del 2005 se inició el establecimiento de dos replicas de la misma en la finca La Montaña en Turrialba a 602 msnm y en la finca La Lola en 28 Millas de Limón a 40 msnm, ambas pertenecientes al CATIE. De esta forma la colección está respaldada en tres sitios diferentes, lo que constituye una particularidad de esta colección (CATIE s.f.).

La colección internacional de cacao contiene casi 1,200 clones de cacao (*Theobroma cacao*) mayoritariamente de América tropical, lugar donde se encuentra el centro de origen y diversidad de esta especie, concretamente en la parte alta de la cuenca amazónica. La colección incluye también clones obtenidos en África, Asia y Oceanía y otras especies

cultivadas del género *Theobroma* como *T. bicolor* (pataste) y *T. grandiflorum* (cupuaçu), o silvestres como *T. angustifolium*, *T. mammosum*, *T. microcarpum*, *T. subincanum*, *T. simiarum*, y *T. speciosum*. El género *Herrania*, que es el más cercano genéticamente a *Theobroma*, está representado por 7 especies: *H. albiflora*, *H. baloensis*, *H. cuatrecasana*, *H. nycterodendron*, *H. nítida*, *H. purpure* y *H. umbratica*. La colección se enriquece anualmente mediante la introducción de clones provenientes de la estación de cuarentena de la Universidad de Reading en Inglaterra y de otras fuentes seguras (CATIE s.f.).

### 2.5.1. Estrategia de mejoramiento del CATIE

El CATIE, con el apoyo del *American Cocoa Research Institute* (ACRI) y más adelante la *World Cocoa Foundation* (WCF), inició en 1996 un programa de mejoramiento genético tendiente a identificar fuentes de resistencia a moniliasis y mazorca negra (*Phytophthora palmivora* Butler) y crear variedades resistentes de buena producción. A escala mundial y debido a su gran relevancia, la producción y la resistencia a enfermedades son los caracteres que han recibido la mayor atención de los mejoradores, seguidos por la compatibilidad sexual y la calidad (CATIE 2016).

El programa se ha desarrollado ininterrumpidamente por 15 años y ha sido fortalecido en años recientes con proyectos paralelos en asocio con USDA/MARS (2002) y Bioversity-CFC (2005-2009) (CATIE 2016). La estrategia de CATIE se resume de la siguiente manera:

1. Se establecen ensayos de progenies (familias híbridas).
2. A partir de los ensayos de progenies se seleccionan árboles superiores que reúnen varias características deseables y/o que acumulan genes favorables para alguna característica en particular.
3. Se establecen ensayos clonales que incluyen los mejores clones pre-seleccionados, árboles superiores clonados y testigos nacionales e internacionales. Una vez que se completan al menos 5 años de datos, se seleccionan los materiales más destacados para su eventual distribución a las familias productoras, pero antes son establecidos en:
  - **Jardines clonales:** son la fuente de material vegetativo para la reproducción de los clones. Podrían actuar simultáneamente como parcelas demostrativas o ensayos regionales, en cuyo caso se deben establecer bajo un diseño experimental adecuado y asignar de forma aleatoria la posición de los clones en el campo.
  - **Ensayos multilocales o pruebas regionales:** sirven para determinar el comportamiento de los clones en diferentes ambientes y/o tipos de manejo. Se busca

seleccionar los clones que tengan el mejor desempeño en un ambiente dado y los que tengan un buen comportamiento en diferentes sitios.

- **Parcelas demostrativas:** dan información visual y numérica sobre el desempeño de los clones en condiciones locales, de forma que agricultores, agricultoras, y personal técnico puedan tomar decisiones sobre los materiales.

4. Se establecen ensayos de progenies a partir del cruzamiento entre parejas de clones preseleccionados con muy buen perfil general (CATIE 2016).

## **2.6. Importancia económica y social**

El cultivo de cacao se enmarca en un sistema agroforestal y es cultivado conjuntamente con otras especies vegetales, principalmente café, plátano, frutales y maderables, los cuales al mismo tiempo que le producen sombra al cacao, permiten al agricultor tener otras alternativas de ingresos. Los sistemas de este tipo se caracterizan por conservar el suelo y el ambiente, en la medida en que son grandes generadores de biomasa, con capacidad de capturar CO<sub>2</sub> y eficientes liberadores de oxígeno. En conjunto con los beneficios que proporciona en la parte ambiental, el cacao es un cultivo tradicional de economía campesina que demanda de mano de obra (Ruíz Erazo 2014).

### **2.6.1. Situación económica del cacao en El Salvador**

Cruz Montesinos (2012), menciona que el cacao ocupa el tercer lugar después del azúcar y el café en el mercado mundial de materias primas. En la actualidad en el mercado internacional de este producto se han presentado balances deficitarios puesto que ha sido mayor la demanda que la oferta, con las consecuencias que ello acarrea como lo es el incremento en el precio de las Bolsas en que se llevan a cabo los negocios del producto en el mundo.

El mercado mundial demanda 3.5 millones de toneladas, toda Centroamérica produce 5 mil toneladas y El Salvador solo unas 200 toneladas, 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 (Cruz Montesinos 2012).

## **2.7. Industria del cacao**

Internacionalmente, desde el punto de vista comercial e industrial, se clasifica al cacao en dos categorías: el cacao básico u ordinario o "bulk" y el cacao fino o de aroma. Más del 95% del

cacao producido cada año puede considerarse como cacao básico procedente, en su mayoría, de África y Brasil, constituido en especial por la variedad forastera. El cacao fino tiene características distintivas de aroma y sabor, razón por la cual es sumamente solicitado por los fabricantes de chocolate fino; sin embargo, solo representa el 5% de la producción mundial de cacao (Ruíz Erazo 2014).

Recientemente, la industria farmacéutica se ha interesado en los efectos beneficiosos a la salud que tienen algunos componentes de semillas, hojas y raíces del cacao. Dos experimentos clínicos han determinado que el flavonol del cacao puede aumentar el flujo sanguíneo a lugares importantes del cerebro, incrementando así las posibilidades de controlar la demencia y los infartos. Un estudio químico reciente ha mostrado la habilidad de los flavonoles en el mejoramiento de la síntesis de óxido nítrico a nivel de los vasos sanguíneos, que puede asistir al tratamiento de las complicaciones vasculares asociadas a la diabetes (Ruíz Erazo 2014).

### **2.8. Origen y distribución del cacao**

Las evidencias arqueológicas sugieren que el cacao tuvo origen en la antigua América Central, donde los Mayas y los Aztecas lo cultivaban mucho antes del contacto español. Una vez que el cacao se había extendido en todo el valle del Amazonas, se supone que se dispersó a lo largo de dos rutas: una al Norte y la otra al Oeste; de esta manera, la domesticación del cacao ocurrió en Sudamérica y los indios lo llevaron a Centroamérica y el Sur de México. Sin embargo, basado en la gran diversidad morfológica observada en las poblaciones de cacao en América Central y en Sudamérica, surgió una hipótesis que se basa en orígenes simultáneos, es decir, que las poblaciones de cacao del Norte y Sur América se desarrollaron en dos formas separadas por el Istmo de Panamá. Ambas poblaciones evolucionaron independientemente y son reconocidas como subespecies (FAO s.f.).

Osorio Guarín (2009), menciona que, la distribución del cultivo de cacao se encuentra principalmente entre los 20° Latitud Norte y 20° Latitud Sur; sin embargo, las mejores plantaciones de cacao se extienden desde Costa Rica y el Sur de México hasta Brasil y Bolivia.



## 2.9. Clasificación taxonómica del cacao

Botánicamente al cacao se le ha asignado la clasificación que se muestra en el cuadro 1.

Cuadro 1. Clasificación taxonómica del cacao.

División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Subclase	Dilleniidae
Orden	Malvales
Suborden	Malvinas
Familia	Esterculiáceas
Tribu	Theobromeae
Género	<i>Theobroma</i>
Especie	<i>cacao</i>

Fuente: Batista (2009).

## 2.10. Descripción y morfología del cacao

El cacao es un árbol leñoso, fuerte, de porte relativamente bajo, es una planta alógama, de ciclo vegetativo perenne y diploide ( $2n = 20$ ) (Ruíz Erazo 2014).

### 2.10.1. Raíces

La raíz principal es pivotante y puede alcanzar de 1.5 a 2 m de profundidad. Las raíces laterales mayormente se encuentran en los primeros 30 cm del suelo alrededor del árbol, pudiendo alcanzar de 5 a 6 m de longitud horizontal (Ruíz Erazo 2014).

### 2.10.2. Tallo

El tallo en su primera fase de crecimiento es ortotrópico (vertical), que perdura por 12 a 15 meses. Luego, este tipo de crecimiento se interrumpe para dar lugar a la aparición de 4 o 5 ramas secundarias denominada “horqueta”, que crecerán de forma plagiotrópicas (horizontal). Debajo de la horqueta aparecen con frecuencia brotes ortotrópicos verticales denominados “chupones”, que dan lugar a nuevas horquetas y este evento puede repetirse por 3 a 4 veces consecutivas en el tiempo (Ruíz Erazo 2014).

### 2.10.3. Hojas

Las hojas son enteras, de 15 a 50 cm de longitud y de 5 a 20 cm de ancho, con ápice de forma variable. Colores variables que van desde morado hasta verde pálido, la longitud del peciolo varia en tamaño dependiendo si son ramas ortotrópicas o plagiotrópicas, siendo este más largo en las primeras. Los brotes tiernos generalmente presentan pigmentación antociánica (pigmentos hidrosolubles que se hallan en las vacuolas de las células vegetales y que otorgan

el color rojo, púrpura o azul a las hojas, flores y frutos), con excepción de árboles mutantes que son completamente despigmentados (Ruíz Erazo 2014).

#### **2.10.4. Flores**

Las flores son hermafroditas, pentámeras (5 sépalos, 5 pétalos, 5 estaminodios, 5 estambres, y 5 lóculos por ovario); completas (todos sus verticilios florales) y perfectas (con androceo y gineceo). Las flores aparecen en el tronco en forma solitaria o en grupos denominados “cojines florales”. La estructura de la flor parece impedir la autopolinización, impidiendo la fecundación con su mismo polen pues las anteras recurvadas hacia afuera están rodeadas por las conchas de los pétalos y separadas del estigma por los estaminodios, por lo tanto, es necesaria la presencia de polen de otra flor para la fecundación (IICA 1987).

El polen es demasiado pegajoso para que pueda intervenir el viento, tampoco la posición de las anteras se adapta a la condición de una planta anemófila, por lo que ciertos insectos del género *Forcipomyia sp* que se encarga de la fecundación. Las flores fecundadas pierden los pétalos, sépalos y estambres, y el ovario inicia su crecimiento; muchos de los ovarios fecundados caen por diversas causas (abortos) y sólo muy pocos llegan a la maduración (IICA 1987).

##### **2.10.4.1. Biología floral**

Las flores del cacao se comienzan a abrir por la tarde y en las primeras horas de la mañana siguiente, emiten polen y presentan estilos receptivos. Son ciertos insectos diminutos, áfidos y otros, los que al andar por las flores pueden recoger el polen y depositarlo en los estigmas, sea de la misma flor, sea en otras del mismo árbol o llevarlo a otra planta. Las flores que no han sido fecundadas caen al segundo o tercer día; en las que han sido fecundadas se desprenden de los sépalos, pétalos y estambres, el ovario inicia su crecimiento.

Del gran número de flores que produce el cacao menos del 5% es fecundado y llega a dar fruto, lo que se debe a dos factores: primero, es muy frecuente que la planta sea auto incompatible y por lo tanto necesite de polen otro árbol de cacao para su fecundación: segundo, los mecanismos de polinización son muy poco eficientes, esto último depende de los agentes de transmisión del polen, la estructura de la flor y su biología (IICA 1987).

### **2.10.5. Mazorcas**

Los frutos son bayas conocidos como mazorcas, con tamaños que oscilan de 10 a 42 cm, de forma variable (oblonga, elíptica, ovada, abovada, esférica y oblata); de superficie lisa o rugosa, y de color rojo o verde al estado inmaduro, según los genotipos. El ápice puede ser agudo, obtuso, atenuado, redondeado, apezonado o dentado; la cáscara gruesa o delgada, y los surcos superficiales o profundos. El epicarpio y el endocarpio son carnosos estando separados por un mesocarpio fino y leñoso (USAID 2008).

### **2.10.6. Semillas**

Las semillas, llamadas almendras constituyen los cotiledones y son de tamaño variable, de 1.2 a 3 cm de longitud, cubiertas con un mucílago o pulpa de color blanco cremoso, de distintos sabores y aromas (floral, frutal, nueces), grados de acidez, dulzura y astringencia. Al interior están los cotiledones que pueden ser de color morado, violeta, rosado o blanco, según el genotipo (USAID 2008).

## **2.11. Propagación del cacao**

El cacao es una planta altamente alógama, favorecida por la estructura misma de la flor y por un sistema de incompatibilidad presente en las diferentes poblaciones. Por esta razón, es de esperar una gran variabilidad de caracteres en una población de árboles provenientes de semillas, esto se puede observar analizando los diferentes caracteres como rendimiento, tipos y colores de mazorcas, forma y tamaño de las hojas, resistencia a enfermedades y plagas, tamaño y color de las almendras, entre otros (Peña Monserrate 2003).

La alta variabilidad de caracteres en una población, confiere una ventaja para los trabajos de selección por cuanto el diferencial de selección es mayor, permitiendo aislar genotipos superiores y cambiar la frecuencia de ciertos genes mediante trabajos de selección e hibridación. Por lo tanto, por vía sexual no es posible perpetuar indefinidamente ningún individuo superior en caracteres cualitativos, ya que éste será, producto de la unión de gametos provenientes de progenitores diferentes. Al contrario, con la propagación vegetativa es posible conservar los genotipos superiores y utilizar los genes de éstos para transmitir los caracteres buscados en mejoramiento genético (Peña Monserrate 2003).

La propagación vegetativa es de beneficio para los programas de mejoramiento genético, ayuda a conservar en forma eficiente la pureza genética y permite obtener resultados en un

plazo más corto. En ningún individuo superior es posible fijar indefinidamente sus caracteres genéticos cuantitativos por medio de la reproducción sexual, por cuanto resulta difícil repetir la combinación de gametos que originan el genotipo de cada individuo. De allí que la propagación vegetativa da lugar a la formación de clones, siendo el único procedimiento que permite perennizar genotipos superiores; en este sentido, los procedimientos más conocidos en la propagación vegetativa del cacao son injertos, estacas, acodos y cultivo *in vitro* (Peña Monserrate 2003).

### **2.11.1. Propagación sexual**

Es el método en el cual se utiliza semilla sexual para la propagación del cacao. Cuando el cultivo se va a propagar por semilla es necesario conocer el biotipo y las principales características de las plantas productoras de semillas para que reciban un adecuado tratamiento, con la finalidad que estas puedan crecer bien conformadas, uniformes y con alta producción (Paredes Arce 2003).

### **2.11.2. Propagación asexual**

Este tipo de propagación es por medio de partes vegetativas de la planta seleccionada. No implica un cambio en la constitución genética de la nueva planta ya que todas las características de la planta madre se reproducen en la nueva planta. Sin embargo, factores del clima, tipo de suelo, ataque de enfermedades, pueden modificar el fenotipo de la planta, flores o de los frutos, sin que se haya dado un cambio genético (Paredes Arce 2003).

#### **2.11.2.1. Injertos en cacao**

El injerto es el método más generalizado de reproducción vegetativa del cacao, se recurre a esta práctica cuando se desea reproducir fielmente las características de los árboles que se han seleccionado, evitando así la variación sobre todo en el comportamiento productivo, que normalmente ocurre con la propagación por semillas. Los injertos en cacao son una técnica de propagación vegetativa o asexual, que consiste en unir una rama o parte de ella (vareta) a un portainjerto reproducido por semilla. Los nuevos tejidos provenientes de la división celular de ambos, quedan unidos y pueden transportar sin impedimento agua y nutrientes para la nueva planta a través de esta unión (CENTA s.f.).

Esta técnica favorece la conservación de árboles precoces de alta fructificación, tolerantes a plagas y otras cualidades agronómicas que los hacen valiosos para la producción, siendo considerada una técnica para propagar árboles mejorados genéticamente (FHIA 2005).

Según CENTA (s.f.), las partes de un injerto son las siguientes:

- Portainjerto: es un plantín originado por semilla, sano y vigoroso, generalmente de 4 a 5 meses de edad, listo para recibir una vareta, con un diámetro similar.
- Varetas: son ramas plagiotrópicas, se caracterizan por la conformación de hojas alternas tipo palma sin canastilla, las más adecuadas son las terminales, de brotes recientes, se colectan de preferencia de ramas con brotes activos, deben tener 30 cm de largo y un diámetro aproximado de 1 cm o más, y que provenga de árboles seleccionados que se desean multiplicar (CENTA s.f.).

## **2.12. Recursos genéticos del cacao**

La diversidad genética del cacao comprende el conjunto de poblaciones silvestres y domesticadas, con distinto origen genético y grado evolutivo, que ocupan un nicho ecológico específico y que, teniendo características semejantes y distintivas, se muestran variables o diferentes (USAID 2008).

### **2.12.1. Cacao criollo**

Es el cacao genuino y fue bautizado así por los españoles al llegar a México. Es un cacao reconocido como de gran calidad, de escaso contenido en tanino, reservado para la fabricación de los chocolates más finos. El grupo de los criollos fue originalmente cultivado por los Mayas en América Central y representa el primer grupo de cacao domesticado del mundo. Tienen mazorcas cilíndricas con diez surcos profundos simples o en cinco pares, cáscara (pericarpio) verrugoso, delgada o gruesa con una ligera capa lignificada en el centro del pericarpio con o sin depresión en el cuello, puntas agudas en cinco ángulos, rectas o recurvadas.

Los árboles son más bajos y menos robustos que otros ecotipos, copa redonda, hojas pequeñas ovaladas, de color verde claro muy gruesas, sus semillas son dulces y de color blanco a violeta, fermenta rápidamente y posee un excelente sabor, pero los árboles son muy susceptibles a las enfermedades. De este ecotipo se produce el cacao fino o de mejor calidad. Actualmente no existe cacao criollo puro, sino lo que se llaman tipos acriollados debido a que han tenido varios cruces con otras razas o ecotipos (ANACAFE 2004).

### **2.12.2. Cacao forastero**

Paredes Arce (2003), menciona que se ha caracterizado a los cacaos forasteros por tener mazorcas ovoides, amelonadas, con diez surcos superficiales o profundos, cáscaras lisas o ligeramente verrugosas, delgadas o gruesas con una capa lignificada en el centro del pericarpio y los dos extremos redondos, a veces con un pequeño cuello de botella en la base. Los árboles son más vigorosos, follaje más grande e intenso y más tolerantes a enfermedades que los criollos.

### **2.12.3. Cacao trinitario**

Constituyen las poblaciones híbridas de cruzamientos espontáneos de criollos y forasteros, tienen características de mazorcas y semillas casi similares o en la mayor parte intermedias a los dos grupos que le dieron origen. Tiene las características del criollo con una mayor frecuencia de mazorcas verdes. Este grupo se usa como material de injerto para multiplicarlo sin perder sus características, los mejores cruces combinan el sabor del cacao criollo con la rusticidad del forastero, produciendo cacao de mucha demanda por su aplicación en los chocolates de alto grado de “sabor” (Paredes Arce 2003).

## **2.13. Diversidad genética del cacao**

La diversidad genética del cacao juega un rol muy importante para:

- a) La conservación del germoplasma nativo y mejorado.
- b) La utilización del germoplasma promisorio con fines de propagación clonal.
- c) Como fuente de genes para los programas de mejora genética.
- d) Una mejor comprensión de relaciones de similitud o disimilitud taxonómica.
- e) La elaboración de mapas genéticos.
- f) El aislamiento, clonación, secuenciación de genes (USAID 2008).

Los recursos genéticos vegetales representan la materia viviente que puede propagarse sexual o asexualmente, tienen un valor actual o potencial para la alimentación, agricultura o forestería, y pueden ser cultivares primitivos (razas locales), cultivares obsoletos, cultivares modernos, poblaciones en proceso de mejora genética, poblaciones silvestres y especies relacionadas (USAID 2008).

En el caso del cacao, estos recursos genéticos se conservan en bancos de germoplasma, los cuáles pueden ser colecciones base (CATIE-Costa Rica y Cocoa Research Center-Trinidad),

cuyas instalaciones poseen un elevado número y diversidad de accesiones o colecciones activas, con menor número y diversidad de accesiones (USAID 2008).

#### **2.14. Análisis bromatológico**

El análisis bromatológico determina la calidad de los alimentos por los componentes nutricionales que forman parte de la dieta alimenticia tales como: humedad total, grasa cruda (extracto etéreo), proteína, fibra, carbohidratos y cenizas (Alvarado Martínez 2017).

El grano de cacao es muy rico en grasas, siendo el componente cuantitativo y cualitativo más importante de la semilla. La grasa es el producto derivado del cacao de mayor valor económico (Sánchez *et al.* 2016). Son fuente de energía y ayudan a regular la temperatura corporal, a envolver y proteger órganos vitales como el corazón y los riñones, y a transportar las vitaminas liposolubles (A, D, E, K) facilitando así su absorción. La grasa resulta imprescindible para la formación de determinadas hormonas y suministra ácidos grasos esenciales que el organismo no puede sintetizar y que ha de obtener necesariamente de la alimentación diaria. A pesar de ello, conviene controlar la ingesta de alimentos ricos en grasa puesto que el cuerpo almacena la que no necesita, lo que ocasiona incrementos de peso indeseados y subidas de los niveles de colesterol y triglicéridos en la sangre (Salud y buenos alimentos 2014).

La fibra ayuda a que se den en el organismo las condiciones favorables para la eliminación de determinadas sustancias nocivas como colesterol o ciertas sales biliares, y colabora en la disminución de glucosa y ácidos grasos en la sangre. Por este motivo, los alimentos ricos en fibra se antojan indispensables en una dieta excesivamente rica en carbohidratos, proteínas o grasas. Colabora además en la eliminación de agentes cancerígenos (Salud y buenos alimentos 2014). Su consumo se ha relacionado con una menor incidencia de varios tipos de cáncer, enfermedades coronarias, diabetes y problemas digestivos. La fibra posee propiedades muy importantes como la absorción del agua, elimina el estreñimiento, acelera el tránsito intestinal, permite eliminar el colesterol y ciertas sales biliares, disminuyen la cantidad de glucosa y de ácidos grasos en la sangre (Baena y García 2012).

La ceniza sirve para conocer la calidad de ciertos alimentos; por ejemplo, el grado de refinamiento de la harina, las adulteraciones en jugos y bebidas y para diferenciar entre un vinagre sintético y un vinagre de frutas. La ceniza de un alimento es un término analítico que sirve para referirse al residuo inorgánico que queda después de calcinar la materia orgánica.

Representa el contenido mineral del alimento, es decir el conjunto de nutrientes elementales que están presentes en la muestra (Alvarado Martínez 2017).

El calcio contribuye al fortalecimiento de huesos, dientes y encías, y favorece la adecuada coagulación de la sangre, previniendo enfermedades cardiovasculares, ya que el calcio ayuda a disminuir los niveles de colesterol en sangre. Ayuda también en la regularidad de la frecuencia cardíaca y en la transmisión de impulsos nerviosos, contribuyendo a reducir la tensión arterial en personas con hipertensión. El calcio, además mantiene la permeabilidad de las membranas celulares, e interviene en el proceso de la actividad neuromuscular, entre otras funciones (Salud y buenos alimentos 2014).



### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Localización

La investigación se realizó entre octubre 2017 y octubre 2018, en el municipio de San Pedro Nonualco (Figura 1) y San Luis Talpa, en el departamento de La Paz (Figura 2), en la Universidad de El Salvador, municipio de San Salvador, departamento de San Salvador (Figura 3), y en el municipio de Tenancingo, departamento de Cuscatlán (Figura 4), todos en El Salvador.

El banco de germoplasma se estableció en el caserío El Volcancito, cantón El Roble, municipio de San Pedro Nonualco, departamento de La Paz, con coordenadas geográficas 13°36'11.2" N y 89°55'44.9" O, con una altitud de 520 metros sobre el nivel del mar.

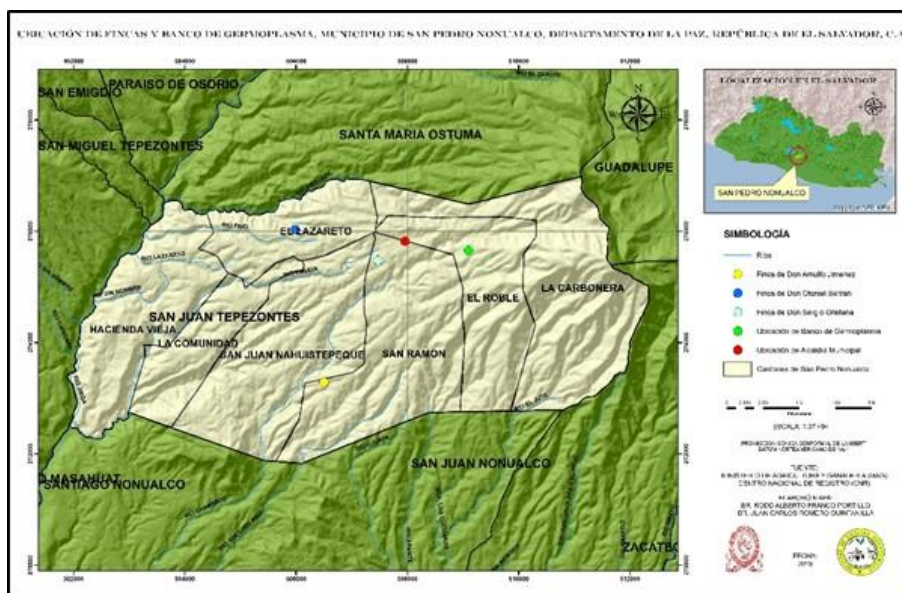


Figura 1. Ubicación de fincas de productores de cacao en el municipio de San Pedro Nonualco.

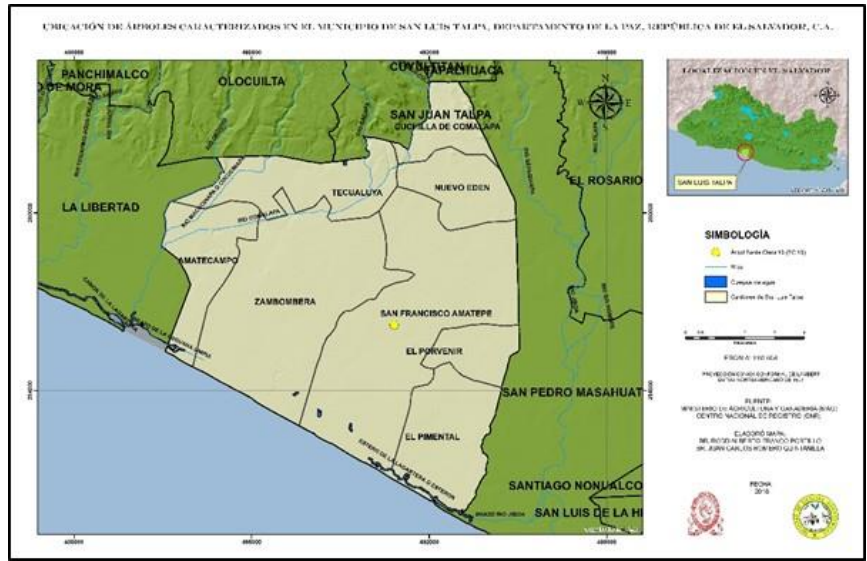


Figura 2. Ubicación de un árbol de cacao en el municipio de San Luis Talpa.

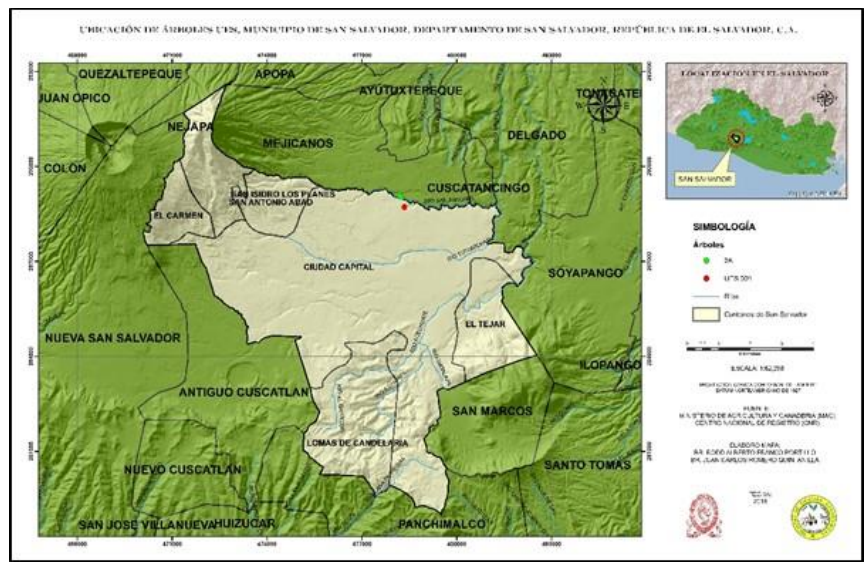


Figura 3. Ubicación de árboles de cacao en el municipio de San Salvador.

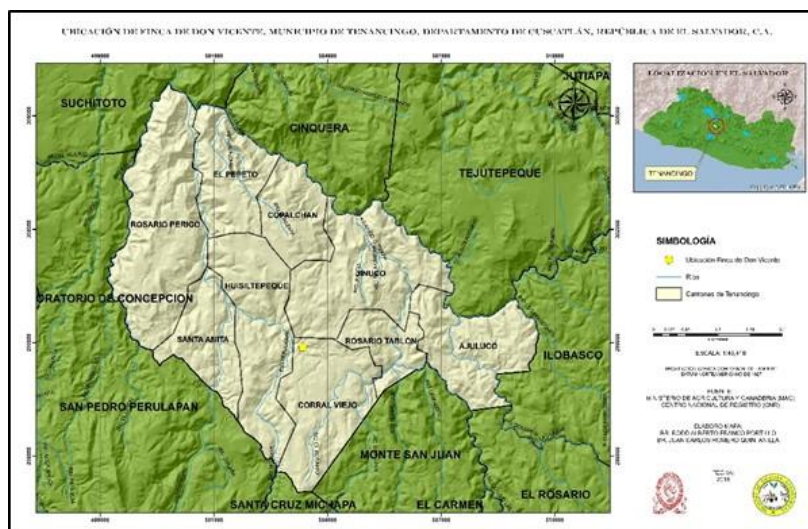


Figura 4. Ubicación de finca de cacao en el municipio de Tenancingo.

### 3.1.1. Caracterización climática

De acuerdo a las características climáticas que se citan en el cuadro 2, la temperatura promedio anual donde está ubicado el banco de germoplasma es de 23.70° C, registrando la temperatura más alta (mayor a 33° C) entre los meses de marzo y abril, las temperaturas mínimas (menor de 20° C) se reportan entre noviembre y febrero. La humedad relativa media del aire es del 72% y las precipitaciones acumuladas de 1,778.82 mm al año (MARN 2017).

Cuadro 2. Condiciones climatológicas de los municipios donde se encuentran los árboles de cacao caracterizados.

Municipio	Precipitación (mm)	Temperatura promedio (° C)	Humedad relativa (%)
Tenancingo	1818.35	24.43	71.33
San Luis Talpa	1824.89	23.92	71.46
San Salvador	1819.90	23.67	71.90
San Pedro	1778.82	23.70	71.91

Fuente: MARN (2017).

### 3.2. Metodología de campo

Se inició con visitas de campo y giras de colecta en los municipios de San Pedro Nonualco, La Paz, Tenancingo y San Salvador para identificar las zonas donde se encontraba germoplasma de cacao criollo y con características sobresalientes como: número de mazorcas por árbol, resistencia a plagas y enfermedades y número de semillas por mazorca. Una vez identificadas las fincas, se convocó a sus propietarios a una reunión en la propiedad de don

Sergio Orellana, para exponerles el propósito de la investigación y que permitieran colectar las muestras de cacao necesarias para la investigación.

En esa reunión se acordó realizar visitas a las fincas cada 15 o 21 días, para seleccionar los árboles que se caracterizaron morfo agronómicamente y su respectiva clonación para ubicarlos en el banco de germoplasma establecido en el municipio, identificando cada árbol con un número o código y colectando datos *in situ* de las características cualitativas y cuantitativas del árbol.

De cada árbol se seleccionaron dos mazorcas maduras, los cuales fueron llevados al laboratorio de Química Agrícola (LQA) de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador (UES), donde se realizaron análisis bromatológico a las semillas y tomando datos de las características de la mazorca y de las semillas, según descriptores. En cada visita de campo se caracterizaban de 2 a 5 árboles, teniendo en cuenta que las características de la mazorca no debían registrarse más de 1 o 2 días después de haber sido cortados para variables como la resistencia de la cáscara en mazorca maduro, peso de la mazorca y el peso de las semillas.

### 3.2.1. Caracterización morfoagronómica de las plantas de cacao

Para la caracterización morfoagronómica del cacao se utilizaron descriptores morfológicos y agronómicos cuyas características o variables se asemejan a las características reflejadas o expresadas en el material seleccionado (Figura 5). De los cuales se elaboró una guía adaptada para la descripción adecuada de las características de los cacaos seleccionados en la investigación (Cuadro A 1). Estos descriptores se citan en el cuadro 3.

Cuadro 3. Descriptores morfológicos y agronómicos utilizados en la investigación

Descriptor	Abreviatura	Cita bibliográfica
Catálogo gráfico de descriptores varietales de cacao ( <i>Theobroma cacao</i> L.) del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias de México (INIFAP)	CCINIFAP	Avendaño Arrazate <i>et al</i> , 2014
Catálogo de cultivares del cacao de Perú	CCCP	García Carrión 2010
Manual práctico para la caracterización morfológica de cacao de Venezuela	MCCV	Jiménez <i>et al</i> , 1980



Figura 5. Descriptores utilizados para la caracterización morfoagronómica de las plantas de cacao.

### 3.2.2. Georreferenciación de los árboles de cacao

Con un GPS (Sistema de Posicionamiento Global) marca GARMIN, modelo GPSMAP 60 CSx, con precisión de 6 m, configurado con los datos “Datum WGS 84” y sistema de coordenadas geográficas, se georreferenció cada uno de los árboles de cacao con sus respectivas coordenadas geográficas, y se ubicó según la altura en metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m.), esto se realizó colocando el GPS al lado de la base del tronco del árbol de cacao (Cuadro 4).

Cuadro 4. Codificación y ubicación de los árboles de cacao caracterizados.

Municipio	N° de árbol	Abreviatura	Latitud	Longitud	Altura (m.s.n.m.)
San Pedro Nonualco	1	SPN 1	13°36'16.43"	88°56'40.84"	562
San Pedro Nonualco	2	SPN 2	13°36'16.36"	88°56'41.01"	562
San Pedro Nonualco	3	SPN 3	13°36'16.10"	88°56'41.00"	559
San Pedro Nonualco	4	SPN 4	13°34'47.90"	88°56'23.50"	510
San Pedro Nonualco	5	SPN 5	13°34'47.60"	88°56'23.70"	502
San Pedro Nonualco	9	SPN 9	13°36'16.20"	88°56'40.80"	504
San Pedro Nonualco	10	SPN 10	13°36'15.80"	88°56'41.60"	558
San Pedro Nonualco	11	SPN 11	13°36'16.60"	88°56'41.90"	564
San Pedro Nonualco	12	SPN 12	13°36'16.50"	88°56'41.80"	568
San Luis Talpa	13	SC 13	13°25'31.32"	89°05'05.29"	19
San Pedro Nonualco	14	SPN 14	13°34'47.28"	88°56'23.79"	496
San Pedro Nonualco	15	SPN 15	13°36'16.38"	88°56'41.52"	560
San Pedro Nonualco	16	SPN 16	13°36'16.40"	88°56'41.41"	560
Tenancingo	17	TN 17	13°48'39.81"	88°58'80.38"	500
Tenancingo	18	TN 18	13°48'40.10"	88°58'80.40"	497
Tenancingo	19	TN 19	13°48'39.80"	88°58'80.50"	498
Tenancingo	20	TN 20	13°48'40.10"	88°58'80.60"	499
Tenancingo	21	TN 21	13°48'39.90"	88°58'80.90"	500
Tenancingo	22	TN 22	13°48'39.90"	88°58'80.80"	497
Tenancingo	23	TN 23	13°48'39.90"	88°58'90.00"	498

Tenancingo	32	TN 32	13°48'41.05"	88°58'80.30"	513
Tenancingo	35	TN 35	13°48'38.60"	88°58'80.70"	504
Tenancingo	36	TN 36	13°48'38.40"	88°58'80.80"	503
Tenancingo	37	TN 37	13°48'42.38"	88°58'07.07"	512
Tenancingo	38	TN 38	13°48'42.18"	88°58'06.92"	512
Tenancingo	39	TN 39	13°48'42.00"	88°58'06.81"	513
San Pedro Nonualco	47	SPN 47	13°36'15.80"	88°56'41.30"	562
San Pedro Nonualco	45 SV	45 SV	13°35'58.30"	88°55'51.50"	622
San Pedro Nonualco	48 SV	48 SV	13°35'59.40"	88°55'52.30"	628
San Pedro Nonualco	49 SV	49 SV	13°35'59.90"	88°55'52.00"	631
San Pedro Nonualco	50 SV	50 SV	13°36'10.10"	88°55'52.10"	642
San Pedro Nonualco	209	SPN 209	13°36'16.15"	88°56'42.09"	559
San Pedro Nonualco	210	SPN 210	13°36'15.81"	88°56'42.07"	559
San Pedro Nonualco	211	SPN 211	13°36'16.40"	88°56'42.60"	565
San Salvador	1	UES 001	13°43'80.80"	89°12'00.80"	699
San Salvador	2a	UES 2A	13°43'19.50"	89°12'40.70"	695

### 3.2.3. Establecimiento del banco de germoplasma

#### 3.2.3.1. Proceso de clonación

Para establecer el banco de germoplasma de cacao se seleccionaron árboles que presentaban características de material criollo y alta productividad, para su caracterización morfoagronómica y clonación, propagándolos por medio del injerto de enchape lateral.

Una vez seleccionados los árboles, se colectaron varetas de aproximadamente 20 - 30 cm de largo, tomando en cuenta el número de yemas activas de las varetas, las cuales deben ser entre tres a siete yemas, se colectaban de 10 a 15 varetas por árbol, las cuales se injertaron en plantas de cacao o porta injertos previamente desarrollados en los viveros de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador (UES) en San Salvador, con coordenadas geográficas 13°07'89" N y 89°12'01.41" O, y en la Estación Experimental y de Prácticas de la Facultad de Ciencias Agronómicas (EEP) de la UES, ubicada en el municipio de San Luis Talpa en el departamento de La Paz, con coordenadas geográficas 13°28'3" N y 89°05'47" O (Figura 6).

Las varetas se protegían con papel periódico, el cual se identificaba y se humedecían para ser guardadas en una bolsa plástica de 5 libras, éstas se guardaban en una hielera para disminuir la oxidación de las varetas y para su transporte, las cuales se injertaban en la misma tarde para evitar la disminución en el porcentaje de prendimiento; una técnica utilizada para aumentar el porcentaje de prendimiento era cubrir la vareta injertada con una bolsa plástica.



Figura 6. Injertación en cacao por el método de enchape lateral.

Se injertaba el mismo día de la colecta de las varetas o en la mañana del día siguiente. Se revisaban los injertos a los 15 días para verificar si existía prendimiento de la vareta, si la vareta presentaba respuesta positiva se dejaban de siete a 10 días más para retirarles la bolsa plástica y 15 días más para retirarles el plástico con el que era cubierto el injerto, esto si el injerto presentaba éxito en el prendimiento y desarrollo. Los injertos realizados con éxito se mantenían por dos meses más en el vivero, para luego ser transportados y establecidos en el banco de germoplasma en San Pedro Nonualco.

En el caso de que no existía pegue del injerto, se les retiraba el plástico y se dejaba el portainjerto para ser utilizado en una posterior injertación. Además, se colectó material genético de cada clon para establecerlos en el banco de germoplasma de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la UES, en la Estación Experimental y de Prácticas de la Facultad de Ciencias Agronómicas (EEP) de la UES y en la cooperativa hacienda Santa Clara, ubicada en el cantón Tecualuya, municipio de San Luis Talpa, departamento de La Paz.

### **3.2.3.2. Preparación del terreno**

Para establecer el banco de germoplasma de cacao primero se limpió el terreno, eliminando malezas, luego se procedió a diseñar la siembra realizando los trazos y el estaquillado, midiendo con cintas métricas, el distanciamiento de siembra es de 3 m x 3 m, al tres bolillo (Figura 7).



Figura 7. Trazo y estaquillado de la parcela para establecer el banco de germoplasma de cacao.

### 3.2.3.3. Siembra de los árboles de cacao

Una vez se diseñó las posturas de siembra se procedió al ahoyado, el tamaño del hoyo fue de 40 cm x 40 cm, colocando al fondo de cada uno 10 libras de bovinaza. La siembra de los árboles de cacao se realizó cada 15 ó 30 días, dependiendo de la disponibilidad de plantas de cacao injertadas en los viveros. Se establecieron 1 a 2 ejemplares de los cacaos injertados.

El terreno se dividió en dos áreas: un área consta de 12 surcos de plantas de cacao establecidos en dirección norte-sur divididos entre el surco seis y siete por cinco surcos de café; mientras que la otra área consta de cinco surcos establecidos en dirección este-oeste. El número de plantas de cacao varió de acuerdo a la longitud de la hilera de posturas, mínimo siete y máximo 14 plantas.

En el banco de germoplasma de San Pedro Nonualco además de los clones caracterizados en la investigación se establecieron clones colectados en diferentes localidades del país y algunos árboles por semilla, de germoplasma considerado genéticamente con mayor pureza como son los de almendra blanca, en el supuesto que la segregación genética es menor y se mantienen algunas características como el rendimiento de cosecha (Figura 8). Esto con el fin de evaluar su desarrollo y adaptabilidad en las condiciones climáticas que ofrece el lugar. También para rescatar y conservar el material para futuras propagaciones, multiplicaciones masivas o para realizarles una caracterización molecular.





Figura 8. Siembra de plantas de cacao injertadas en el banco de germoplasma.

### 3.3. Caracterización de las plantas de cacao

Se caracterizaron *in situ* 36 árboles de cacao encontrados en distintas zonas del país: 20 árboles en San Pedro Nonualco (SPN), uno en la cooperativa Santa Clara, San Luis Talpa, La Paz (SC); 13 en el municipio de Tenancingo, Cuscatlán (TN) y dos en la Universidad de El Salvador, San Salvador. De los 20 árboles caracterizados en San Pedro Nonualco, cuatro árboles de cacao fueron seleccionados e identificados previamente por el CENTA para realizarles una caracterización molecular, por lo que se les dejó su código original “SV”.

Se colectaron dos mazorcas por cada árbol de cacao, los cuales eran depositados en bolsas plásticas de cinco libras y colocados en una hielera en la que se trasladaron al LQA de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la UES, donde se caracterizó cada muestra y posteriormente se procedió a realizar el análisis bromatológico de las semillas.

También se colectaron 10 hojas maduras y en buen estado, como muestras, las cuales se envolvieron en papel periódico húmedo, se pusieron en bolsas plásticas de cinco libras y se depositaron en una hielera en la que se trasladaron al LQA de la UES, para anotar sus características según los descriptores. De flores se tomaron cinco muestras, las cuales se colocaron en bolsas plásticas de una libra, depositándolas en una hielera en la que se trasladaron al laboratorio de Protección Vegetal (LPV) de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la UES, para caracterizarlas con ayuda de un Microscopio Óptico Compuesto marca Leitz Labortex D y un Estereoscopio marca Wild Heerbrugg (Figura 9).

Para estas actividades se utilizaron herramientas y materiales como: descriptores de árbol, hojas, mazorcas, flores y semillas; pie de rey, cinta métrica y diamétrica, tijera, machete,

franela, cajas petri, pinzas, papel milimetrado, tirro, bolígrafos, papel bond, cuaderno de apuntes y cámara digital.



Figura 9. Caracterización de hojas y flores de cacao en laboratorios de la Facultad de Ciencias Agronómicas.

### 3.3.1. Variables cualitativas

#### 3.3.1.1. Árbol de cacao

De los árboles se evaluó: arquitectura y forma de ramificación, comparándolos con el descriptor MCCV (Jiménez *et al*, 1980) (Figura A 1 al A 2).

Arquitectura del árbol. Se observó desde una distancia prudente la posición y el ángulo que se forma entre el tallo y las ramas principales o entre éstas, luego se comparó con el descriptor del árbol, determinando la clasificación siguiente: 1 = Erecto ( $< 90^\circ$ ), 2 = Intermedio ( $91^\circ - 135^\circ$ ), 3 = Decumbente ( $> 136^\circ$ ) (Figura 10a).

Forma de ramificación. Se determinó mediante la formación de ramas y la presencia o no de verticilos, pueden ser: simple, intermedia o verticilada (Figura 10b).



Figura 10. a) Arquitectura del árbol de cacao, b) formación de ramificación del árbol de cacao.

### 3.3.1.2. Hojas

En el LQA se anotaban las siguientes características: forma de la base y del ápice de la hoja, textura e intensidad de la pigmentación en la hoja, las cuales se compararon con el descriptor del MCCV (Jiménez *et al*, 1980) y del CCINIFAP (Avenidaño Arrazate *et al*, 2014) (Figura A 4, al A 7).

Forma de la base de la hoja. Cada hoja se clasificó según el ángulo interno que conforma el margen de la hoja con la nervadura central, según el descriptor y se clasificó en: 1 = aguda, 2 = obtusa, 3 = redondeada, 4 = cordiforme (Figura 11a).

Forma del ápice de la hoja. Observando la punta o ápice de la hoja según el descriptor correspondiente, se clasificó en: 1 = acuminado, 2 = apiculado, 3 = agudo (Figura 11b).

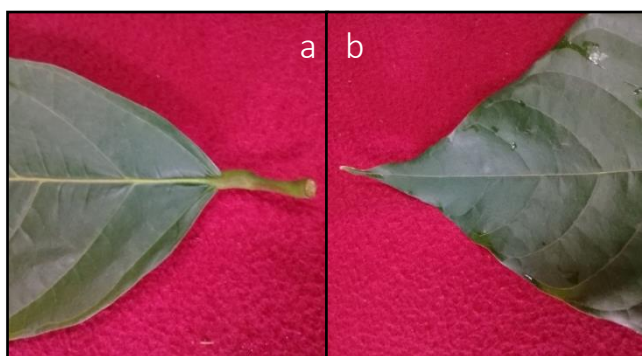


Figura 11. a) Forma de la base de la hoja, b) forma del ápice de la hoja.

Textura de la hoja. Se tomó una hoja desarrollada arrugándose; si esta vuelve a su forma original se clasifica como: 1 = cartácea; si se resquebraja y si no recupera su forma se clasifica como: 2 = coriácea.

Intensidad de la pigmentación del color verde en la hoja. Se tomó la hoja desarrollada y madura, se observó la intensidad del color, determinando si era: 1 = claro. 2 = medio. 3 = oscuro.

### 3.3.1.3. Hoja joven

Esta característica se tomó *in situ*, las cuales fueron color de la hoja joven y pubescencia de los brotes terminales, las cuales se compararon con el descriptor del MCCV (Jiménez *et al*, 1980) (Figura A 8 al A 9).

Color de la hoja joven. Se buscaron hojas jóvenes en el árbol, las cuales son fáciles de reconocer ya que su color difiere del resto de las hojas, esto gracias a la presencia o ausencia de la Antocianina, la cual se refiere a la presencia o ausencia de un color violeta o rojizo en distintas variaciones o intensidades, determinando si eran: 1 = verde claro (Figura 12a), 2 = verde medio (Figura 12b), 3 = marrón (Figura 12c), 4 = rojo claro (Figura 12d), 5 = rojo medio (Figura 12e), 6 = rojo oscuro (Figura 12f).

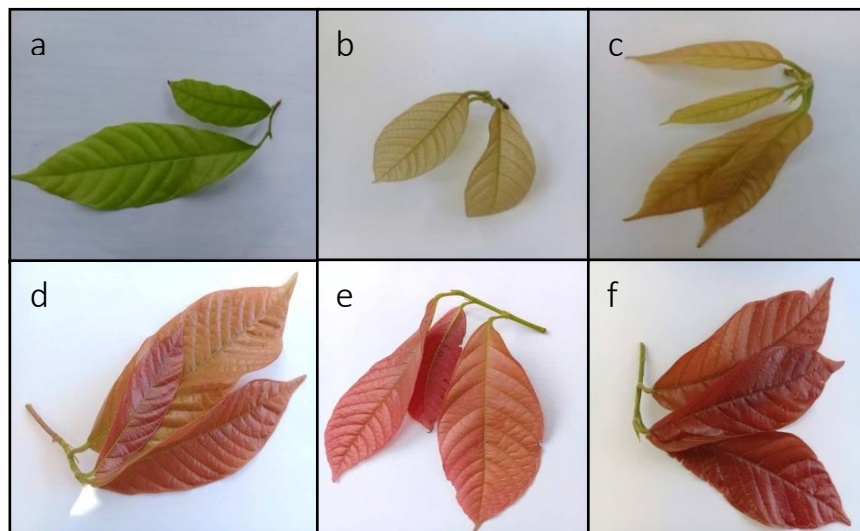


Figura 12. a) Coloración verde claro en hoja joven de cacao, b) coloración verde medio en hoja joven, c) coloración marrón en hoja joven, d) coloración rojo claro en hoja joven, e) coloración rojo medio en hoja joven, f) coloración rojo oscuro en hoja joven.

Pubescencia de brotes terminales. Se determinó *in situ* observando la presencia o ausencia de Tricomas (vellosidad o pelos) en las hojas y peciolo de estas, se clasificaron en: 0 = ausente, 1 = incipiente, 2 = intermedia, 3 = intensa.

#### 3.3.1.4. Flores

Se colectaron 10 flores de cada árbol, de las cuales se ocuparon cinco en el laboratorio. Se separó cada parte de la flor y cada una se comparó con los descriptores de flor del MCCV (Jiménez *et al*, 1980), del CCINIFAP (Avendaño Arrazate *et al*, 2014) y del CCCP (García Carrión 2010), (Figura A 10, A 13 al A 15) determinando lo siguiente:

Pigmentación antociánica del pedicelo. Se colocó la flor sobre papel milimetrado y se observó el color del pedicelo con un estereoscopio, clasificando la pigmentación en: 1 = ausente o débil, 2 = moderada, 3 = fuerte (Figura 13a).

Pigmentación antociánica del sépalo. Se colocó el sépalo sobre papel milimetrado y se observó el color con un estereoscopio, clasificando la pigmentación en: 1 = ausente, 2 = débil, 3 = moderada, 4 = fuerte.

Color de lígula. Se colocó la lígula sobre papel milimetrado, observando su color con un estereoscopio, clasificándolo en: 1 = crema, 2 = amarillo crema, 3 = amarillo (Figura 13b).

Pigmentación antociánica del estaminodio. Se colocó la flor sobre papel milimetrado, observando el color del estaminodio con un estereoscopio, clasificándolo en: 1 = ausente, 2 = débil, 3 = moderada, 4 = fuerte (Figura 13c).

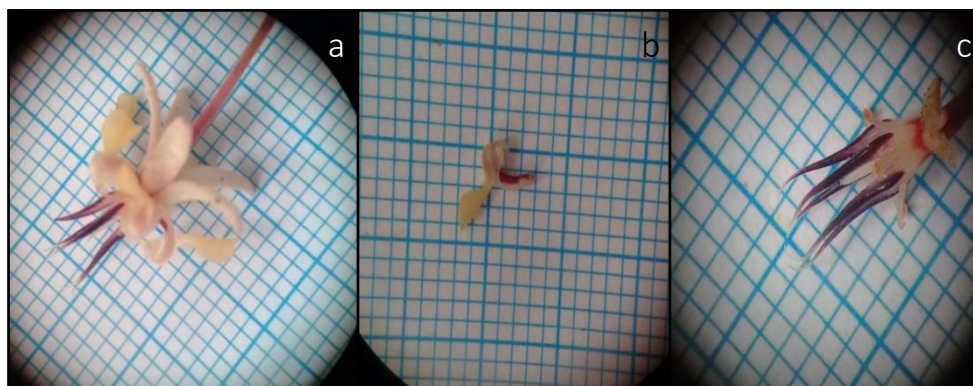


Figura 13. a) Pigmentación antociánica en pedicelo de flor de cacao, b) color de lígula en flor de cacao, c) pigmentación antociánica del estaminodio de una flor de cacao.

Ovario color externo. Se colocó el ovario sobre papel milimetrado, observando su color con un estereoscopio y clasificándolo según la Tabla Musell para colores de tejidos vegetales (Wilde s.f.).

#### **3.3.1.5. Mazorcas**

Se observó y se comparó cada mazorca madura con los descriptores para mazorcas utilizando el MCCV (Jiménez *et al*, 1980) y del CCINIFAP (Avenidaño Arrazate *et al*, 2014) (Figura A 19 al A 21, A 25), caracterizando las siguientes variables:

Forma de la mazorca. Se determinó observando las mazorcas y comparándolos con los descriptores, clasificándolos en: 1 = ovado, 2 = circular, 3 = elíptica, 4 = oblonga, 5 = obovado.

Color de la mazorca. Se utilizaron mazorcas maduras, observando y comparando con los colores de los descriptores, se clasificaron en: 1 = amarillo verde, 2 = amarillo, 3 = anaranjado, 4 = rojo medio, 5 = rojo oscuro, 6 = púrpura.

Constricción basal. Se utilizaron mazorcas maduras, observando la base de las mazorcas y comparando con las figuras del descriptor, se clasificaron en: 1 = ausente, 2 = débil, 3 = moderado, 4 = fuerte (Figura 14a).

Forma del ápice. Se utilizaron mazorcas maduras, observando la parte apical de la mazorca y comparando con las figuras del descriptor, se clasificaron en: 1 = entallado, 2 = agudo, 3 = obtuso, 4 = redondeado (Figura 14b).

Superficie de la mazorca. Se utilizaron mazorcas maduras, observando la rugosidad en la superficie de la mazorca y comparando con las figuras del descriptor, se clasificaron en: 1 = lisa o ligeramente rugosa, 3 = moderadamente rugosa, 5 = muy rugosa (Figura 14c).

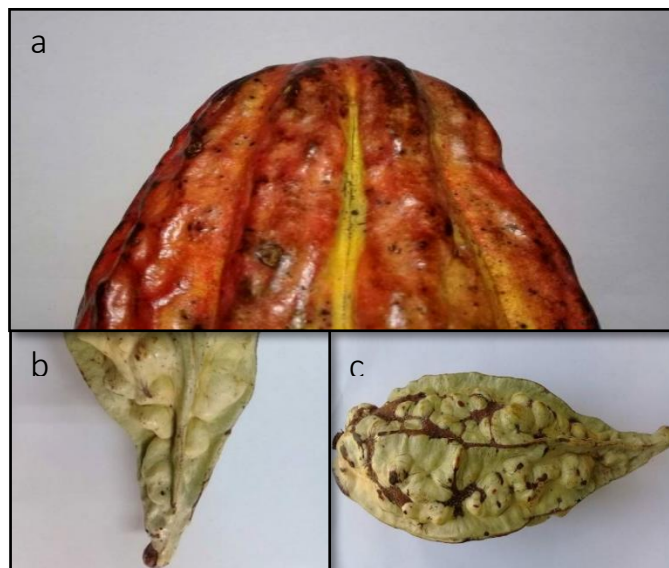


Figura 14. a) Constricción basal en mazorca de cacao, b) forma del ápice de la mazorca de cacao, c) superficie de la mazorca de cacao.

Resistencia de la cáscara en mazorca fisiológicamente maduro. Se utilizaron mazorcas maduras, se tomaron con la mano y se ejerció presión moderada sobre la superficie de este, logrando determinar la resistencia y clasificando en: 1 = débil, 3 = moderada, 5 = fuerte.

### 3.3.1.6. Pulpa y semilla

Una vez caracterizada la mazorca, se extrajo la semilla de la mazorca y se tomaron las características de color de la pulpa, forma de la semilla en sección longitudinal como en sección transversal, y la coloración del cotiledón utilizando los descriptores del MCCV (Jiménez *et al*, 1980) y del CCINIFAP (Avendaño Arrazate *et al*, 2014) (Figura A 27 al A 29, A 32).

Color de pulpa. Se tomó la mazorca y se extrajo con la mano la pulpa completa, observando el color y comparando con el descriptor, clasificándola en: 1 = blanco, 2 = crema claro, 3 = crema oscuro (Figura 15a).

Forma de la semilla (sección longitudinal). Una vez retirado el mucílago se observó la forma predominante como característica propia del árbol. Las formas son: 1 = oblonga, 2 = elíptica, 3 = ovada (Figura 15b).

Forma de la semilla (sección transversal) Una vez retirado el mucílago se observó la forma predominante como característica propia del árbol. Las formas son.: 1 = aplanada, 2 = intermedia, 3 = redondeada.

Descripción de la coloración del cotiledón. Se tomaron todas las semillas de la mazorca y se registró el número total de semillas. Posteriormente se seleccionó el color característico, siendo estos: 1 = blanco, 2 = crema, 3 = rosa, 4 = rojo oscuro, 5 = púrpura oscuro (Figura 15c).



Figura 15. a) Color de la pulpa de la mazorca de cacao, b) agrupación de semillas para clasificarlas según su forma (sección longitudinal), c) coloración del cotiledón de la mazorca de cacao.

### 3.3.2. Variables cuantitativas

#### 3.3.2.1. Árbol

Las variables número de chupones por árbol, diámetro a la altura del pecho (DAP), altura del árbol y número de mazorcas de cada árbol de cacao seleccionado, se compararon con el descriptor del MCCV (Jiménez *et al*, 1980) y el CCINIFAP (Avendaño Arrazate *et al*, 2014).

Número de chupones por árbol. Se observó si este tenía chupones en la base principal, y si existía presencia de chupones, se realizó el conteo para su registro (Figura 16a).

Diámetro a la altura del pecho (DAP). Medida tomada a la altura del pecho, midiendo con una cinta diamétrica (Figura 16b). Si el árbol cuenta con varios troncos a la altura del pecho, se toma el DAP de todos y se saca un promedio.



Altura del árbol. Se obtuvo por medio del “método de las unidades”, el cual se basa en el efecto visual y el uso de una medida de referencia (puede ser una persona o un objeto, lo importante es conocer su altura exacta). En este caso se utilizó un cortador de yemas con extensor cuya altura es de 3 m, este se colocó justo en la base del árbol mientras que se aleja suficientemente del objeto a medir hasta encajar visualmente un bolígrafo o lápiz (Figura 16c).



Figura 16. a) Chupones presentes en la base del tallo, b) medición del DAP, c) toma de altura del árbol por medio del método de las Unidades.

Número de mazorcas por árbol: Se hizo un conteo de todas las mazorcas que cada árbol tenía, tomando en cuenta mazorcas maduros e inmaduros.

### 3.3.2.2. Hojas

Las variables: largo de la hoja, ancho de la hoja y largo de la hoja desde la base hasta el punto más ancho, se compararon con el descriptor del MCCV (Jiménez *et al*, 1980) (Figura A 3).

Largo de la hoja. Se midieron 10 hojas maduras con una regla graduada en centímetros y midiendo desde el punto de inserción del peciolo hasta el ápice, luego se obtuvo un promedio (Figura 17a).

Ancho de la hoja. Se midieron 10 hojas maduras con una regla graduada en centímetros y midiendo el punto más ancho de la hoja, luego se obtuvo un promedio (Figura 17b).

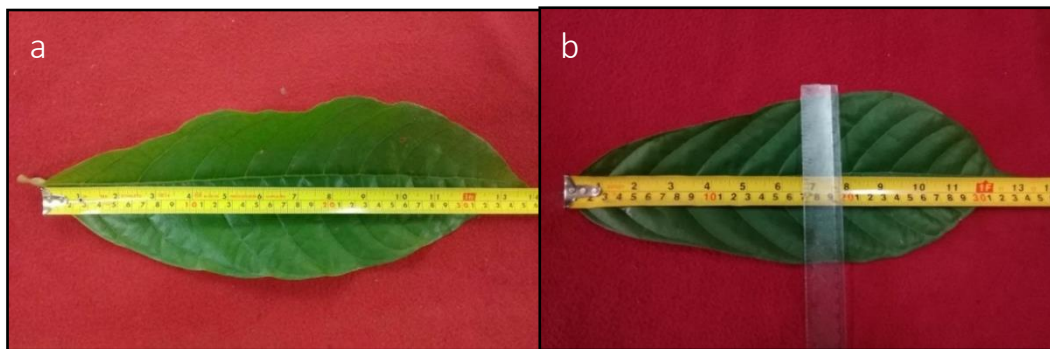


Figura 17. a) Medición del largo de la hoja, b) medición del ancho de la hoja.

Largo de la hoja desde la base hasta el punto más ancho: Se midieron 10 hojas maduras con una regla graduada en centímetros, midiendo desde el punto de inserción del peciolo hasta el punto más ancho de la hoja, luego se obtuvo un promedio.

### 3.3.2.3. Flores

En cuanto a las flores se midieron las variables número de flores por cojinete, número de cojinetes por metro lineal, longitud del sépalo, ancho del sépalo, largo del estaminodio, largo del estilo, largo y ancho en ovario, se compararon con el descriptor del MCCV (Jiménez *et al*, 1980) y del CCINIFAP (Avenidaño Arrazate *et al*, 2014) (Figura A 11 al A 12, A 16 al 18).

Número de flores por cojinete. Esta característica se tomó *in situ*, seleccionando cinco cojinetes florales del árbol a caracterizar, haciendo un conteo de las flores presentes en cada cojinete, luego se obtuvo promedio.

Número de cojinetes por metro lineal. Esta característica se tomó *in situ*, se midió un metro lineal en el tallo principal del árbol a caracterizar, haciendo el conteo de los cojinetes florales presentes en el área seleccionada.

Longitud del sépalo. Se cortaron cinco sépalos de cinco flores diferentes y se colocaron sobre papel milimetrado midiendo la longitud del sépalo con la ayuda de un estereoscopio para luego obtener su respectivo promedio (Figura 18a).

Ancho del sépalo. Se colocaron en papel milimetrado y utilizando un estereoscopio se logró obtener el ancho de cinco sépalos provenientes de cinco flores distintas para sacar su promedio.

Largo de estaminodio. Colocándose el estaminodio sobre papel milimetrado y con la ayuda de un estereoscopio se logró su medición (Figura 18b).

Largo del estilo. Se midió el largo del estilo colocándolos sobre papel milimetrado y con la ayuda de un estereoscopio para luego obtener su promedio

Mediciones en ovario: Se colocaron sobre papel milimetrado y con ayuda de un estereoscopio se midió el largo y el ancho del ovario, también se hizo un conteo de óvulos por ovario (Figura 18c).

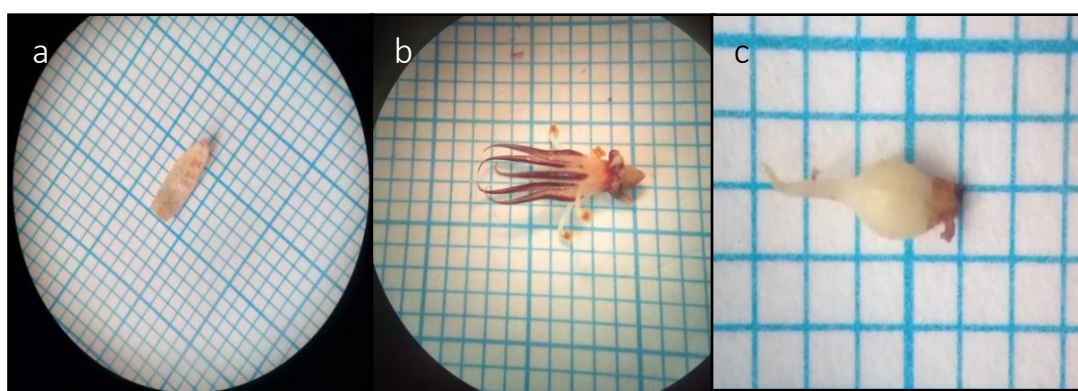


Figura 18. a) Medición de la longitud del sépalo en la flor de cacao, b) largo del estaminodio en la flor de cacao, c) medición del largo y ancho del ovario en la flor de cacao.

#### 3.3.2.4. Mazorcas

Las variables caracterizadas referente a las mazorcas fueron: largo de mazorca, diámetro de mazorca, peso de mazorca, profundidad de los surcos, espesor de caballete, peso de la cáscara y grosor de la cáscara, se compararon con los descriptores del MCCV (Jiménez *et al*, 1980) y del CCINIFAP (Avendaño Arrazate *et al*, 2014) (Figura A 23 al A 24, A 26).

Largo de mazorca. Con la ayuda de una regla graduada en centímetros se realizó la medición del largo (Figura 19a).

Diámetro de mazorca. El diámetro se tomó con la ayuda de un pie de rey (Figura 19b).

Peso de mazorca. Se obtuvo de dos mazorcas maduras los cuales se pesaron en una balanza semi analítica a fin de obtener su peso promedio en gramos (Figura 19c).

Peso de la cáscara. Una vez pesados las dos mazorcas se les realizó un corte transversal, retirando las semillas junto con el mucilago para obtener el peso de la cáscara en una balanza semi analítica, registrando el peso en gramos a fin de obtener su peso promedio en gramos.

Profundidad de los surcos. Se midieron dos mazorcas maduras con un pie de rey para medir profundidades (Figura 19d).

Espesor de caballete. Se midieron dos mazorcas maduras con un pie de rey, limpiando los restos de placenta del interior de la mazorca y midiendo desde el interior hasta el borde de la mazorca ubicada en los lomos o protuberancias de la misma (Figura 19e).

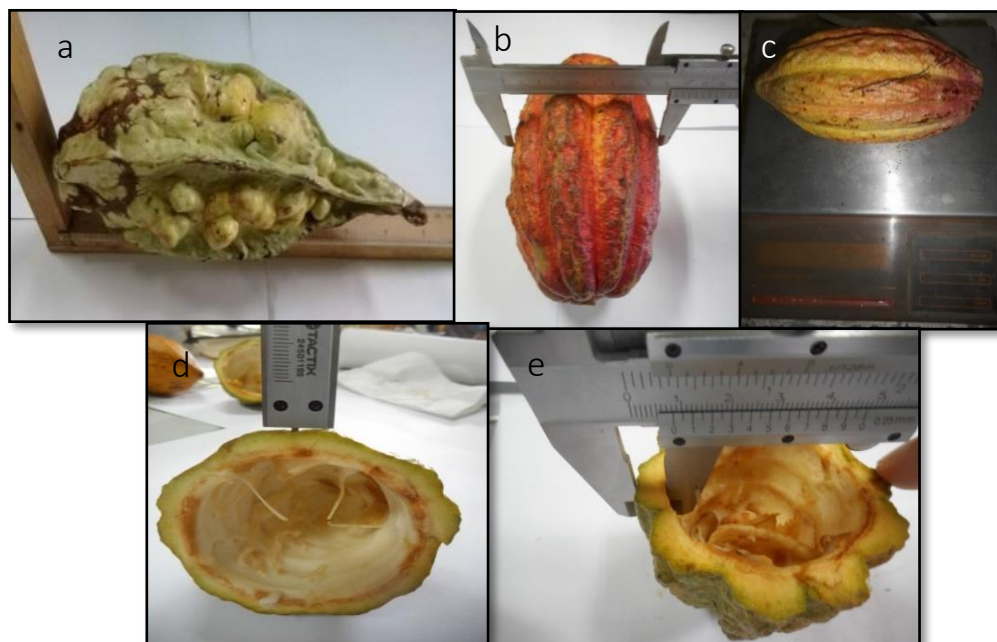


Figura 19. a) Medición del largo de mazorca, b) medición del diámetro de mazorca, c) lectura del peso de mazorca, d) medición de la profundidad del surco en la mazorca, e) medición del espesor de caballete en la mazorca.

Grosor de la cáscara. Se midieron dos mazorcas maduras con un pie de rey, limpiando los restos de placenta del interior de la mazorca y midiendo desde el interior hasta el surco ubicado al lado del borde dónde se midió el espesor de caballete.

Índice de mazorca. Es la cantidad de mazorcas necesarias para producir un kilogramo de cacao seco, y se calculó con la siguiente fórmula:

$$IM = \frac{1000}{\text{Cantidad de semillas por fruto} \times \text{peso de semilla seca}}$$

### 3.3.2.5. Pulpa y semilla

Peso de la semilla con placenta y mucilago. Se sacó la semilla de la mazorca procurando no dejar trozos de mucilago y placenta, se pesó en una balanza semi analítica (Figura 20a) (Figura A 30 al A 31).

Peso húmedo de la semilla. Se quitó la placenta y el mucilago a todas las semillas, a fin de pesarlas en la balanza semi analítica.

Número de semillas. Se contaron todas las semillas que contenía la mazorca de cacao.

Largo de la semilla. Se seleccionaron al azar cinco semillas de cada uno de las dos mazorcas y se midió el largo de la semilla con un pie de rey (Figura 20b).

Ancho de la semilla. Se seleccionaron al azar cinco semillas de cada uno de las dos mazorcas y se midió el ancho de la semilla con un pie de rey (Figura 20c).

Espesor de la semilla: Se seleccionaron al azar cinco semillas de cada uno de las dos mazorcas y se midió el espesor de la semilla con un pie de rey (Figura 20d).

Índice de semilla. Se utiliza para saber cuántas semillas de cacao se necesitan para formar 100 g de cacao seco. Este se calculó bajo la siguiente formula:

$$IS = \frac{100}{\text{Peso seco de semilla sin testa}}$$

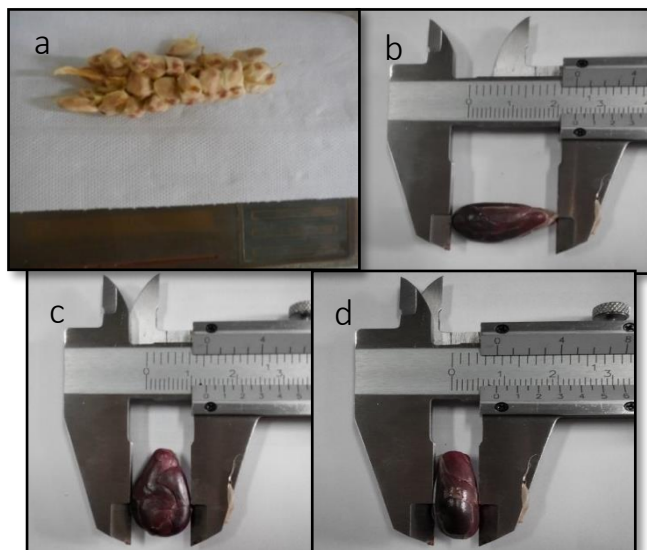


Figura 20. a) Lectura de peso de semilla, placenta y mucilago, b) medición del largo de semilla, c) medición del ancho de semilla, d) medición del espesor de semilla.

### 3.4. Metodología de laboratorio

#### 3.4.1. Análisis bromatológico

Las muestras de las semillas colectadas en campo de los 36 árboles seleccionados, fueron llevadas al LQA de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la UES, para determinar el contenido de: humedad parcial, humedad total, materia seca, grasa, proteína, fibra cruda, carbohidratos, ceniza, hierro, zinc y calcio, utilizando los métodos de la Asociación Oficial de Química Analítica (AOAC) de 1970.

##### 3.4.1.1. Determinación del contenido de humedad parcial y total

La determinación del contenido de humedad parcial y total en las semillas de cacao se realiza con el propósito de eliminar el contenido de humedad presente en las semillas y así obtener la muestra seca que se necesita para realizar los análisis bromatológicos correspondientes y que estos no reflejen una respuesta analítica errónea.

Las semillas de mazorca madura de cada árbol se colocaron en un sobre de papel perforado, permanecieron por 24 horas en una estufa de aire forzado a una temperatura de 70° C, después se trasladaron a un desecador para su enfriamiento durante 30 minutos, y tomar las medidas de peso seco en una balanza semi analítica para obtener el porcentaje de humedad

parcial, finalmente las semillas se molieron utilizando una licuadora y se depositaron en bolsas individuales de una libra con su respectiva identificación.

**Cálculo:**

$$\text{Porcentaje humedad parcial} = \frac{\text{pérdida de peso (g)} \times 100}{\text{peso de muestra (g)}}$$

Para determinar la humedad total se pesaron 10 g de las semillas molidas de cada muestra de árbol, se depositaron en una caja de aluminio y éstas se colocaron en una estufa de vacío por seis horas a una temperatura de 105° C, después se trasladaron a un desecador para su enfriamiento durante 30 minutos, luego se pesaba la muestra en una balanza analítica para obtener el porcentaje de humedad total (AOAC 1970).

**Cálculo:**

$$\text{Porcentaje de humedad} = \frac{\text{peso de muestra húmeda molida (g)} \times 100}{\text{humedad perdida (g)}}$$

#### **3.4.1.2. Determinación de contenido de materia seca**

La materia seca de cada muestra se calculó con el método gravimétrico, utilizando los datos de porcentaje de humedad parcial y total (AOAC 1970).

**Cálculo:**

$$\text{Materia seca (\%)} = 100 - (\text{humedad parcial [\%]} + \text{humedad total [\%]})$$

#### **3.4.1.3. Determinación de contenido del extracto etéreo**

Se realizó mediante el método de Soxhlet (AOAC 1970), pesando en papel filtro corriente 2 g de la muestra, a la cual se le determinó la humedad total, colocándolo en un dedal de extracción, que era cubierto con algodón para que el solvente utilizado (éter de petróleo) se distribuya uniformemente sobre la muestra, el dedal era colocado en un recipiente para muestras y fijado bajo el condensador del equipo de extracción, luego se agregaban 150 ml de éter a un balón de fondo plano (pesado previamente), éste se coloca sobre el condensador

y el equipo comienza a evaporar y condensar el éter, en un periodo de extracción de 6 horas (Figura 21a), completado el tiempo y antes de que el éter se evaporara por completo, los balones con grasa se retiraron del equipo para completar la evaporación recuperando el éter sobrante (Figura 21b), y así enfriar y secar los balones durante dos horas en una estufa a 100° C, después fueron trasladados a un desecador para su enfriamiento durante 30 minutos y poder pesar la muestra en balanza analítica para obtener el porcentaje de extracto etéreo.



Figura 21. a) Evaporación y condensación de éter en muestras de cacao para calcular grasa, b) recuperación del éter sobrante después de completar la evaporación y condensación.

#### 3.4.1.4. Determinación de contenido de proteína total

Se realizó siguiendo el método de Kjeldahl (AOAC 1970), que consiste en tres procesos: digestión, destilación y titulación. Se pesó 0.1 g de la muestra a la que se le determinó humedad total, la cual se llevó a la destrucción oxidativa de los componentes por calentamiento con ácido sulfúrico concentrado, formando anhídrido carbónico ( $\text{CO}_2$ ) y anhídrido sulfuroso ( $\text{SO}_2$ ), quedando el nitrógeno retenido como sulfato de amonio ( $(\text{N}_4)_2\text{SO}_4$ ) transformándose en amoníaco el cual se destiló sobre un ácido estándar débil para formar la respectiva sal amoníaca (Figura 22a), que posteriormente se tituló con una solución ácida estandarizada (Figura 22b). Finalmente fue calculado el porcentaje de nitrógeno empleando la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de nitrógeno} = ((\text{ml HCl muestra} - \text{ml HCl testigo}) * \text{N (HCl)} * 0.014 * 100) / \text{peso de muestra}$$

$$\% \text{ de proteína cruda} = \% \text{ nitrógeno} * 6.25$$



Dónde:

N = Normalidad del ácido clorhídrico

0.014 = factor estándar

6.25 = factor de conversión



Figura 22. a) Destrucción oxidativa de los componentes por calentamiento con ácido sulfúrico concentrado, b) titulación de sal amoníaca con solución ácida estandarizada.

#### 3.4.1.5. Determinación de contenido de fibra cruda

Se realizó utilizando el método Gravimétrico, a través de la pérdida de masa que corresponde a la incineración del residuo orgánico que queda después de la digestión con soluciones de ácido sulfúrico e hidróxido de sodio en condiciones específicas (AOAC 1970).

Se pesaron bolsas Ankom, se les agregó 1 g de la muestra desengrasada sobrante del proceso del extracto etéreo, se sellaron las bolsas y se colocaron con una solución ácida (ácido sulfúrico) en el analizador de fibra Ankom modelo A200, por una hora, haciendo tres lavados con agua hirviendo cada cinco minutos, posteriormente se colocó la solución básica (hidróxido de sodio) por una hora, haciéndole cuatro lavados con agua hirviendo. Se sacaron las bolsas, se sumergieron en acetona y se secaron posteriormente. Estas se colocaron en estufa durante dos horas y luego en crisoles previamente pesados. Estos se colocaron en una mufla a 650° C por dos horas y se pesaron posteriormente. Para obtener el porcentaje de fibra cruda se utilizó la siguiente fórmula:

Corrección de bolsa = peso de bolsa vacía antes de digerir – peso de bolsa después de digerir

Corrección de ceniza = peso de crisol vacío – peso de crisol + ceniza

Mx luego de digerir = (peso bolsa después de digestión – corrección de bolsa) – corrección de ceniza

% fibra cruda = (mx luego de digerir/peso de mx) \* 100

#### **3.4.1.6. Determinación de contenido de ceniza**

Se destruyó la materia orgánica a través de la incineración o calcinación de la muestra en un horno de mufla a 550° C por dos horas, quedando solo la ceniza (material inorgánico), que no se destruye a esta temperatura, quedando los minerales presentes en la muestra (H, Ca, Zn), para ello, se colocó un crisol limpio e identificado con su correspondiente muestra en un horno de mufla calentado a 550° C, después de dos horas se retiró el crisol del horno de mufla y se colocó en un desecador para enfriar durante 30 minutos. Posteriormente se pesó el crisol para determinar el porcentaje de ceniza y se procedió a la solubilización de la ceniza para determinar minerales.

#### **Cálculos:**

Peso de muestra = (peso de crisol más muestra – peso de crisol vacío).

Peso de la ceniza = (peso de crisol con cenizas) – (peso de crisol vacío).

% de ceniza =  $\frac{\text{peso de ceniza (g)} \times 100}{\text{peso de muestra (g)}}$

#### **3.4.1.7. Determinación de contenido de carbohidratos solubles o extracto libre de Nitrógeno (ELN)**

Los extractos libres de Nitrógeno están compuestos principalmente por carbohidratos digestibles como almidones y azúcares, también incluye cierta proporción de celulosa, hemicelulosa, lignina, sílice y pectina (AOAC 1970). Esta fracción es calculada con base en las otras determinaciones:

ELN = 100 – (% EE + % PC + % FC + %Ceniza)

Donde:

ELN = extracto libre de nitrógeno

% EE = extracto etéreo

% PC = proteína cruda

% FC = fibra cruda

#### **3.4.1.8. Determinación de contenido de hierro, zinc y calcio**

Una vez realizada la extracción de ceniza y la solubilización de la misma, se procedió a determinar los minerales hierro, zinc y calcio por el método de absorción atómica.

#### **3.4.2. Análisis de suelo**

Para conocer el estado del suelo en las fincas de los productores que se visitaron, se colectaron muestras de suelo para realizarles análisis químicos.

##### **3.4.2.1. Determinación de pH**

De cada muestra de suelo se pesó 10 gramos de suelo y se diluyó en 25 ml de agua destilada, luego se hizo la lectura con un peachímetro (AOAC 1970).

##### **3.4.2.2. Determinación de contenido de materia orgánica**

Se realizó por el método de digestión húmeda de Walkley modificado. Consistió en la oxidación de la materia orgánica de 0.1 g del suelo con dicromato de potasio en medio ácido y posterior valoración del exceso de dicromato añadido con una sal ferrosa provocando formación de CO<sub>2</sub>. Como indicador de oxidación reducción se utilizó difenilamina. Para calcular el porcentaje de materia orgánica se introdujo un factor empírico (0.74) que toma en cuenta la fracción de carbono realmente oxidada en las condiciones experimentales, este factor empírico se llama "Factor de recuperación Walkley" (AOAC 1970).

#### **Cálculos:**

$$CO = (\text{FeSO}_4 \text{ blanco} - \text{FeSO}_4 \text{ gastado}) \times (10 / \text{FeSO}_4 \text{ blanco}) \times (0.003 / 0.74) \times (100 / \text{peso de muestra})$$

$$\% \text{ Materia orgánica} = CO \times 1.72$$

### 3.4.2.3. Determinación de contenido de calcio y magnesio

Se realizó por el método de Fotometría de llama (AOAC 1970). Consistió en succionar una solución acuosa de sales inorgánicas en la llama caliente de un quemador, donde una fracción significativa de sus constituyentes metálicos se redujo al estado elemental, produciéndose dentro de la llama una solución gaseosa o plasma que contenía una concentración significativa de partículas elementales.

### 3.4.2.4. Determinación de contenido de nitrógeno

Se realizó utilizando siempre el método de Kjeldahl (AOAC 1970). Con la diferencia que en este proceso se pesó 0.3 g de muestra de suelo.

El porcentaje de nitrógeno fue calculado con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de nitrógeno} = ((\text{ml HCl muestra} - \text{ml HCl testigo}) \times N (\text{HCl}) \times 0.014 \times 100) / \text{peso de muestra}$$

### 3.4.2.5. Determinación de contenido de potasio

Se realizó por el método del “Fotómetro de llama”, utilizando un modelo Sherwood 410, en el que se calentó durante 30 minutos, luego se preparó una solución 0.5 M de acetato de amonio-ácido acético, tomando 38.55 g de acetato de amonio, disolviéndolo en 29 ml de ácido acético glacial y diluir a 1 litro con agua destilada. Se pesó 10 gramos de suelo y se trasladaron a un recipiente plástico junto con 50 ml de solución 0.5 M de acetato de amonio-ácido acético glacial, cerrando el recipiente plástico y agitando durante 30 minutos. Se dejó la solución en reposo durante 10 minutos para luego filtrarla a través de un filtro de papel Whatman N° 30. Previamente se preparó la solución estándar de potasio para cubrir el rango de 0-100 ppm.

#### Cálculo:

$$\% \text{ de potasio} = (\text{RA} \times 100 \times 10) / (\text{peso de muestra} \times \text{FD}) / 10,000$$

Dónde:

FD = Factor de dilución

RA = Respuesta analítica

### 3.4.2.6. Determinación de contenido de fósforo

Se realizó por el método Colorimétrico, que consiste en la determinación de concentraciones de estándares (AOAC 1970). Se preparó el blanco, agregando en un tubo de ensayo 5 mL de blanco y 2 mL de solución de Molibdato-Vanadato, homogenizando y dejando reposar 30 minutos, colocando la solución en el colorímetro y leyendo el valor obtenido, para utilizarlo en la corrección del valor en la medición de la muestra.

Posteriormente se prepararon las soluciones estándar, una solución madre de fósforo (0.5 mg  $P_2O_5$ /mL) disolviendo 0.24 g de estándar primario de  $KH_2PO_4$  en agua destilada y llevando a volumen en un balón volumétrico de 250 mL. A partir de la solución madre se hicieron las diluciones necesarias para obtener soluciones estándar de 5, 10, 15 y 20 ppm, llevando a volumen utilizando agua bidestilada. Luego en un tubo de ensayo colocar 5 mL de cada estándar por separado y se adicionó 2 mL de solución de Molibdato-Vanadato. Se homogenizó y dejó en reposo 30 minutos (Cuadro 5):

Cuadro 5. Concentraciones estándar para determinar absorbancias de fósforo en suelo.

<b>Estándar</b>	<b>Concentración</b>
5 ppm	0.321
10 ppm	0.633
15 ppm	0.941
20 ppm	1.228

Una vez obtenidas las concentraciones de los estándares, se pipeteó 5 ml del filtrado obtenido en la solubilización de cenizas de la muestra a un tubo de ensayo, se adicionó 2 mL de solución de Molibdato-vanadato, homogenizando y dejando en reposo 30 minutos, luego se colocó la muestra en el Espectrofotómetro visible y se hicieron las lecturas.

La medición fue: Longitud de onda: 400 nm - Rango de concentración de curva de calibración: 5 – 20  $\mu\text{g/ml}^{-1}$

#### **Cálculos:**

Concentración: (absorbancia \* estándar) /concentración

Concentración real en ppm: (concentración \* 10 \* 100) /peso de muestra

% de fósforo = concentración real en ppm / 10000

### **3.5. Metodología estadística**

Para el análisis de los datos o atributos cualitativos se utilizó estadística descriptiva a partir de cuadros y para los datos cuantitativos se aplicó estadística simple (promedio, desviación estándar y coeficiente de variación) y análisis multivariado, específicamente análisis de correlación, componentes principales y de conglomerados; ambos análisis permitieron resumir la información de un número grande de casos, agrupándolos con base a similitudes, cercanías o distancia, para lo cual se utilizó el programa SPSS versión 25.

#### **3.5.1. Estadística simple**

Se utilizó para estimar y describir el comportamiento de los diferentes árboles en relación a cada carácter, mediante la estimación de valores promedio, máximo, mínimos, desviación estándar y coeficiente de variación.

Para la interpretación de los coeficientes de variación se utilizó la escala: 0 – 10 altamente homogéneos, 10 – 20 homogéneo, 20 a 30 heterogéneo, mayores de 30 altamente heterogéneo. Homogéneo se refiere a la estratificación que no hay numerosa diversidad y heterogéneo que es diferente para los diversos elementos que forman un determinado grupo.

#### **3.5.2. Análisis de correlación**

Se utilizó para indicar el grado de asociación entre los valores de una variable con los valores de otra, mediante un coeficiente de “correlación de Pearson”, el cual sirvió para asociar variables de 36 árboles de cacao con diferentes unidades de medidas, por ejemplo: altura del árbol (m), largo de la mazorca (cm), longitud del ovario (mm) y peso de la mazorca (g).

#### **3.5.3. Análisis de componentes principales**

Con este método se realizó la transformación lineal sobre las variables originales de 36 árboles de cacao y permitió generar un nuevo conjunto de variables independientes o componentes principales. Esta herramienta se utilizó para estudiar las relaciones que se presentaron entre las variables correlacionadas o que miden información común (comunalidades), que pueden transformar el conjunto original de variables en otro conjunto llamado componentes principales.

#### **3.5.4. Análisis de conglomerados**

Se aplicó a las variables cuantitativas de 36 árboles de cacao que representaron conjuntos grandes. Esta técnica sirvió para agrupar a los elementos de una muestra, denominados conglomerados, de tal forma, que, respecto a la distribución de los valores de las variables, cada conglomerado sea lo más homogéneo posible y los conglomerados sean muy distintos entre sí.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados y discusión se fundamentan en la estadística descriptiva como la frecuencia absoluta y relativa para variables cualitativas; el promedio, la desviación estándar y el coeficiente de variación para variables cuantitativas.

### 4.1. Análisis descriptivo de variables cualitativas

Se caracterizaron 36 árboles de cacao, 20 en San Pedro Nonualco (SPN), uno en San Luis Talpa (SC), La Paz, 13 en Tenancingo (TN), Cuscatlán y dos en San Salvador (UES).

#### 4.1.1. Variables cualitativas del árbol

Todos los árboles caracterizados presentan arquitectura erecta.

El 38.89% de los árboles tienen ramificación intermedia, 36.11% ramificación simple y el 25% tiene ramificación verticilada (Cuadro 6).

Se considera un árbol erecto cuando el ángulo entre las ramas es menor a  $90^\circ$ , entre  $91-135^\circ$  es intermedio y mayor a  $136^\circ$  se denomina decumbente (Jiménez *et al*, 1980).

López y Guardado (2018), demostraron en su investigación realizada en El Salvador que, de los 47 árboles caracterizados, el 85.11% presentaron arquitectura erecta, lo cual coincide con los resultados de esta investigación, debido a que la arquitectura erecta es dominante en ambas investigaciones.

La FEDECACAO (s. f.), menciona que un árbol de cacao criollo se caracteriza por presentar un tronco erecto, con poca ramificación lateral y con tendencia de un crecimiento vertical.

Moreira (1992), encontró en estudios de diversos centros de investigación de cacao, que la arquitectura está influenciada por la poda y que el árbol debe ser podado metódicamente desde su primera fase de crecimiento con el fin de darle buena formación y mantenerlo en mejores condiciones de producción.



López y Guardado (2018), encontraron que de los 47 árboles caracterizados el 59.57% de los árboles de cacao poseen ramificación intermedia, lo cual coincide con los resultados de esta investigación, debido a que la ramificación intermedia es dominante en ambas investigaciones.

Cuadro 6. Frecuencia absoluta y relativa de las variables cualitativas de los árboles de cacao.

<b>Variable</b>	<b>Característica</b>	<b>Total de árboles</b>	<b>Frecuencia</b>
Arquitectura del árbol	Erecta	36	100%
	Intermedio	0	0%
	Decumbente	0	0%
	<b>Total</b>	<b>36</b>	<b>100%</b>
Forma de la ramificación del árbol	Simple	13	36.11%
	Intermedia	14	38.89%
	Verticilada	9	25%
	<b>Total</b>	<b>36</b>	<b>100%</b>

#### 4.1.2. Variables cualitativas de la hoja

El 97.22% de las hojas de los árboles de cacao presentaron forma de base obtusa y el 2.78% presentó forma cordiforme.

El 94.44% de las hojas tenía ápice apiculado, 2.78% presentó ápice acuminado y otro 2.78% tenía ápice agudo.

El 100% de las hojas de cacao muestreadas presentó textura cartácea.

En relación a la intensidad de la pigmentación verde en las hojas, el 100% presentó intensidad media (Cuadro 7).

Según CATIE (2016), los clones evaluados para siembras comerciales en Costa Rica, CATIE-R1, CATIE-R4, CATIE-R6, CC-137, ICS-95 T1 y PMCT-58, presentaron forma de la base de la hoja obtusa y cordiforme.

FUNDESYRAM (2009), menciona que los tipos de cacao Criollo y Trinitario tienen pigmentación más coloreada que los del tipo Forastero, que son de muy poca pigmentación.

López y Guardado (2018), encontraron que el 46.81% de las hojas de los árboles de cacao presentaron ápice apiculado, 31.91% ápice agudo y 21.28% ápice acuminado, además

mencionan que el 91.70% de las hojas presentaron una intensidad de pigmentación verde oscuro, 6.97% pigmentación verde medio y 1.33% pigmentación verde claro.

Cuadro 7. Frecuencia absoluta y relativa de las variables cualitativas de las hojas de los árboles de cacao.

Variable	Característica	Total de árboles	Frecuencia
Forma de la base de la hoja	Aguda	0	0%
	Obtusa	35	97.22%
	Redondeada	0	0%
	Cordiforme	1	2.78%
	<b>Total</b>	<b>36</b>	<b>100%</b>
Ápice de la hoja	Acuminado	1	2.78%
	Apiculado	34	94.44%
	Agudo	1	2.78%
	<b>Total</b>	<b>36</b>	<b>100%</b>
Textura de la hoja	Cartácea	36	100%
	Coriácea	0	0%
	<b>Total</b>	<b>36</b>	<b>100%</b>
Intensidad de la pigmentación verde en hojas	Claro	0	0%
	Medio	36	100%
	Oscuro	0	0%
	<b>Total</b>	<b>36</b>	<b>100%</b>

#### 4.1.3. Variables cualitativas de las hojas jóvenes

El 33.33% de las hojas jóvenes son de color rojo claro, el 27.78% presentó hojas de color rojo medio, el 22.22% tenía hojas de color verde claro, el 11.11% presentaron hojas de color verde medio y solo el 5.56% tenía hojas de color marrón.

El 52.78% de los brotes terminales tenía pubescencia intermedia y el 47.22% presentó pubescencia incipiente (Cuadro 8).

Los clones seleccionados por CATIE (2016), presentaron diversidad de colores en las hojas jóvenes, desde rojo pálido con verde, café claro verdoso hasta rojo con café intenso, datos bastante parecidos en la caracterización de los 36 árboles de cacao de esta investigación.

López y Guardado (2018), encontraron que el 95.95% de las hojas jóvenes de los árboles de cacao presentaron pubescencia débil, 3.46% pubescencia fuerte y 0.59% pubescencia moderada.

Cuadro 8. Frecuencia absoluta y relativa de las variables cualitativas de las hojas jóvenes

Variable	Características	Total de árboles	Frecuencia
Color de la hoja joven	Verde claro	8	22.22%
	Verde medio	4	11.11%
	Marrón	2	5.56%
	Rojo claro	12	33.33%
	Rojo medio	10	27.78%
	Rojo oscuro	0	0%
	<b>Total</b>	<b>36</b>	<b>100%</b>
Pubescencia en brotes terminales	Ausente	0	0%
	Incipiente	17	47.22%
	Intermedia	19	52.78%
	Intensa	0	0%
	<b>Total</b>	<b>36</b>	<b>100%</b>

#### 4.1.4. Variables cualitativas de las flores

El 44.44% de las flores presentó ausente o débil pigmentación antociánica del pedicelo, el 27.78% presentó pigmentación moderada y otro 27.78% tenía pigmentación fuerte.

El 50% de las flores presentó una pigmentación antociánica del sépalo ausente o muy débil, el 30.56% presentó pigmentación débil y el 19.44% presentó pigmentación moderada.

El 91.66% de las flores presentó un color de lígula amarillo crema, el 8.33% presentó color amarillo y un 2.78% presentó color crema.

El 44.44% de las flores presentó pigmentación antociánica del estaminodio débil, otro 44.44% presentó pigmentación moderada, 8.33% presentó pigmentación fuerte y un 2.78% presentó pigmentación ausente o muy débil.

El 100% del color externo del ovario fue amarillo crema (Cuadro 9).

Fowler (1952), encontró presencia de color rojo del pedicelo o antocianina fuerte como distintivo particular de los tipos nacionales de origen forastero de Ecuador.

López y Guardado (2018), encontraron en su investigación que el 36.36% de las flores de los árboles presentaron pedicelos con antocianina débil, 29.55% pedicelos con antocianina fuerte, 29.55% moderada y 4.55% ausente o muy débil. Datos similares se reflejaron en esta investigación con los 36 árboles caracterizados.

En cuanto a la pigmentación antociánica del sépalo, Quiroz y Soria (1994), encontraron que una de las características fenotípicas distintivas que presentaron los genotipos nacionales en Ecuador de origen Forastero o sus híbridos es la falta de pigmentación en los sépalos y ausente en los otros genotipos.

López y Guardado (2018), mencionan que el 47.73% de los sépalos de la flor poseen antocianina moderada, 36.36% débil y 15.91% fuerte, también indican, que el color de lígula predominante fue el amarillo crema con 45.45%. Datos similares se reflejaron en esta investigación, siendo el color amarillo crema superior en ambos casos.

CATIE (2016), presentó en la caracterización morfológica de 6 clones de cacao seleccionados dominancia de una intensidad de antocianina en el estaminodio considera como fuerte o intensa.

López y Guardado (2018), señalan que en estaminodios el 63.64% sobresalió con pigmentación antociánica moderada, 25% con pigmentación antociánica fuerte y el 11.36% con pigmentación antociánica débil, lo cual coincide con los resultados obtenidos en esta investigación.

Además, López y Guardado (2018), encontraron cuatro colores externos de ovario: el 63.64% con color crema, 27.27% color amarillo crema, 4.55% color amarillo y 4.55% color verde claro.

Cuadro 9. Frecuencia absoluta y relativa de las variables cualitativas de las flores de los árboles de cacao.

Variable	Característica	Total de arboles	Frecuencia
Pigmentación antociánica del pedicelo	Ausente o débil	16	44.44%
	Moderada	10	27.78%
	Fuerte	10	27.78%
	<b>Total</b>	<b>36</b>	<b>100%</b>
Pigmentación antociánica del sépalo	Ausente o muy débil	18	50%
	Débil	11	30.56%
	Moderada	7	19.44%
	Fuerte	0	0%
	<b>Total</b>	<b>36</b>	<b>100%</b>
Color de la lígula	Crema	1	2.78%
	Amarillo crema	33	91.66%
	Amarillo	2	5.56%
	<b>Total</b>	<b>36</b>	<b>100%</b>
Pigmentación antociánica del estaminodio	Ausente o muy débil	1	2.78%
	Débil	16	44.44%
	Moderada	16	44.44%

	Fuerte	3	8.33%
	<b>Total</b>	<b>36</b>	<b>100%</b>
Color externo del ovario	Amarillo crema	36	100%
	<b>Total</b>	<b>36</b>	<b>100%</b>

#### 4.1.5. Variables cualitativas de las mazorcas

El 63.89% de las mazorcas presentó forma ovado, el 22.22% de las mazorcas presentó forma obovada y el 13.89% presentó forma pentágona.

El 44.44% de las mazorcas presentó color amarillo verde, el 16.67% de las mazorcas presentó color amarillo, otro 16.67% presentó color rojo medio, el 11.11% de las mazorcas presentó color púrpura, el 8.33% presentó color rojo oscuro y el 2.78% de las mazorcas presentó color anaranjado.

El 63.89% de las mazorcas presentó una constricción basal ausente o muy débil, el 16.67% de las mazorcas presentó una construcción moderada, el 13.89% presentó una constricción débil y un 5.55% de las mazorcas presentó una construcción fuerte.

El 41.67% de las mazorcas presentan forma del ápice Entallado, otro 41.67% de las mazorcas presentó forma obtusa y el 16.66% presentó forma aguda.

El 72.22% de las mazorcas presentó una superficie moderadamente rugosa, el 19.44% de las mazorcas presentó una superficie lisa o ligeramente rugosa y el 8.33% presentó una superficie muy rugosa.

El 75% de las mazorcas presentó una resistencia de la cáscara en fruto maduro fuerte, el 22.22% de las mazorcas presentó una resistencia moderada y el 2.78% presentó una resistencia débil (Cuadro 10).

López y Guardado (2018), mencionan que la forma de la mazorca que más encontraron en su investigación fue la ovada con el 77.42% de los árboles evaluados. Datos similares se reflejaron en esta investigación.

La FEDECACAO (s. f.), menciona que el tamaño y forma de la mazorca en un cacao criollo varía según los tipos regionales, pero es común en Colombia que el fruto sea alargado, un poco más ancho cerca del pedúnculo y delgado o punta aguda en el extremo apical.

Fowler (1952), afirma que las mazorcas en su estado de madurez pueden presentar colores básicos como amarillo claro o rojo anaranjado, y en estado inmaduro color verde o morado.

Resultados obtenidos por CATIE (2016), muestran que la mazorca del CATIE-R1 es de color anaranjado con sectores amarillos, las mazorca del CATIE-R4 y CATIE-R6 son de color amarillo con anaranjado y eventuales pecas rojas, la mazorca del CC-137 es de coloración amarilla y los ICS-95 T1 y PMCT-58 presentaron color anaranjado con amarillo. También reporta que las mazorcas de CATIE-R6, CC-137, ICS-95 T1 y PMCT-58 presentaron constricción basal suave. Asimismo, indica que el ápice de las mazorcas de los clones CATIE-R1, CATIE-R4, CATIE-R6 y CC-137 es de forma atenuado.

CATIE (2016), menciona que las mazorcas de los clones CATIE-R1, CATIE-R4, CATIE-R6, CC-137 y PMCT-58 son de dureza suave. Además, reporta que las mazorcas de CATIE-R1, CATIE-R4 y ICS-95 presentaron rugosidad intermedia en la cascara y el resto de clones una rugosidad suave.

Cuadro 10. Frecuencia absoluta y relativa de las variables cualitativas de las mazorcas de cacao.

Variable	Característica	Total de arboles	Frecuencia
Forma de mazorca madura	Ovado	23	63.89%
	Circular	0	0%
	Elíptica	0	0%
	Oblonga	0	0%
	Obovado	8	22.22%
	Pentágona	5	13.89%
	<b>Total</b>	<b>36</b>	<b>100%</b>
Color de mazorca madura	Amarillo verde	16	44.44%
	Amarillo	6	16.67%
	Anaranjado	1	2.78%
	Rojo medio	6	16.67%
	Rojo oscuro	3	8.33%
	Púrpura	4	11.11%
	<b>Total</b>	<b>36</b>	<b>100%</b>
Constricción basal	Ausente o muy débil	23	63.89%
	Débil	5	13.89%
	Moderada	6	16.67%
	Fuerte	2	5.55%
	<b>Total</b>	<b>36</b>	<b>100%</b>
Forma del ápice de la mazorca	Entallado	15	41.67%
	Agudo	6	16.66%
	Obtuso	15	41.67%
	Redondeado	0	0%
	<b>Total</b>	<b>36</b>	<b>100%</b>
Superficie de mazorca	Lisa o ligeramente rugosa	7	19.44%
	Moderadamente rugosa	26	72.22%

	Muy rugosa	3	8.33%
	<b>Total</b>	<b>36</b>	<b>100%</b>
Resistencia de la cáscara en la mazorca madura (dureza)	Débil	1	2.78%
	Moderada	8	22.22%
	Fuerte	27	75%
	<b>Total</b>	<b>36</b>	<b>100%</b>

#### 4.1.6. Variables cualitativas de la pulpa y de la semilla

El 52.78% de las mazorcas de cacao presentó un color de pulpa blanco y el 47.22% presentó un color crema claro.

El 69.44% de las semillas presentó una forma (sección longitudinal) ovada, el 19.44% de las semillas presentó una forma oblonga y el 11.11% presentó una forma elíptica.

El 97.22% de las semillas presentó una forma (sección transversal) aplanada y el 2.78% presentó una forma intermedia.

El 38.89% de las semillas presentó color púrpura oscuro, el 25% de las semillas presentó color blanco, el 19.44% presentó un color rosa, el 8.33% presentó color crema y otro 8.33% de las semillas presentó color rojo oscuro (Cuadro 11).

López y Guardado (2018), indican que el 87.10% de los árboles estudiados presentaron mazorcas con pulpa de color blanco, siendo este color el dominante en ambas investigaciones.

CATIE (2016), menciona que los frutos de cacao del CATIE-R4, CC-137 y PMCT-58 tienen forma de semilla ovada en la sección longitudinal; y en la forma transversal de la semilla reporta que los clones CC-137 y PMCT-58 son con forma de semilla aplanada.

López y Guardado (2018), encontraron en su investigación que el 41.38% de las semillas son de color púrpura, 27.59% semillas de color blanco, 20.69% semillas de color jaspeado, 3.45% semillas de color rosado y el 3.45% de color morado. Datos similares se obtuvieron en esta investigación, siendo predominante el color púrpura en ambas investigaciones.

Cuadro 11. Frecuencia absoluta y relativa de las variables cualitativas de la pulpa y de la semilla.

Variable	Características	Total de árboles	Frecuencia
Color de la pulpa	Blanco	19	52.78%
	Crema claro	17	47.22%
	Crema oscuro	0	0%
	<b>Total</b>	<b>36</b>	<b>100%</b>
Forma de la semilla (sección longitudinal)	Oblonga	7	19.44%
	Elíptica	4	11.11%
	Ovada	25	69.44%
	<b>Total</b>	<b>36</b>	<b>100%</b>
Forma de la semilla (sección transversal)	Aplanada	35	97.22%
	Intermedia	1	2.78%
	Redondeada	0	0%
	<b>Total</b>	<b>36</b>	<b>100%</b>
Color de la semilla	Blanco	9	25%
	Crema	3	8.33%
	Rosa	7	19.44%
	Rojo oscuro	3	8.33%
	Púrpura oscuro	14	38.89%
	<b>Total</b>	<b>36</b>	<b>100%</b>

#### 4.2. Variables cuantitativas

Se caracterizaron 36 árboles de cacao: 20 en San Pedro Nonualco (SPN), uno en San Luis Talpa (SC), ambos del departamento de La Paz; 13 en Tenancingo (TN), Cuscatlán y dos en San Salvador (UES).

##### 4.2.1. Variables cuantitativas del árbol de cacao

###### 4.2.1.1. Número de chupones por árbol de cacao

En cuanto al número de chupones por árbol, el máximo fue de cuatro chupones y se encontraron en los árboles SPN 5 y 49 SV, el valor mínimo fue uno y se encontró en los árboles SPN 11, SPN 211, TN 17, TN 22, TN 23, TN 35, TN 36 y TN 39; 16 árboles no presentaron chupones, el promedio de chupones obtenido en los 36 árboles es 1.14 (Cuadro A 2).

López y Guardado (2018), obtuvieron un promedio de tres chupones por árbol de cacao, el máximo número de chupones fue 10 y lo reportó el árbol Santa Clara 4, y el valor mínimo de chupones fue uno, el resto de árboles tenían entre dos a ocho chupones por árbol.



#### 4.2.1.2. Diámetro a la altura del pecho (DAP) de los árboles de cacao

Los árboles caracterizados presentaron un diámetro a la altura del pecho promedio de 7.22 cm (Cuadro A 2), el árbol 48 SV presentó el valor máximo con 13 cm y el valor mínimo lo reportaron los árboles TN 23, TN 32 y TN 36 con un valor de 3.50 cm (Figura 23).

Los resultados obtenidos en esta investigación se encuentran dentro del rango mencionado por Ayesta (2009), quién dice que el promedio encontrado en el tronco fue de 18.8 cm y varió de 6.05 cm para el árbol ID-243 y 32.28 cm para el árbol ID-167, además menciona que esta variable no es afectada por el manejo que proporciona el agricultor, pero sí por la edad del árbol y por la fertilidad del suelo.

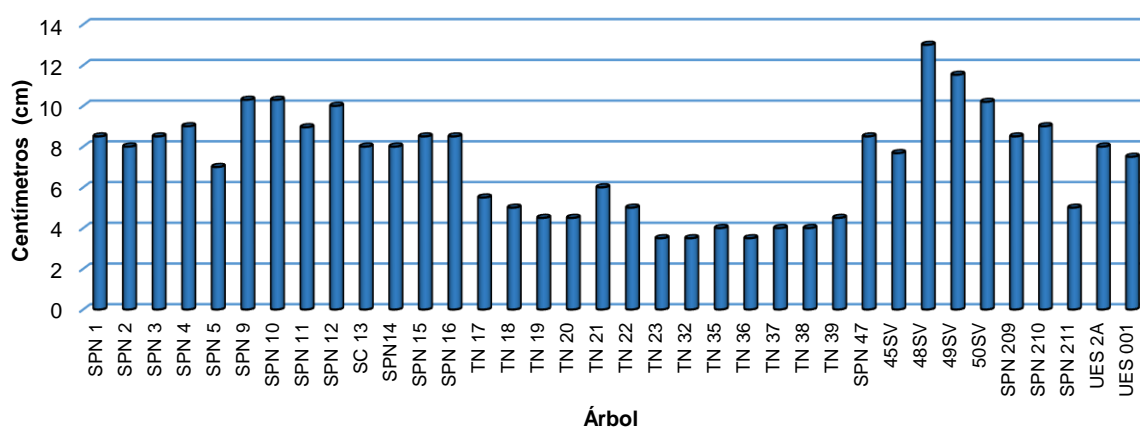


Figura 23. Diámetro a la altura del pecho de los árboles de cacao.

#### 4.2.1.3. Altura de los árboles de cacao

El árbol de cacao de mayor altura que fue encontrado es el 48 SV con 7.50 m, el árbol que presentó la menor altura fue el UES 001 con 1.80 m (Figura 24). La altura promedio que se obtuvo fue de 4.06 m (Cuadro A 2).

Estudios realizados por Ayesta (2009), reportan alturas promedio de árboles de cacao de 3.59 m, con un mínimo de 2 m para los árboles ID-205 y 206, y un máximo de 7 m para el árbol ID-357 bajo condiciones de manejo agronómico.

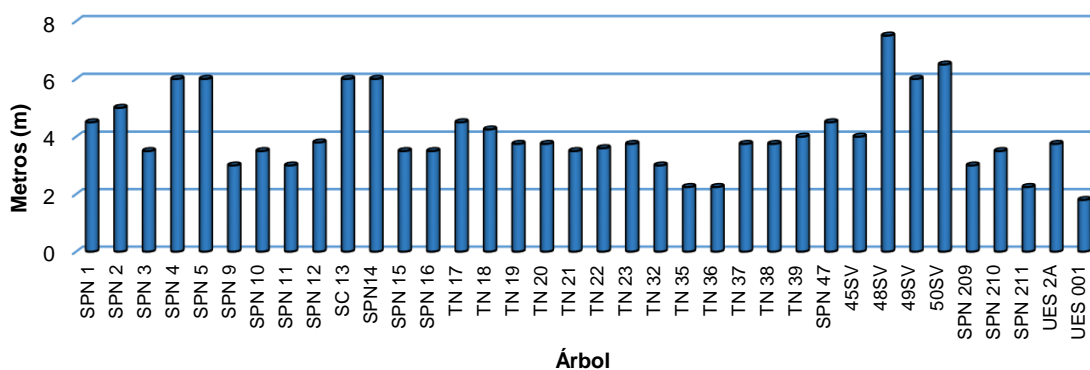


Figura 24. Altura de los árboles de cacao.

#### 4.2.1.4. Número de mazorcas por árbol de cacao

El árbol SPN 3 registró el mayor valor con 121 mazorcas y el mínimo de mazorcas lo presentaron los árboles TN 17, TN 18, TN 19, TN 22, TN 23 y TN 36 con tres mazorcas cada uno (Figura 25). El promedio de mazorcas obtenido es 34 (Cuadro A 2). Es importante mencionar que, de los 36 árboles caracterizados, una parte de ellos fueron colectados en época seca y estos árboles se encontraron en total abandono, sin ningún tipo de manejo agronómico pero que presentaron características de interés en cuanto a mazorca y semilla por lo que se tomó la decisión de rescatarlos, eso genera la diferencia con respecto al número de mazorca de cada árbol en las diferentes localidades.

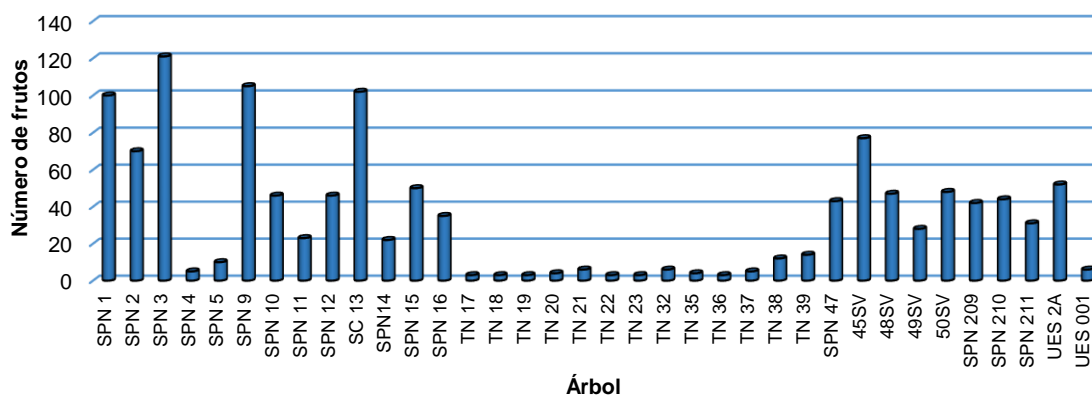


Figura 25. Número de mazorcas por árbol de cacao.

#### 4.2.2. Variables cuantitativas de las hojas de los árboles de cacao

##### 4.2.2.1. Largo de las hojas

El árbol que presentó el mayor largo de hoja fue el 49 SV con 42.29 cm, el valor mínimo se registró en el árbol SC 13 con 22.59 cm, el promedio fue de 32.80 cm (Cuadro A 3).

Se encontró alta correlación positiva entre el largo de hoja con el DAP y largo de la hoja desde la base hasta el punto más ancho de  $r = 0.65$  y  $r = 0.92$ , respectivamente, probablemente indica una dependencia entre las variables que se explica, porque entre más DAP, hay más reservas en el tallo y favorece el desarrollo de la hoja.

El CATIE (2016), reportó que en los clones evaluados para siembras comerciales en Costa Rica, el valor máximo en largo de hoja se encontró en el clon PMCT-58 con 38 cm y el clon CATIE-R4 presentó el valor mínimo con 30.4 cm.

#### **4.2.2.2. Ancho de las hojas**

El árbol que presentó el mayor ancho de hoja fue el SPN 47 con 16.46 cm, el valor mínimo lo registró el árbol SC 13 con 6.13 cm, con un promedio de 12.10 cm (Cuadro A 3).

El CATIE (2016), reportó que el clon ICS-95 T1 presentó el mayor ancho de hoja con 13.4 cm y el clon CATIE R-1 el menor ancho de hoja con 10.7 cm

#### **4.2.2.3. Largo de la hoja desde la base hasta el punto más ancho**

El árbol que presentó el máximo largo de hoja desde la base hasta el punto más ancho fue el SPN 15 con 23.35 cm, el árbol SC 13 presentó el valor mínimo con 12.12 cm, el promedio encontrado fue 17.99 cm (Cuadro A 3).

En los clones evaluados por CATIE (2016), el mayor largo de hoja desde la base hasta el punto más ancho lo reportó el clon ICS-95 T1 con 17.6 cm y el clon CATIE R-1 con el valor mínimo de 11.3 cm.

### **4.2.3. Variables cuantitativas de las flores de los árboles de cacao**

#### **4.2.3.1. Número de flores por cojinete**

El mayor número de flores por cojinete lo presentó el árbol SPN 5 con 6.60, el valor mínimo se presentó en el árbol UES 001 con dos flores (Figura 26), se obtuvo un promedio de flores por cojinete de 4.39 (Cuadro A 4).

Naundirf y Villamil, citados por IICA (1957), mencionan que existe relación entre el desarrollo de las flores, mazorcas y la producción de hormonas: una mazorca que crece sobre un cojinete

con unas pocas flores tiene más oportunidad de desarrollarse que una mazorca nacido sobre un cojinete con muchas flores.

López y Guardado (2018), mencionan que el mayor número de flores por cojinete lo presentó el árbol Santa Clara 3 con 16.6, el valor mínimo se encontró en el árbol Tenancingo 1 con dos flores, los árboles restantes tenían entre 3.8 a 13.2 flores por cojinete.

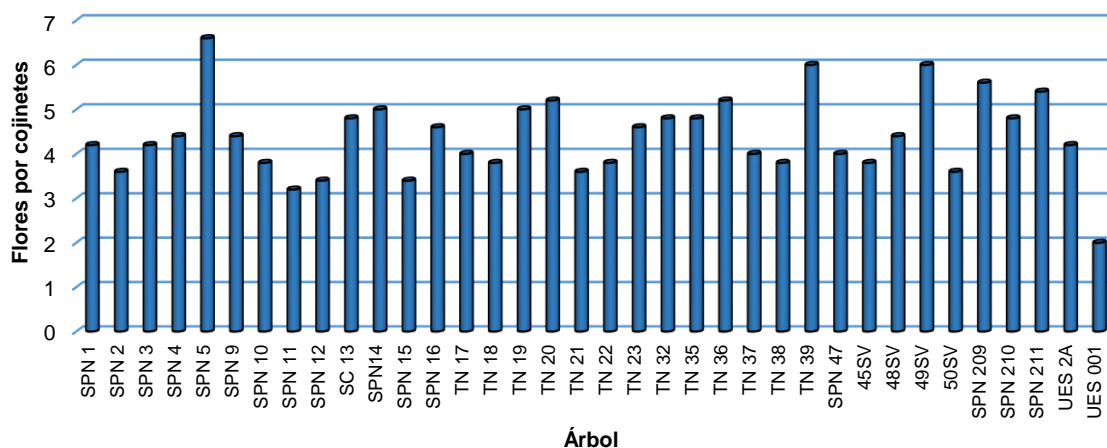


Figura 26. Número de flores por cojín.

#### 4.2.3.2. Cojinetes florales por metro lineal

Los árboles caracterizados en promedio presentaron 32.44 cojinetes por metro lineal (Cuadro A 4), el máximo valor lo presentó el árbol SC 13 con 50 cojinetes florales y el menor número de cojinetes florales lo registró el árbol UES 001 con 5 (Figura 27).

López y Guardado (2018), mencionan que el máximo valor lo presentó el árbol Santa Clara 2 con 45 cojinetes florales por metro lineal, el menor número fue de ocho cojinetes florales por metro lineal presentado por los árboles Arcatao 11 y Tenancingo 1, los cuales coinciden con los datos obtenidos en esta investigación.

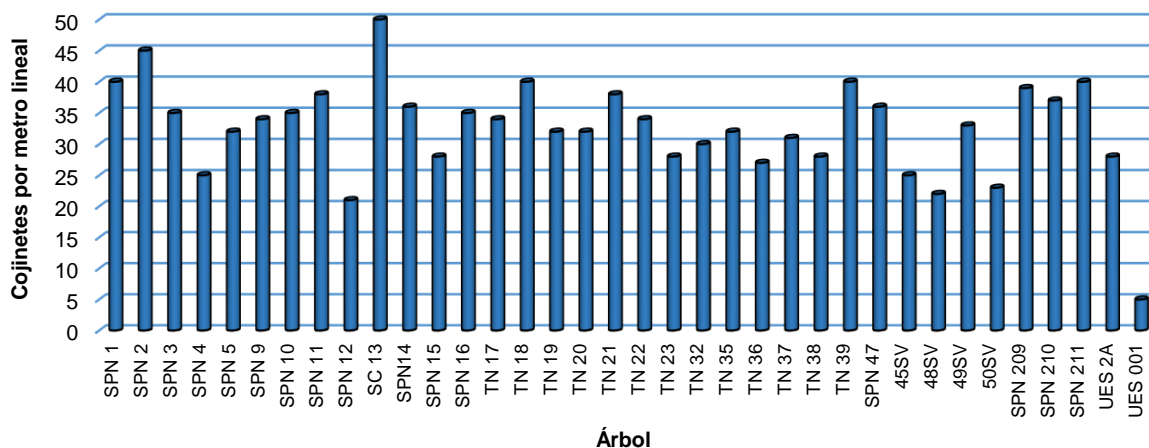


Figura 27. Número de cojinetes florales por metro lineal.

#### 4.2.3.3. Longitud de sépalos

El árbol SPN 16 presentó la mayor longitud de sépalos con 7.63 mm y el árbol que registró el valor mínimo es el SPN 5 con 5.07 mm. Se obtuvo un promedio de 6.65 mm (Cuadro A 4).

El CATIE (2016), reportó que el clon PMCT-58 presentó la mayor longitud de sépalo con 9.7 mm y el clon CATIE R-6 el menor valor con 7 mm.

#### 4.2.3.4. Ancho de sépalos

El ancho de sépalos promedio fue de 2.03 mm, el árbol que presentó el máximo ancho es el SPN 12 con 3.12 mm, el árbol SPN 15 presentó el ancho mínimo con 1.66 mm (Cuadro A 4).

Los resultados obtenidos en esta investigación son similares a los mencionados por Dostert *et al.* (2012), en la Botánica de cacao, en la cual indica que los sépalos son de 1.52 mm de ancho, angostamente lanceolados, persistentes y fusionados en la base.

#### 4.2.3.5. Largo del estaminodio

El árbol que mostró el largo máximo del estaminodio es el SC 13 con 6.70 mm, el árbol 49 SV resultó con el valor mínimo de 5.06 mm; el promedio de la variable es de 5.40 mm (Cuadro A 4).

Estos resultados son similares a los reportados por Quiroz y Soria (1994), quienes indican que los materiales nacionales caracterizados de Ecuador poseen un largo promedio de estaminodios de 5.84.

#### 4.2.3.6. Largo del estilo

El largo máximo del estilo lo presentó el árbol SPN 2 con 2.52 mm, el árbol TN 35 presentó el valor mínimo de 1.75 mm, con un promedio de largo del estilo de 2.04 mm (Figura 28 y Cuadro A 4).

CATIE (2016), reportó que el clon CATIE R-4 presentó el mayor largo de estilo con 3.40 mm y el clon CC-137 el menor valor con 1.30 mm.

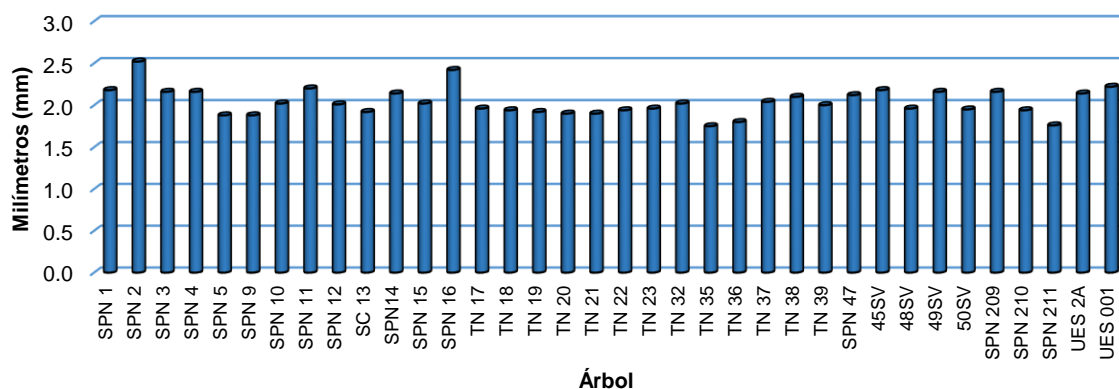


Figura 28. Largo del estilo de los ovarios de las flores del cacao.

#### 4.2.3.7. Largo del ovario

El árbol que presentó el largo máximo de ovario es el SPN 2 con 2 mm, el árbol TN 37 reportó el valor mínimo con 1.16 mm (Figura 29). Se obtuvo un promedio de 1.58 mm (Cuadro A 4).

Los resultados de esta investigación son similares a los mencionados por Dostert *et al.* (2012), que mencionan que el ovario es de 2 a 3 mm de largo, anguloso ovado, ligeramente pentagonal y pentámero. Los óvulos se disponen en dos filas con 6 a 12 óvulos por fila.

#### 4.2.3.8. Ancho del ovario

El árbol que presentó el ancho máximo de ovario es el SPN 2 con 1.48 mm, los árboles SPN 3 y SC 13 presentaron el ancho mínimo con 1 mm (Figura 29). El promedio obtenido de ancho del ovario es de 1.14 mm (Cuadro A 4).

Quiroz y Soria (1994), mencionan que los anchos de los ovarios de las flores caracterizadas poseen un promedio de 1.49 mm.

En Ecuador, Zambrano Mendoza (2000), reportó que el ovario más ancho lo obtuvo el grupo dos con los clones EET 571, 559, 445 y 574 con 1.78 mm.

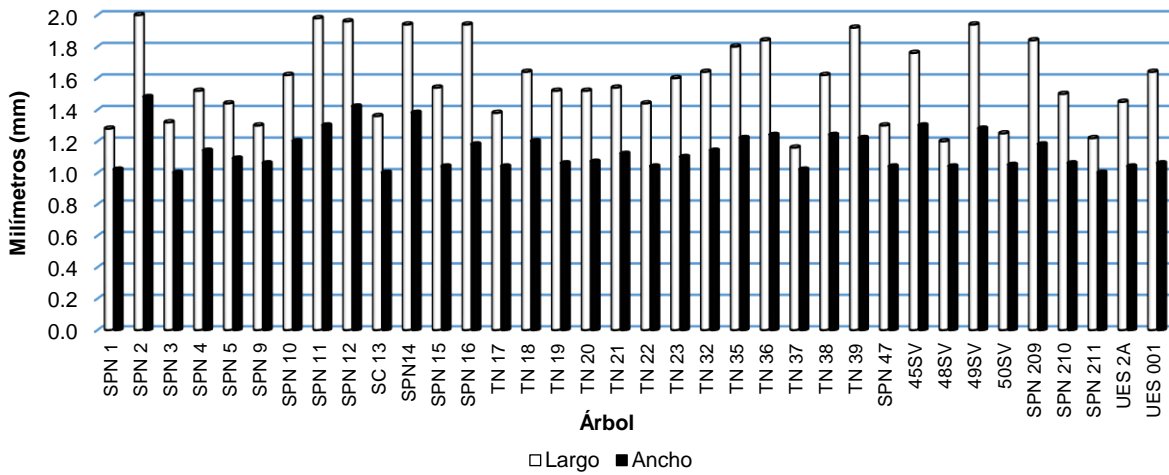


Figura 29. Largo y ancho de los ovarios de las flores del cacao.

**4.2.3.9. Número de óvulos por ovario**

El valor máximo de óvulos por ovario lo presentaron los árboles de cacao SPN 4 y SPN 11 con 94 óvulos, el árbol TN 23 tuvo el valor mínimo con 34 óvulos (Figura 30). Se obtuvo un promedio de óvulos de 66.78 (Cuadro A 4).

El CATIE (2016), reportó que el clon CATIE-R4 presentó el mayor número de óvulos por ovario con 44 y el clon CC-137 el menor número con 30.

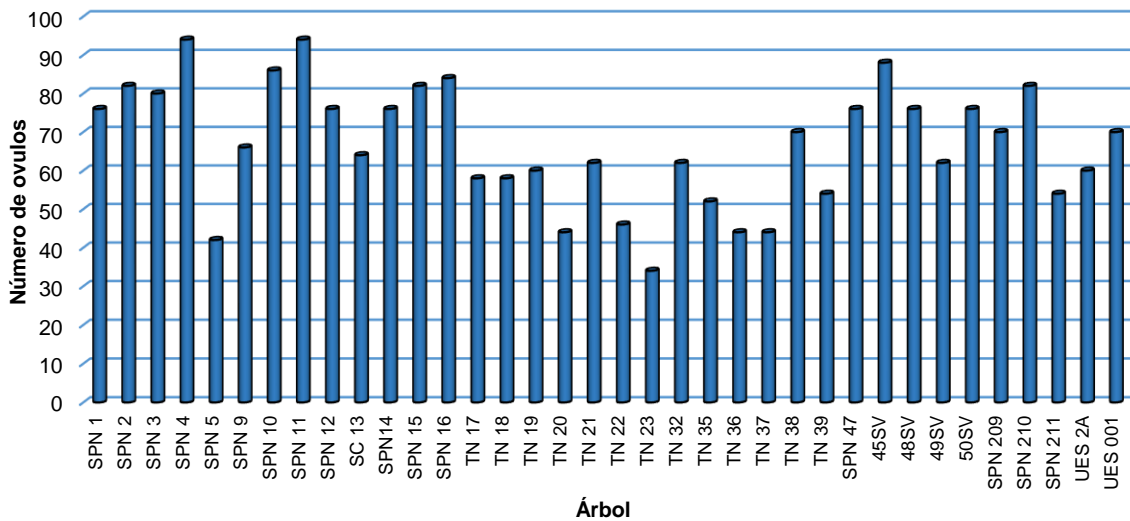


Figura 30. Número de óvulos por ovario.

#### 4.2.4. Variables cuantitativas de las mazorcas de cacao

##### 4.2.4.1. Longitud de las mazorcas

Los árboles de cacao que presentaron la mayor longitud de las mazorcas fue el SPN 210 con 23 cm, la menor longitud fue del material TN 19 con 11 cm (Figura 31). El valor promedio fue de 17.11 cm (Cuadro A 5).

Martínez (2007), reportó en su investigación realizada en Bolivia, que el cacao Nacional Silvestre la longitud de la mazorca varió entre 11.5 cm (San Silvestre) y 16.6 cm (Tequeje).

##### 4.2.4.2. Diámetro de las mazorcas

El árbol de cacao que presentó el mayor diámetro de las mazorcas fue SPN 12 con 9.77 cm, la menor longitud fue del material TN 22 con 6.13 cm. Lo cual se observa en la distribución homogénea de las barras (Figura 31). El valor promedio fue de 7.82 cm (Cuadro A 5).

Se encontró alta correlación positiva de la variable diámetro de la mazorca con: peso seco de semilla, peso de semilla más placenta más mucilago, peso de cáscara y peso de la mazorca con valores de  $r = 0.63$ ,  $r = 0.63$ ,  $r = 0.88$  y  $r = 0.88$ , respectivamente, probablemente indicando dependencia entre las variables; a mayor diámetro de la mazorca se espera también un mayor desarrollo de la semilla, mucílago y la placenta, contribuyendo a aumentar el peso.

Martínez (2007), reportó que en el cacao Nacional Silvestre el diámetro de la mazorca varió entre 7 cm (Copacabana y Macagua) y 8.1 cm (Cacahichira).

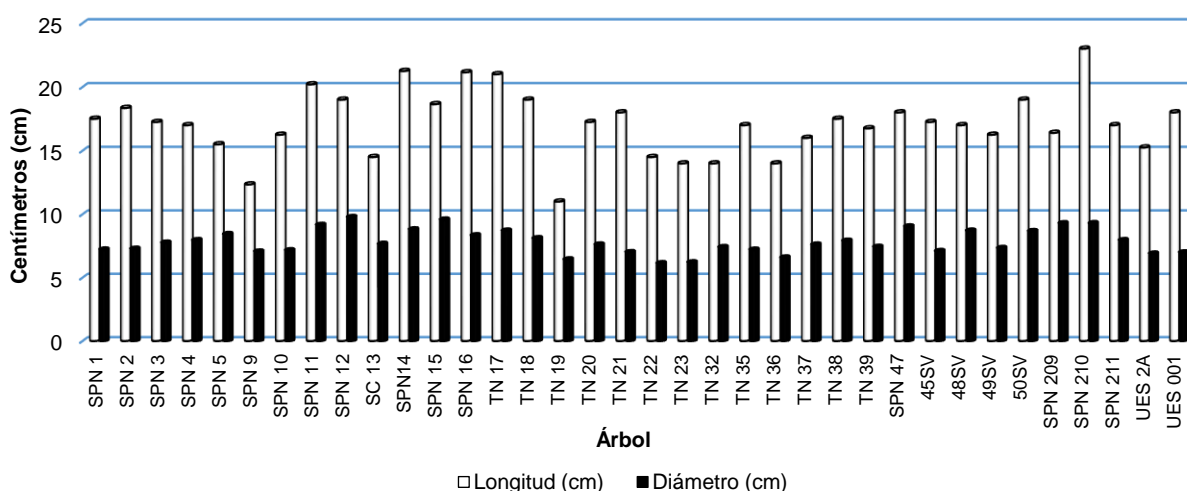


Figura 31. Longitud y diámetro de las mazorcas de cacao.



#### 4.2.4.3. Peso de las mazorcas de cacao

El árbol SPN 11 presentó el mayor peso de la mazorca con 872.50 g, el menor valor lo mostró TN 23 con 191.40 g (Figura 32). El valor promedio fue de 451.80 g (Cuadro A 5).

Se encontró alta correlación positiva entre largo de mazorca y peso de cáscara, con valor de  $r = 0.72$ , indicando dependencia entre las variables, considerando que una mazorca más larga induce a un mayor peso de la cáscara.

Martínez (2007), reportó que el peso promedio de los frutos de cacao fue 272.6 g, el peso máximo se obtuvo para la muestra de Cachichira con 383.3 g y el más bajo para la muestra de Macagua con 227 g.

Los datos encontrados en esta investigación se encuentran en el rango mencionado por Dostert *et al.* (2012), quienes manifiestan que los pesos de las mazorcas de cacao oscilan entre 200 g y 1,000 g.

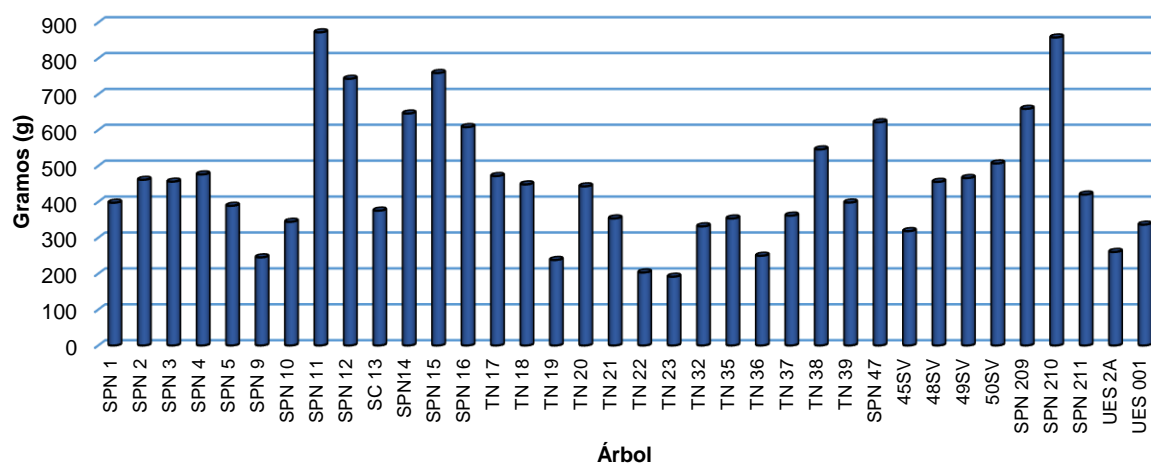


Figura 32. Peso de las mazorcas de cacao.

#### 4.2.4.4. Profundidad de los surcos

El árbol TN 17 presentó el mayor valor en profundidad de surcos con 7.10 mm, el menor valor lo mostró el árbol SPN 9 con 0.70 mm El valor promedio fue de 3.31 mm (Cuadro A 5).

El CATIE (2016), reporta que el clon CATIE-R1 presentó la mayor profundidad de surcos con 1.3 mm, el resto de clones vario la profundidad de surcos entre 1.2 mm y 1.3 mm.

#### 4.2.4.5. Espesor de caballete

El árbol SPN 12 presentó el mayor valor en cuanto al espesor de caballete con 21.70 mm, el menor valor lo mostró el árbol TN 23 con 8 mm. El valor promedio fue de 13.15 mm (Cuadro A 5).

El CATIE (2016), menciona que los clones CATIE-R1 y el ICS-95 T1 presentaron el mayor espesor de caballete con 17 mm y el clon CC-137 el menor valor con 14 mm.

#### 4.2.4.6. Grosor de la cáscara de las mazorcas

El árbol SPN 12 presentó el mayor valor en grosor de la cáscara con 14.50 mm, el menor valor lo mostró el árbol TN 19 con 0.70 mm. El valor promedio fue de 9.88 mm (Cuadro A 5).

Se encontró alta correlación positiva de la variable grosor de cáscara con: espesor de caballete, peso de la mazorca y peso de cáscara, con valores de  $r = 0.72$ ,  $r = 0.76$  y  $r = 0.77$ , respectivamente, probablemente las variables están ligadas por su origen genético de cada individuo y que pueden presentar dependencia entre ellas, siempre que se analicen de acuerdo al número de individuos de la muestra.

López y Guardado (2018), reportan que el árbol Arcatao 4 presentó frutos con un máximo de grosor de cáscara de 14 mm y el árbol San José Cortez 1 presentó el valor mínimo con 1 mm.

#### 4.2.4.7. Peso de la cáscara

El árbol SPN 210 presentó el mayor valor en peso de la cáscara con 689.10 g, el menor valor el árbol TN 23 con 121.20 g (Figura 33) El valor promedio fue de 332.42 g (Cuadro A 5).

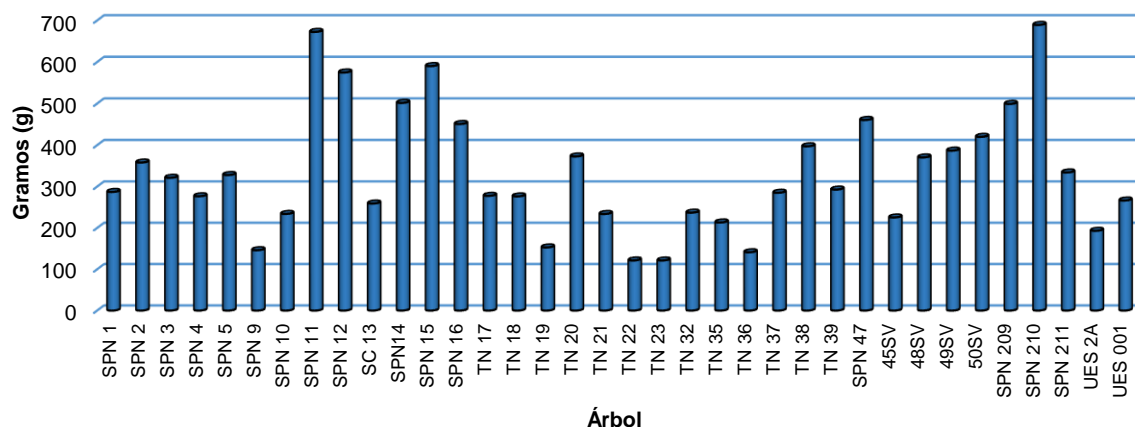


Figura 33. Peso de la cáscara de las mazorcas de cacao.

#### 4.2.4.8. Índice de mazorcas

El árbol TN 23 presentó el mayor valor en cuanto al Índice de mazorcas (cantidad de mazorcas necesarias para hacer un kilo de semillas secas) con 80.97 mazorcas, el menor valor lo mostró el árbol 45 SV con 11.62 mazorcas (Figura 34). El valor promedio fue 26.11 mazorcas (Cuadro A 5).

Es importante mencionar que el árbol TN 23 se encuentra en condiciones silvestres y sin manejo, lo cual podría mejorar con el manejo agronómico adecuado; el árbol 45 SV se encuentra con manejo adecuado.

El análisis de correlación indica que existe una relación inversa entre las variables índice de mazorca y peso seco de semilla, ya que reporta un valor negativo ( $r = -0.76$ ), explicándose este comportamiento, porque se requiere de una gran cantidad de mazorcas para formar un kilo de grano seco.

La FEDECACAO (2003), reporta en los clones ICS un Índice de mazorcas entre 11 y 20 mazorcas para formar un kilo de semillas secas bajo excelentes condiciones de manejo.

Guevara Mena y Salazar (2015), en su investigación realizada en Nicaragua reportan que los clones UF-12, GS-36, UF-650 y DR-1, presentaron Índices de mazorca bajos con promedios de 14 a 20 mazorcas, el clon que mayor promedio presento fue el SPA-9 con un valor de 65 mazorcas.

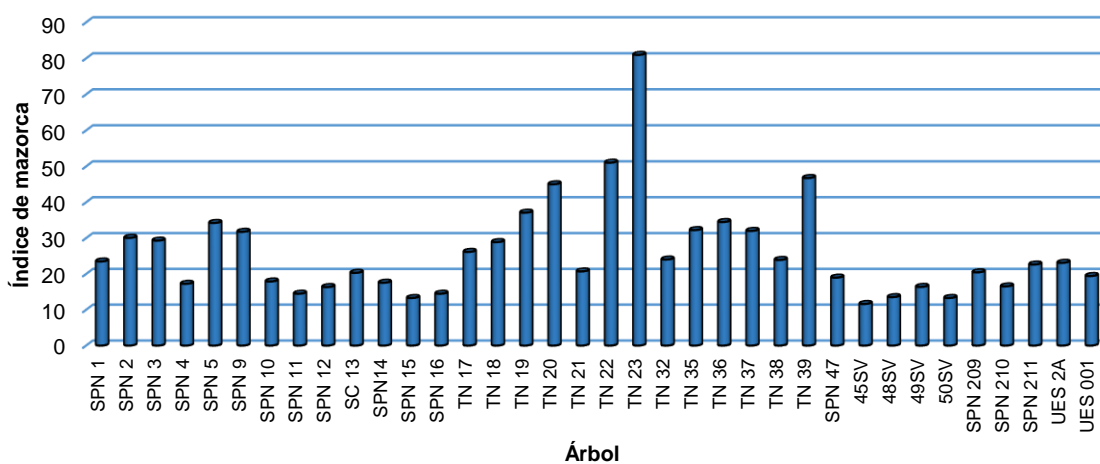


Figura 34. Índice de mazorca.

#### 4.2.5. Variables cuantitativas de la pulpa y de las semillas

##### 4.2.5.1. Peso de semillas, placenta y mucílago

El árbol TN 17 presentó el mayor valor de peso de semilla, placenta y mucílago con 191.70 g, el menor valor lo presentó el árbol TN 20 con 65 g (Figura 35). El valor promedio fue 113.68 g (Cuadro A 6).

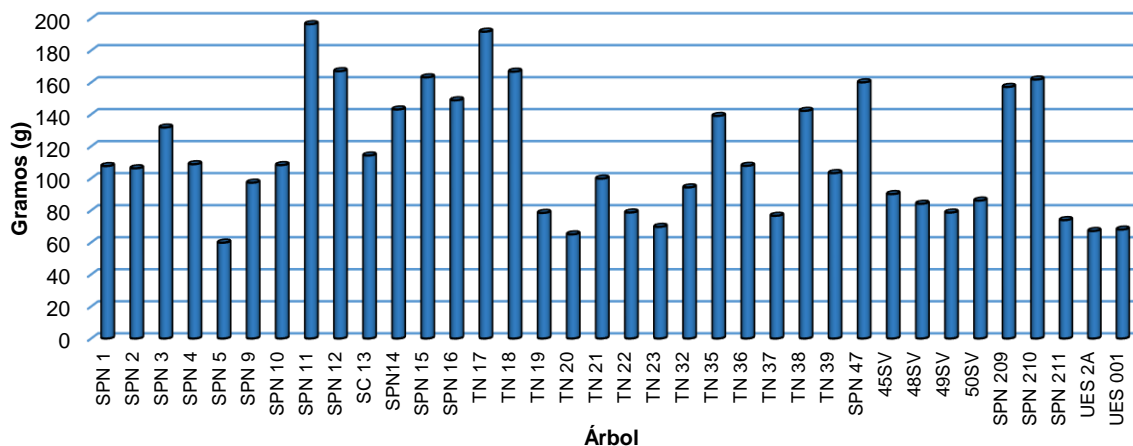


Figura 35. Peso de semillas, placenta y mucílago de cacao.

##### 4.2.5.2. Número de semillas por mazorca

Los árboles SPN 4 y SPN 11 presentaron el mayor número de semillas por mazorca con 47 semillas, el menor valor lo mostró el árbol TN 23 con 17 semillas (Figura 36). El valor promedio fue de 33.39 semillas (Cuadro A 6).

Se encontró alta correlación positiva entre número de semillas y número de óvulos, con un valor de  $r = 0.95$ , indicando dependencia entre las variables. Ya que el número de semillas de una mazorca aumenta cuando hay más óvulos para ser fecundados.

Martínez (2007), reportó que en el cacao Nacional Boliviano en cultivo, el número promedio de semillas por mazorca fue de 34.7 semillas, siendo el mayor número de 41.3 (Remolino) y el mínimo de 27.8 (San José); y en el cacao Nacional silvestre el número promedio de semillas por fruto fue de 38 semillas, siendo el mayor número de 42.6 (Cacachichira) y el mínimo de 34.1 (Carmen del Emero).

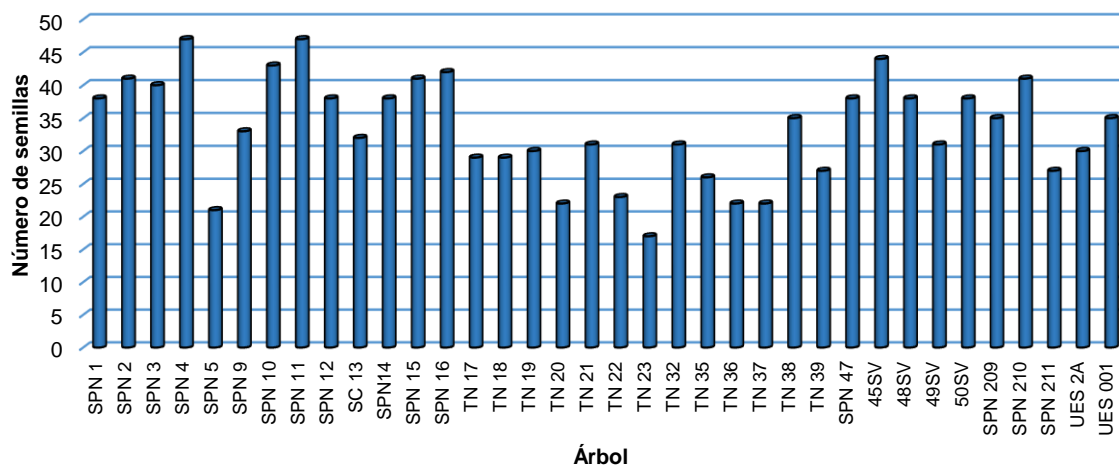


Figura 36. Número de semillas por mazorca de cacao.

#### 4.2.5.3. Largo de semillas

El árbol que presentó el mayor largo de semilla fue el SPN 11 con 2.65 cm, el menor valor lo presentó el árbol TN 19 con 1.86 cm (Figura 37). El valor promedio fue 2.25 cm (Cuadro A 6).

Martínez (2007), menciona que el largo de la semilla varió entre 1.8 cm (Copacabana) a 2.9 cm (San Silvestre).

#### 4.2.5.4. Ancho de semillas

El árbol que presentó el mayor ancho de semilla fue el SPN 12 con 1.54 cm, el menor valor lo presentó el árbol SPN 10 con 0.79 cm (Figura 37). El valor promedio fue 2.02 cm (Cuadro A 6).

Martínez (2007), presentó que el mayor ancho de semilla (1.3 cm) fue para los genotipos de San Silvestre, mientras que el menor ancho de semilla (0.9 cm) lo obtuvieron los genotipos de Cachichira, Tequeje y Copacabana.

#### 4.2.5.5. Espesor de semillas

El árbol que presentó el mayor espesor de semilla fue el SPN 3 con 1.30 cm, el menor valor lo presentó el árbol 48 SV con 0.57 cm (Figura 37). El valor promedio fue 0.95 cm (Cuadro A 6).

El CATIE (2016), reportó que el clon CATIE-R4 presentó el mayor espesor de semillas con 1.3 cm y el clon CC-137 el menor valor con 0.90 cm.

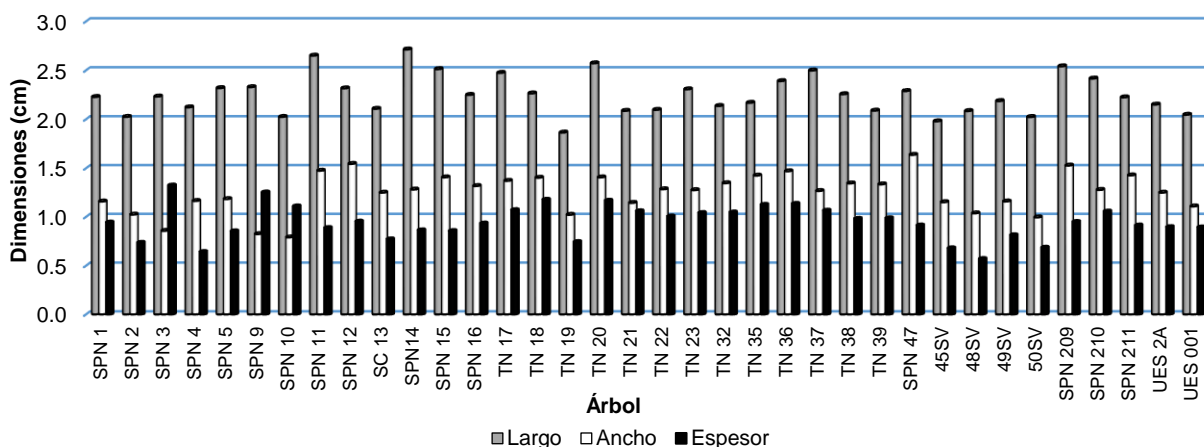


Figura 37. Largo, ancho y espesor de las semillas de cacao.

#### 4.2.5.6. Peso seco de semilla

El material 50 SV presentó el mayor peso seco de la semilla con 1.98 g, el menor valor lo presentó el árbol TN 23 con 0.73 g (Figura 38). El valor promedio fue 1.35 g (Cuadro A 6).

López y Guardado (2018), reportan que en el árbol Arcatao 5 obtuvieron el peso seco máximo de semilla con 2.26 g y el árbol Santa Clara 13 el peso seco mínimo con 0.54 g. El promedio es de 1.05 g.

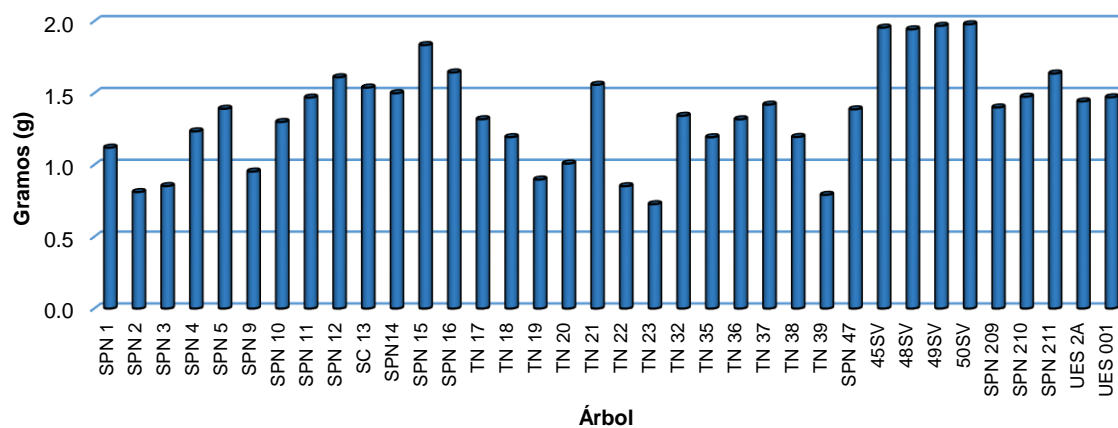


Figura 38. Peso seco de las semillas de cacao.

#### 4.2.5.7. Índice de semilla

El árbol TN 23 presentó el mayor Índice de semilla con 137.65 semillas, el menor valor lo presentó el árbol 50 SV con 50.53 semillas (Figura 39). El valor promedio fue 79.44 semillas (Cuadro A 6).

Guevara y Salazar (2015), reportó que el índice de semilla más alto y de promedio elevado lo registró el clon SPA-9, con un número de 119.3 semillas, los más bajos índices y mejores promedios lo registraron los clones UF-650, UF-12 y GS-36, con un valor que va de 52.7 a 55.7 semillas. Estos datos son similares en ambas investigaciones.

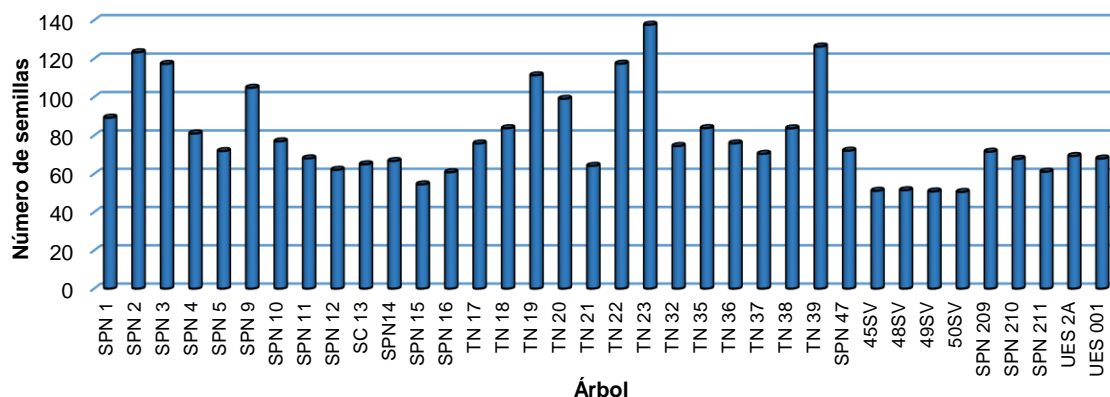


Figura 39. Índice de semillas.

#### 4.3. Coeficiente de variación de las variables cuantitativas

En el cuadro 12 se presentan las variables cuantitativas con su respectivo coeficiente de variación, donde se observa que algunas tienen un comportamiento homogéneo (entre 0 y 20%) y otras un comportamiento heterogéneo (arriba del 20%), basados en su coeficiente de variación, resultado de los análisis estadísticos, explicándose esta tendencia a las condiciones en que fueron encontrados los árboles, con muy poco o ningún manejo agronómico, y que la edad de los árboles muestreados varió significativamente entre el grupo de individuos evaluados, esto incidió directamente en la altura, diámetro, número de mazorcas y el resto de variables, generando valores altos y dispersos en su coeficiente de variación.

ANACAFE (2004), mencionó que en el manejo agronómico del cacao, el suelo es el medio fundamental en el desarrollo uniforme de cacaotales, por lo tanto, se debe proteger contra los rayos directos del sol ya que degradan rápidamente la capa de humus que pueda contener.

La hojarasca y la sombra ayudan a mantener la humedad durante los meses de sequía. Donde exista exceso de agua es preciso una evacuación adecuada para evitar el anegamiento del cultivo. En zonas de menor precipitación pluvial se utilizarán los porcentajes de sombra adecuados para evitar una pérdida excesiva de humedad en el suelo.

Antes de iniciar un plan de fertilización es conveniente realizar un análisis de la fertilidad del suelo. El programa de fertilización establecido indica el tipo de fertilizante a aplicar, la cantidad y el momento de aplicarlo para satisfacer las necesidades nutricionales de las plantas.

La poda es una técnica que consiste en eliminar todos los chupones y ramas innecesarias, así como las partes enfermas y muertas del árbol. La poda ejerce un efecto directo sobre el crecimiento y producción del cacaotal ya que se limita la altura de los árboles y se disminuye la incidencia de plagas y enfermedades. Hay varios tipos de poda: de formación, mantenimiento, fitosanitaria y de rehabilitación ANACAFE (2004).

En cuanto a las plagas, el cacao es una de las plantas que al mismo tiempo que pueden sufrir daños considerables a causa de los insectos, también necesita de algunos de ellos en ciertos procesos reproductivos; por lo cual, un abuso en el uso indiscriminado de insecticidas puede conducir a posteriores fracasos económicos.

En condiciones de colecta de germoplasma para su rescate generalmente no se toma en cuenta el manejo agronómico de los árboles, ya que la mayoría de veces están aislados, considerando que en los bancos de germoplasma con un manejo agronómico adecuado van a expresar su potencial de producción ANACAFE (2004).

Cuadro 12. Coeficiente de variación de las variables cuantitativas.

Variables		Desviación típica	Coeficiente de variación
Árbol	Número de chupones por árbol	1.29	<b>113.33**</b>
	Diámetro a la altura del pecho (cm)	2.53	<b>35.00**</b>
	Altura (m)	1.31	<b>32.32**</b>
	Número de mazorcas	33.63	<b>99.07**</b>
Hoja	Largo (cm)	5.98	18.23*
	Ancho (cm)	2.03	16.80*
	Largo de la base hasta el punto más ancho (cm)	16.80	18.85*
Flor	Número de flores por cojinetes	0.90	<b>20.61**</b>
	Número de cojinetes por metro lineal	7.90	<b>24.34**</b>
	Longitud del sépalo (mm)	0.55	8.29*
	Ancho del sépalo (mm)	0.25	12.40*
	Largo del estaminodio (mm)	0.48	8.91*
	Largo del estilo (mm)	0.17	8.13*
	Largo del ovario (mm)	0.25	16.05*
	Ancho del ovario (mm)	0.23	20.00*
	Número de óvulos por ovario	15.63	<b>23.41**</b>
Fruto	Longitud (cm)	2.52	14.73*



	Diámetro (cm)	0.97	12.39*
	Peso de mazorca (g)	174.48	<b>38.62**</b>
	Profundidad de los surcos (mm)	1.76	<b>53.11**</b>
	Espesor de caballete (mm)	3.26	<b>24.81**</b>
	Peso de la cáscara (g)	147.83	<b>44.47**</b>
	Grosor de la cáscara (mm)	2.95	<b>29.83**</b>
	Índice de mazorca	13.64	<b>52.22**</b>
	Peso de semilla, placenta y mucilago (g)	38.80	<b>34.13**</b>
	Número de semillas	7.82	<b>23.41**</b>
Semilla	Largo de semillas (cm)	2.00	8.91*
	Ancho de semillas (cm)	2.02	16.15*
	Espesor de semillas (mm)	1.74	18.36*
	Peso seco (g)	0.35	<b>25.71**</b>
	Índice de semilla	23.20	<b>29.20**</b>

\* Comportamiento homogéneo (entre 0 y 20%).

\*\*Comportamiento heterogéneo (arriba del 20%).

#### 4.4. Análisis bromatológico de las semillas de 36 árboles de cacao

El análisis bromatológico permitió conocer los contenidos nutricionales de la semilla de los frutos colectados de los árboles caracterizados *in situ*: humedad parcial, humedad total, materia seca, grasa, proteína, fibra, carbohidratos, ceniza, hierro, zinc y calcio.

##### 4.4.1. Humedad parcial y total

Las semillas del árbol que presentaron mayor contenido de humedad parcial fue el TN 19 con 23.08% y el que menor valor mostró fue el SPN 3 con 4.92% (Figura 40). El promedio de humedad parcial de las semillas fue 11.36% (Cuadro A 7), la desviación estándar de 3.87% y el coeficiente de variación de 34.11%, lo que indica que el comportamiento de la variable fue altamente heterogéneo (Cuadro 13).

Las semillas del árbol que presentaron mayor contenido de humedad total fue el SC 13 con 3.77% y el que menor contenido mostró fue el SPN 2 con 0.54% (Figura 40). El promedio de humedad total de las semillas fue 2.20% (Cuadro A 7), la desviación estándar de 0.75% y el coeficiente de variación de 34.05% lo que indica que el comportamiento de la variable fue altamente heterogéneo (Cuadro 13).

López y Ortiz (2016), obtuvieron una humedad parcial promedio de 50.53% en las semillas de las mazorcas de 21 árboles de cacao caracterizados.

Gutiérrez Hernández (2011), encontró en sus estudios agromorfológicos y fisicoquímico de los ecotipos de cacao, un rango promedio de humedad total de 3.54% a 8.41%. También López Hernández y Ortiz Mejía (2016), obtuvieron en sus evaluaciones que la humedad total promedio en las semillas de las mazorcas de 21 árboles fue de 3.96%.

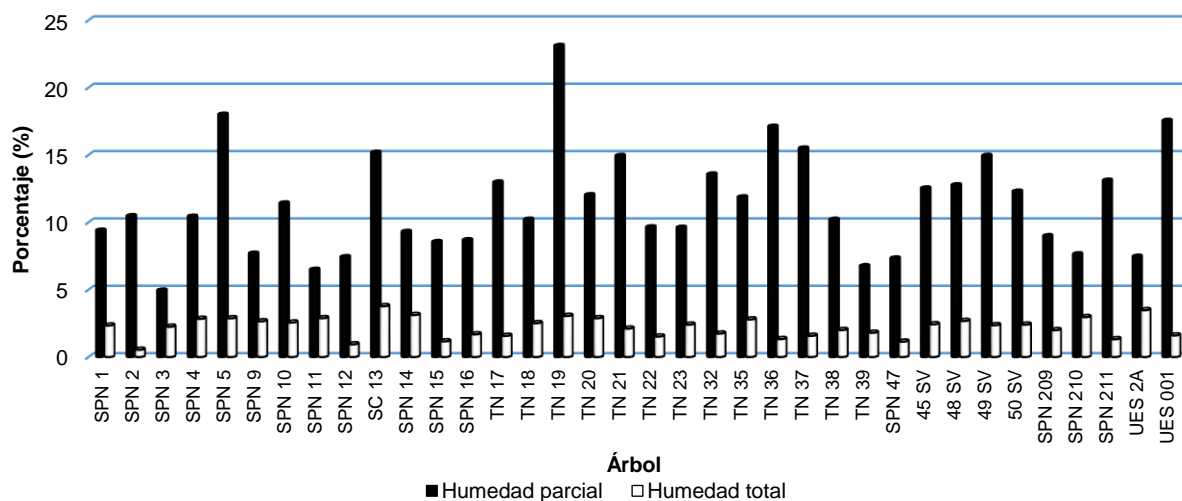


Figura 40. Contenido de humedad parcial y total de las semillas de cacao.

#### 4.4.2. Materia seca

Las semillas del árbol que presentaron mayor contenido de materia seca fue el SPN 47 con 91.56% y el que presentó menor valor fue el TN 19 con 53.85% (Figura 41). El valor promedio fue 80.89% (Cuadro A 7), la desviación estándar de 7.54% y el coeficiente de variación de 9.17% (Cuadro 13).

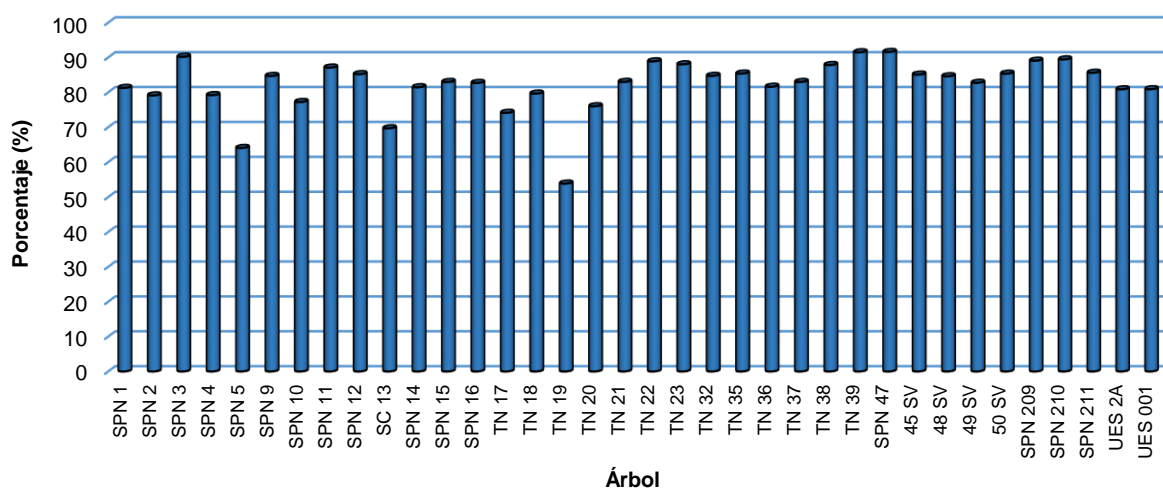


Figura 41. Contenido de materia seca de las semillas.

#### **4.4.3. Extracto etéreo (grasa), proteína y fibra cruda**

Las semillas del árbol que presentaron el mayor contenido de grasa fue el 50 SV con 54.31% y el que presentó menor contenido de grasa fue el TN 35 con 37.06% (Figura 42). El contenido promedio de grasa fue 44.56% (Cuadro A 7), la desviación estándar de 4.81% y el coeficiente de variación de 10.79% (Cuadro 13).

Bedoya Vergara (2016), en los resultados obtenidos en Caldas, Antioquia, Colombia indica, que los clones Caucasia 37 y San Vicente 155 presentaron contenido de grasa de 57% y 52%; respectivamente, este reporte coincide con los resultados de esta investigación, sobre todo con el germoplasma de almendra oscura, ya que los árboles de Tenancingo presentaron valores inferiores de grasa entre 37.06% a 43.16%, al respecto López y Guardado (2018), reportan para germoplasma de almendra oscura valores superiores al 50%, mientras que los de almendra blanca casi siempre son menores al 50%, estas variaciones se asocian al origen genético.

Las semillas del árbol que presentaron el mayor contenido de proteína fue el SPN 47 con 23.61% y el que presentó menor contenido de proteína fue el TN 19 con 11.23% (Figura 42). El contenido promedio de proteína fue 19.35% (Cuadro A 7), la desviación estándar de 2.75% y el coeficiente de variación de 14.21% (Cuadro 13).

Bedoya Vergara (2016), reportó que los clones Caucasia 37 y San Vicente 155 presentaron valores de 13.3% y 12.1% de contenido de proteína, respectivamente.

Las semillas del árbol que presentaron el mayor contenido de fibra fue el SPN 16 con 30.10% y el que presentó menor contenido fue el SPN 11 con 5.47% (Figura 42). El contenido promedio de fibra fue 15.52% (Cuadro A 7), la desviación estándar de 6.81% y el coeficiente de variación de 43.90% (Cuadro 13).

Bedoya Vergara (2016), reportó que los clones Caucasia 37 y San Vicente presentaron valores de contenido de fibra de 11.6% y 5.1%, respectivamente.

López y Guardado (2018), reportaron en El Salvador a los árboles Santa Clara 10 y Santa Clara 4 con valores de 24.90% y 2.3%, respectivamente. Al analizar a los autores respecto a los resultados de esta investigación se observa una tendencia parecida entre clones con

proporciones en sus contenidos de fibra muy alejados entre sus valores, probablemente obedezca a factores genéticos muy particulares de los clones.

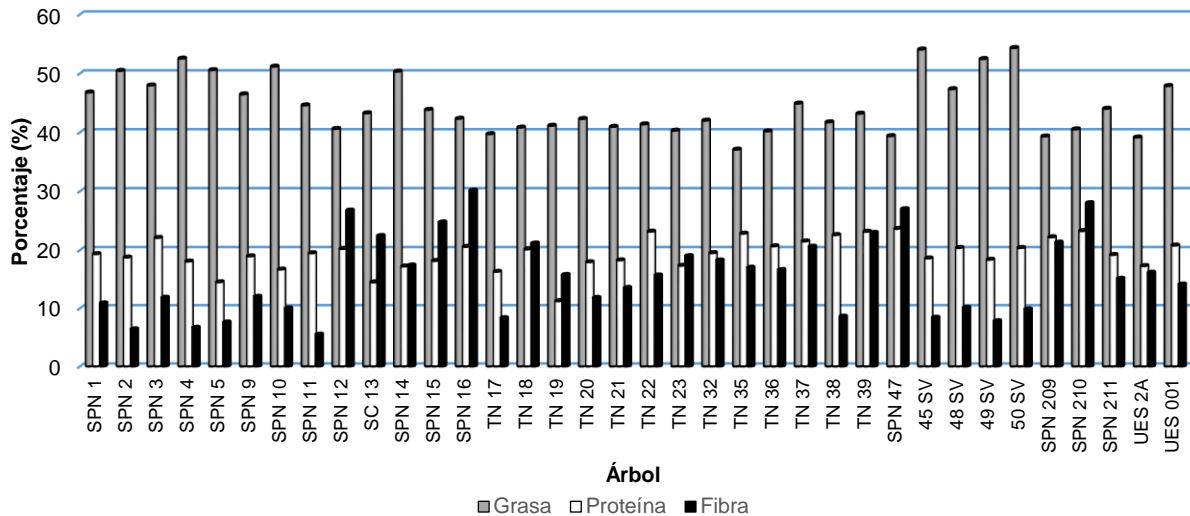


Figura 42. Contenido de grasa, proteína y fibra cruda de la semilla.

#### 4.4.4. Carbohidratos

Las semillas del árbol que presentaron mayor contenido de carbohidratos fue el TN 19 con 27.23% y el que presentó menor valor fue el SPN 16 con 2.39% (Figura 43). El valor promedio de las semillas fue 15.31% (Cuadro A 7), la desviación estándar de 6.21% y el coeficiente de variación de 40.54% (Cuadro 13).

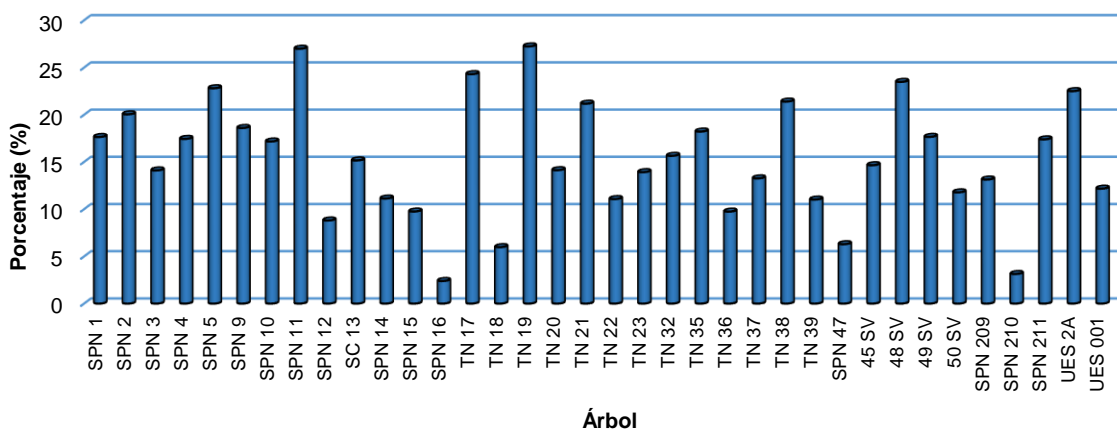


Figura 43. Contenido de carbohidratos en las semillas de cacao.

#### 4.4.5. Ceniza

Las semillas del árbol TN 21 presentaron el mayor contenido de ceniza con 6.14% y las semillas del árbol SPN 11 presentaron el menor contenido con 3.49% (Figura 44). El valor promedio fue 4.62% (Cuadro A 7), la desviación estándar de 0.67% y el coeficiente de variación de 14.58% (Cuadro 13).

Bedoya Vergara (2016), presentó que los clones evaluados Caucasia 37 y Maceo 14 presentaron valores de 9% y 5%, respectivamente.

Enríquez, citado por Vicencio (2001), en su estudio de los parámetros de la calidad del cacao, menciona que el porcentaje de ceniza del grano es uno de los componentes que permite distinguir al cacao común con menos de 2.5% de ceniza del criollo de aroma fino con porcentajes superiores al 3%.

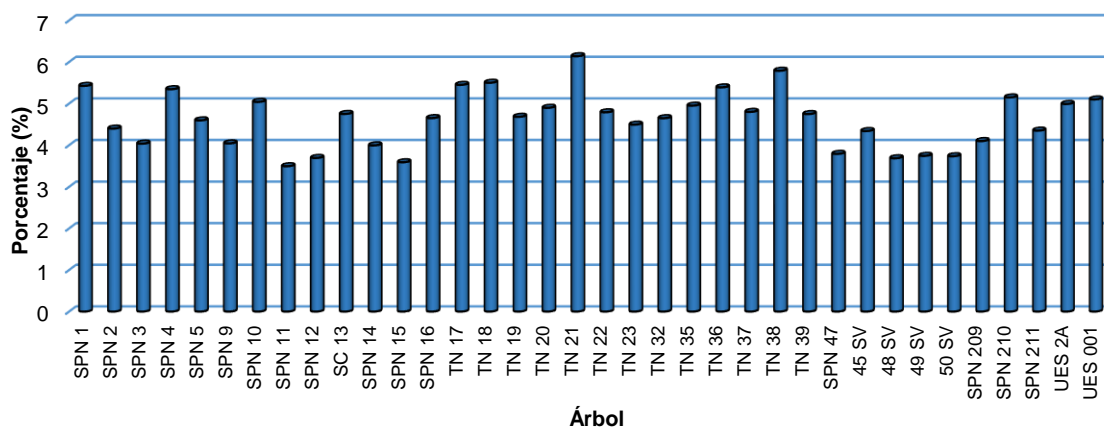


Figura 44. Contenido de ceniza en las semillas de cacao.

#### 4.4.6. Hierro y zinc

Las semillas del árbol que presentaron el mayor contenido de hierro fue el TN 22 con 42.80% y el que menor valor mostró fue el SPN 14 con 14.47% (Figura 45). El promedio de hierro fue 30.30% (Cuadro A 7), la desviación estándar de 6.99% y el coeficiente de variación de 23.08% (Cuadro 13).

Las semillas del árbol que presentaron el mayor contenido de zinc fue el UES 001 con 63.97% y el que presentó menor valor fue el TN 21 con 38.06% (Figura 45). El contenido promedio de

zinc fue 50.57% (Cuadro A 7), la desviación estándar de 6.32% y el coeficiente de variación de 12.49% (Cuadro 13).

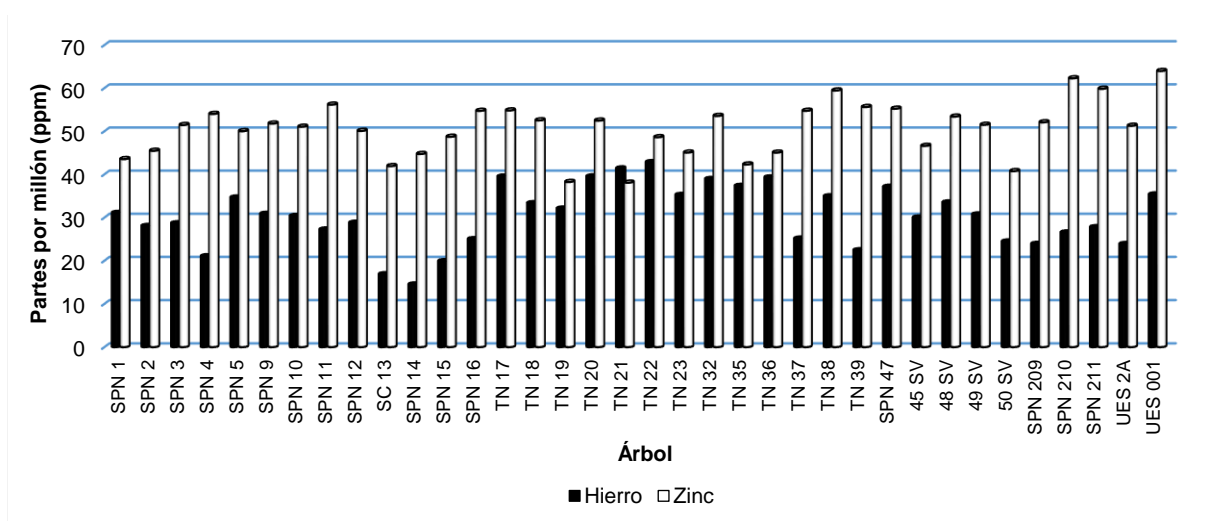


Figura 45. Contenido de hierro y zinc en las semillas de cacao.

#### 4.4.7. Calcio

Las semillas de los árboles de cacao que presentaron mayor contenido de calcio fueron SPN 3, SPN 12, TN 21, TN 32 y TN 38 con 0.15% y las semillas de los árboles que presentaron menor contenido fueron el SPN 11, SPN 14, SPN 15, SPN 16, SPN 47, SPN 209, SPN 210, SPN 211, TN 23, TN 36, UES 2A y UES 001 con 0.05% (Figura 46). El contenido promedio fue 0.09% (Cuadro A 7), la desviación estándar de 0.04% y el coeficiente de variación de 37.89% (Cuadro 13).

López y Guardado (2018), reportaron que el árbol Santa Clara 2 presentó el mayor valor con 0.89% de calcio, el menor valor lo mostró el árbol Arcatao 2 con 0.37%.

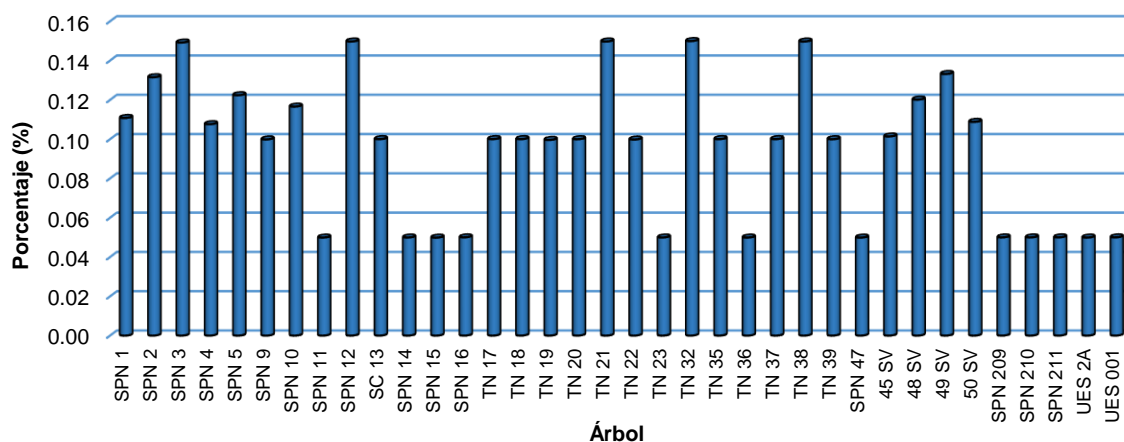


Figura 46. Contenido de calcio en las semillas de cacao.

En el cuadro 13 se muestra el análisis bromatológico con su respectivo coeficiente de variación, donde se observa que algunos de estos tienen un comportamiento homogéneo (entre 0 y 20%) y otros heterogéneo (arriba del 20%), basados en su coeficiente de variación, resultado de los análisis estadísticos, explicándose esta tendencia a las condiciones en que fueron encontrados los árboles, con muy poco o ningún manejo agronómico, generando valores altos y dispersos en su coeficiente de variación.

Tannenbaum (2004), menciona que el contenido de grasa presente en las semillas de cacao y sus especies afines depende principalmente de la variedad y de las condiciones ambientales como el clima y el suelo.

Cuadro 13. Coeficiente de variación en el análisis bromatológico de la semilla.

Bromatológico	Promedio	Desviación típica	Coeficiente de variación
<b>Grasa (%)</b>	44.56	4.81	<b>10.79*</b>
<b>Proteína (%)</b>	19.35	2.75	<b>14.21*</b>
<b>Fibra cruda (%)</b>	15.52	6.81	43.90**
<b>Carbohidratos (%)</b>	15.31	6.21	40.54**
<b>Hierro (ppm)</b>	30.30	6.99	23.08**
<b>Zinc (ppm)</b>	50.57	6.32	<b>12.49*</b>
<b>Calcio (%)</b>	0.09	0.04	37.89**

\* Comportamiento homogéneo (entre 0 y 20%).

\*\*Comportamiento heterogéneo (arriba del 20%).

#### 4.5. Análisis de suelo

Los muestreos de suelo se realizaron en las propiedades ubicadas en San Pedro Nonualco y Tenancingo, de los productores: Otoniel López Beltrán (P1), Inocente Hernández (P2), Sergio

Antonio Orellana Menjivar (P4) y José Arnulfo Jiménez (P5), así como también en la propiedad donde se estableció el banco de germoplasma (P3) en San Pedro Nonualco (Cuadro A 8).

#### **4.5.1. PH**

La finca donde se estableció el banco de germoplasma en San Pedro Nonualco presentó el pH más alto con 6.67, el menor pH fue de 5.40 en la finca de Inocente Hernández en Tenancingo (Cuadro 14).

PROCAFE (2007), menciona que el pH adecuado en el suelo para café es entre 5.5 a 6.5 (Cuadro A 9).

López y Guardado (2018), reportaron en su investigación realizada en El Salvador que la muestra de suelo de Arcatao, Chalatenango, presentó la máxima concentración de iones Hidrógeno con 6.57 y la menor concentración de pH fue en el suelo de la hacienda Cooperativa Santa Clara con 6.28. La concentración de pH promedio fue 6.36.

#### **4.5.2. Materia orgánica**

La finca que presentó el mayor contenido de materia orgánica fue la de Inocente Hernández en Tenancingo con 3.84%, el menor valor se encontró en la finca de Arnulfo Jiménez en San Pedro Nonualco con un 0.17% (Cuadro 14).

PROCAFE (2007), reportó que el porcentaje óptimo de materia orgánica en el suelo para café es de 2.1 a 5.7% (Cuadro A 9).

López y Guardado (2018), reportaron que el suelo de la cooperativa Santa Clara presentó el mayor contenido de materia orgánica con 4.66%, el menor contenido se registró en el suelo de Arcatao con 2.95%. El contenido promedio de materia orgánica de los cuatros lugares muestreados fue 3.17%.

#### **4.5.3. Calcio**

La finca que presentó el mayor contenido de calcio fue la de Inocente Hernández en Tenancingo con 9 meq.100 g<sup>-1</sup>, las propiedades que presentaron el menor porcentaje fueron las de Arnulfo Jiménez y Sergio Orellana en San Pedro Nonualco con 4.40 meq.100 g<sup>-1</sup> (Cuadro 14).



PROCAFE (2007), reportó que el valor óptimo de calcio en el suelo para café es de 5 a 11 meq.100 g<sup>-1</sup> (Cuadro A 9).

#### **4.5.4. Magnesio**

La propiedad que presentó el mayor contenido de magnesio fue la Arnulfo Jiménez en San Pedro Nonualco con 4 meq.100 g<sup>-1</sup>, el menor valor lo presentó la finca de Inocente Hernández en Tenancingo con 3.36 meq.100 g<sup>-1</sup> (Cuadro 14).

PROCAFE (2007), reportó que el valor óptimo de magnesio en el suelo en café es de 0.82 a 1.85 meq.100 g<sup>-1</sup> (Cuadro A 9).

#### **4.5.5. Nitrógeno**

La propiedad que presentó el mayor porcentaje de nitrógeno fue la del banco de germoplasma en San Pedro Nonualco con 0.46%, el menor valor lo presentó la propiedad del señor Arnulfo Jiménez en San Pedro Nonualco con 0.24% (Cuadro 14).

#### **4.5.6. Fósforo**

La finca que presentó el mayor contenido de fósforo fue la de Sergio Orellana en San Pedro Nonualco con 612.11 ppm, el menor valor lo presentó la propiedad donde está ubicado el banco de germoplasma en San Pedro Nonualco con 314.44 ppm (Cuadro 14).

PROCAFE (2007), señala que el valor óptimo de fósforo en el suelo para café es de 20 a 45 ppm (Cuadro A 9).

#### **4.5.7. Potasio**

La propiedad que presentó el mayor contenido de potasio fue la de Sergio Orellana en San Pedro Nonualco con 1,720.00 ppm, el menor valor lo presentó la propiedad de Inocente Hernández en Tenancingo con 566.21 ppm (Cuadro 14).

PROCAFE (2007), indica que el valor óptimo de potasio en el suelo en café es de 200 a 282 ppm (Cuadro A 9).

#### 4.5.8. Programa de encalado y fertilización

De acuerdo a los resultados obtenidos en los análisis de suelo se hace la siguiente recomendación sobre el programa de encalado y fertilización a seguir para plantas de cacao adultas (más de 3 años), en plantas de un año de edad usar la mitad de las dosis recomendadas:

- Aplicar en abril cal Agrícola en dosis de 8 onzas.planta<sup>-1</sup>.
- 1ª fertilización: realizarla en mayo-junio y aplicar Urea en dosis de 3 oz.planta<sup>-1</sup>.
- 2ª fertilización: realizarla en julio-agosto y aplicar Sulfato de Amonio en dosis de 6 oz.planta<sup>-1</sup>.
- 3ª fertilización: realizarla en septiembre-octubre y aplicar Urea en dosis de 3 oz.planta<sup>-1</sup>.

NOTA: se utilizaron datos de requerimientos nutricionales de suelo para café, ya que no se encontró análisis completos de suelo para cacao.

Cuadro 14. Resultados del análisis de suelo de las propiedades muestreadas.

Propiedad	pH	Materia orgánica (%)	Calcio (meq.100g <sup>-1</sup> )	Magnesio (meq.100g <sup>-1</sup> )	Nitrógeno (%)	Fósforo (ppm)	Potasio (ppm)
P1	6.49	2.63	7.60	3.75	0.33	353.17	1339.73
P2	6.31	3.84	9.00	3.36	0.31	388.61	566.21
P3	6.67	2.49	5.00	3.64	0.46	314.44	1638.69
P4	5.40	3.31	4.40	3.50	0.35	612.11	1720.00
P5	6.46	0.17	4.40	4.00	0.24	356.04	1565.10

#### 4.6. Coeficientes de correlación (r) de las variables de los análisis de suelo, bromatológico y variables de mazorcas

Con el análisis del coeficiente de correlación se ha logrado establecer alguna asociación directa entre las variables relacionadas con el tipo de suelo, análisis de suelo, análisis bromatológico y algunas variables de mazorcas y semillas. A continuación, se presentan las correlaciones de relevancia:

Al realizar las correlaciones para determinar la influencia de la calidad de sitio en algunas de las variables de producción o de contenido nutricional se determinó que el pH presentó de ligeras a altas correlaciones positivas con la fibra cruda  $r = 0.69$ ; zinc  $r = 0.76$  e índice de semilla  $r = 0.86$ . También se encontraron correlaciones ligeras y altamente negativas del pH con nitrógeno  $r = - 0.60$ ; fósforo  $r = - 0.99$ ; Grasa  $r = - 0.61$ ; Calcio en el grano  $r = - 0.87$  y peso seco de semilla  $r = - 0.91$ .

Rodríguez Suppo (1982), menciona que en suelos alcalinos se reduce la cantidad de zinc asimilable, el pH del suelo determina esta disponibilidad. La carencia de zinc en el suelo afecta importantes procesos metabólicos como la formación de sustancias de crecimiento, produce entrenudos cortos, yemas con escaso vigor vegetativo, crecimiento general reducido, hojas terminales pequeñas y en casos extremos no se forman las semillas.

Cakmak (2015), menciona que los excesos de fósforo reducen la infección de las micorrizas los cuales son hongos benéficos los cuales ayudan a incrementar el sistema radicular de una planta, lo que afecta significativamente la absorción de zinc.

UEX (2005), menciona que el pH afecta a la actividad microbiana necesaria para provocar la transformación de ciertos elementos, que se liberan en formas no asimilables y han de sufrir una transformación química que permita su fácil absorción. Este es el caso del nitrógeno cuyas formas inorgánicas son todas solubles independientemente del pH reinante por lo que no debería verse afectada su asimilabilidad por aquel. Sin embargo, para valores de pH inferiores a 6 o superiores a 8 se atenúa la actividad bacteriana con lo que disminuye tanto la liberación de amonio como su oxidación a nitrato, y ello hace bajar la concentración de nitrógeno en forma asimilable.

Rodríguez Suppo (1982), menciona que el pH determina la disponibilidad de fosfatos asimilables por la planta, ya que, a medida aumenta el pH en el suelo crece la proporción de los fosfatos. En los suelos alcalinos los fosfatos asimilables se combinan principalmente con el calcio y el magnesio y se forman sales insolubles. Por otra parte, CENTA (2016) menciona que el fósforo presente en el suelo aumenta su disponibilidad incrementando el pH del suelo, siendo asimilable por la planta en la forma  $H_2P, O_4^-$  y  $HPO_4^{2-}$ .

Ibáñez (2007), señala que determinadas sales minerales que son esenciales para el desarrollo de las plantas, tal como el fosfato de calcio, son menos solubles a un pH alto, lo que tiene como resultado que bajo tales condiciones sean menos disponibles con vistas a ser absorbidos y nutrir las plantas.

González (s.f.), menciona que las grasas forman grupos de compuestos orgánicos principalmente de carbono, hidrógeno y oxígeno, ocasionalmente de nitrógeno, fósforo y azufre.

A pH mayores a 8.5 la disponibilidad, asimilación y absorción del calcio para la planta disminuye (CENTA 2016).

De igual manera se analizó la correlación de Pearson con la variable materia orgánica encontrando alta correlación positiva con nitrógeno  $r = 0.85$ ; proteína en el grano  $r = 0.84$  y hierro en el grano  $r = 0.84$ .

Gutiérrez (2018), señala que en el suelo, la principal fuente de nitrógeno para las plantas es la materia orgánica y las formas disponibles son: nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) y amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) y solo el 98-99% se encuentra en forma orgánica como parte del humus y no está disponible inmediatamente, ya que requiere de diversos procesos de mineralización. Aunque las plantas pueden fácilmente absorber ambas formas de nitrógeno, por lo general el amonio es rápidamente transformado en nitrato.

Lñon (s.f.), explica que el amonio producido por el nitrógeno que fija la bacteria es usualmente incorporado rápidamente en la proteína y otros compuestos de nitrógeno orgánico, ya sea por la planta anfitriona, por la misma bacteria, o por otro organismo del suelo.

La presencia de una cobertura de materia orgánica ayuda en el aumento de la productividad en el suelo, en la retención de humedad y de nutrientes, disminuye la compactación del suelo, mejora la aireación y la capacidad de intercambio catiónico, y disminuye los efectos de la sequía en el suelo (Amores *et al.* 2009).

Amores *et al.* (2009), señalan que un suelo capaz de mantener con éxito una plantación de cacao debe tener el contenido medio de materia orgánica (no menor del 3%.) en los 15 cm superiores del perfil del suelo.

Sánchez, citado por Amores *et al.* (2009), señala que la materia orgánica tiene influencia directa sobre el pH del suelo. Mientras que INPOFOS, citado por Amores *et al.* (2009), menciona que a medida que aumenta la acidez en el suelo se incrementa el contenido de hierro disponible en este, tornándose más asequible para la planta y distribuyéndose en esta.

Al analizar el nitrógeno en el suelo se encontró de ligeras y altas correlaciones positivas con fósforo  $r = 0.61$ ; proteína  $r = 0.89$  y con peso seco de grano  $r = 0.61$ .

García (s.f.), menciona que tanto el  $\text{NO}_3^-$  como el  $\text{NH}_4^+$  facilitan la absorción de fósforo. En el caso de  $\text{NH}_4^+$ , el motivo parece ser la excreción de iones  $\text{H}^+$  por parte de la planta cuando se administra el nitrógeno de esta forma en cantidades significativas. Estos  $\text{H}^+$  provocan una ligera acidificación del entorno radicular que puede favorecer la solubilidad de algunas sales de fósforo que de otra forma se encontrarían bloqueadas o en forma insoluble.

Calderón Alcaraz, citado por Parada Berrios *et al.* (2019), mencionan que el nitrógeno tiene influencia en el contenido de proteína de los productos vegetales, ya que es parte constituyente de ellos.

También al realizar las correlaciones del contenido de fósforo en el suelo se encontró de ligeras a altas correlaciones positivas con grasa  $r = 0.62$ ; calcio en grano  $r = 0.86$  y peso seco de grano  $r = 0.92$ . También se encontraron correlaciones ligeras y altamente negativas de fósforo en el suelo con fibra cruda  $r = -0.68$ ; zinc en el grano  $r = -0.75$  e índice de semilla  $r = -0.87$ .

González (s.f.), menciona que las grasas forman grupos de compuestos orgánicos principalmente de carbono, hidrógeno y oxígeno, y ocasionalmente de nitrógeno, fósforo y azufre.

García (s.f.), reporta una disminución en la disponibilidad de calcio cuando se aplican grandes cantidades de fosfatos, esto por la formación de fosfatos insolubles.

Cakmak (2015), menciona que los excesos de fósforo reducen la infección de las micorrizas, lo que afecta significativamente la absorción de zinc.

Calderón Alcaraz, citado por Parada Berrios *et al.* (2019), menciona que, el contenido de fósforo es un constituyente fundamental de los ácidos nucleicos, por lo que es indispensable para la vida, teniendo influencia en los procesos de reproducción al estimular la inducción floral y la formación de semillas en las mazorcas, mostrando su importancia no solo en la fase de vivero, sino, que en todas las etapas de los árboles. El mismo autor indica que el fósforo determina la formación de un buen sistema radicular.

Al analizar las correlaciones con la variable potasio en el suelo se encontró altas correlaciones positivas con magnesio  $r = 0.95$ ; grasa en grano  $r = 0.92$ ; número de semillas  $0.86$  y peso seco

de grano  $r = 0.70$ . También se encontraron correlaciones ligeras y altamente negativas de potasio en el suelo con calcio en el suelo  $r = - 0.86$ ; fibra cruda en el grano  $r = - 0.65$ ; hierro en el grano  $r = - 0.83$ ; índice de mazorca  $r = - 0.90$  e índice de semilla  $r = - 0.79$ .

Agromática (s.f.), menciona que si el pH del suelo es normal (cercano a 7), no existirá ningún problema de asimilación de potasio, pero si el pH es mayor a 8 se produce un antagonismo con el calcio.

García (s.f.), menciona que, en relación con el calcio y magnesio, un exceso de potasio puede dificultar la absorción de estos elementos. También señala que un exceso de potasio puede dificultar la absorción de algunos microelementos como el zinc.

Calderón Alcaraz, citado por Parada Berrios *et al.* (2019), menciona que el potasio actúa como propiciador de acciones enzimáticas, en la formación de semillas de mayor tamaño y tiene decisiva influencia sobre la resistencia que las plantas presentan frente al ataque de enfermedades.

Al realizar las correlaciones con la variable calcio en el suelo se presentó de ligeras a altas correlaciones positivas con la proteína  $r = 0.66$ ; fibra cruda en el grano  $r = 0.92$ ; hierro en el grano  $r = 0.67$ ; índice de mazorca  $r = 0.63$  e índice de semilla  $r = 0.667$ . También se encontraron correlaciones ligeras y altamente negativas del calcio en el suelo con magnesio  $r = - 0.70$ ; grasa en la semilla  $r = - 0.98$  y carbohidratos  $r = - 0.69$ .

Sela (s.f.), menciona que el calcio es una parte esencial de la pared celular de las plantas y fortalece la estructura de la pared celular. Esta forma un compuesto de pectato de calcio que da estabilidad a las paredes celulares de las células.

Sela (s.f.), comenta que el calcio compite con otros iones cargados positivamente, como lo es el magnesio ( $Mg^{+2}$ ). La aplicación de una cantidad mayor de estos iones puede disminuir la absorción de calcio por las plantas.

De igual manera se analizó la correlación de Pearson con la variable magnesio en el suelo encontrando ligeras y altas correlación positiva con grasa en el grano  $r = 0.75$ ; peso de mazorca  $r = 0.67$  y número de semillas  $r = 0.94$ . También se encontraron correlaciones ligeras

y altamente negativas del magnesio en el suelo con hierro en el grano  $r = - 0.91$ ; índice de mazorca  $r = - 0.88$  e índice de semilla  $r = - 0.65$ .

#### **4.7. Análisis de correlación**

Los resultados de las variables involucradas entre los descriptores muestran altas correlaciones positivas de  $r = 0.95$  en las variables número de óvulos y número de semillas hasta  $r = 0.63$  en las variables diámetro del fruto y peso de semilla (Cuadro A 10). El resto de correlaciones se encuentran incorporadas en la descripción de la variable correspondiente.

La medida de adecuación maestra Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) y la prueba de Bartlett muestran un valor de KMO de 0.396 y una significancia de 0.000, lo que indica que el modelo factorial es relativamente adecuado para explicar los datos (Cuadro A 11).

#### **4.8. Componentes principales**

El método de componentes principales tiene por objeto transformar un conjunto de variables, a las que se denomina originales, en un nuevo conjunto de variables denominadas componentes principales. Estas últimas se caracterizan por estar incorrelacionadas entre sí y, además, pueden ordenarse de acuerdo con la información que llevan incorporada (De la Fuentes Fernández 2011).

##### **4.8.1. Identificación de variables con mayor influencia en la formación de componentes**

La importancia de la comunalidad en un estudio de caracterización es identificar cuál o cuáles son las variables que presentan mayor asociación e influyen sobre el resto, e identificar cuáles son las que ejercen menor influencia, en esta investigación se utilizó para 42 variables en 36 árboles caracterizados (De la Fuentes Fernández 2011).

En el cuadro 15 se presentan que las variables largo de ovario  $r = 0.96$ , índice de semillas  $r = 0.96$ , número de óvulos  $r = 0.95$ , peso de fruto  $r = 0.95$  y número de semillas  $r = 0.95$  influyeron sobre el resto de variables, por lo que esta jerarquía ayudó en la formación de los componentes o grupos. Los resultados indican que la variable que menos contribuye a explicar el fenómeno por el modelo factorial es el contenido de zinc, ya que sólo puede reproducir un valor de  $r = 0.70$  de su variable, aunque este dato es muy aceptable.

Cuadro 15. Comunalidades de variables cuantitativas.

Comunalidades					
Variable	Inicial	Extracción	Variable	Inicial	Extracción
Humedad parcial (%)	1.000	0.854	Ancho de sépalo (mm)	1.000	0.784
Humedad total (%)	1.000	0.825	Largo de estaminodio (mm)	1.000	0.900
Materia seca (%)	1.000	0.911	Largo de estilo (mm)	1.000	0.749
Grasa (%)	1.000	0.835	Largo de ovario (mm)	1.000	0.962
Proteína (%)	1.000	0.905	Ancho de ovario (mm)	1.000	0.919
Fibra cruda (%)	1.000	0.893	Número de óvulos	1.000	0.953
Carbohidratos (%)	1.000	0.778	Largo de fruto (cm)	1.000	0.785
Ceniza (%)	1.000	0.782	Diámetro de fruto (cm)	1.000	0.916
Hierro (ppm)	1.000	0.824	Peso de fruto (g)	1.000	0.953
Zinc (ppm)	1.000	0.698	Profundidad de surcos (mm)	1.000	0.757
Calcio (%)	1.000	0.891	Espesor de caballete (mm)	1.000	0.905
Número de chupones	1.000	0.894	Peso de cáscara (g)	1.000	0.913
Diámetro a la altura del pecho (cm)	1.000	0.843	Grosor de cáscara (mm)	1.000	0.825
Altura (m)	1.000	0.758	Índice de mazorca	1.000	0.898
Número de mazorcas	1.000	0.847	Peso de semillas más placenta más mucílago (g)	1.000	0.860
Largo de hoja (cm)	1.000	0.926	Número de semillas	1.000	0.953
Ancho de hoja (cm)	1.000	0.929	Largo de semilla (cm)	1.000	0.846
Largo desde la base hasta el punto más ancho (cm)	1.000	0.937	Ancho de semilla (cm)	1.000	0.885
Número de flores por cojín	1.000	0.746	Espesor de semillas (cm)	1.000	0.940
Número de cojines por metro lineal	1.000	0.754	Peso seco de semilla (g)	1.000	0.937
Largo de sépalo (mm)	1.000	0.832	Índice de semillas	1.000	0.955

Método de extracción: análisis de componentes principales.

#### 4.8.2. Análisis de componentes principales y variables que influyeron en su formación

**El componente 1.** Contribuyó con 25.39% de la varianza total explicada (Cuadro A 12), las variables que se relacionaron para la formación de este fueron: peso de mazorca, peso de cáscara, diámetro de mazorca, espesor de caballete, grosor de cáscara, largo de mazorca, peso de semillas más placenta más mucílago, largo de semilla y ancho de semilla (Cuadro A 13), todas ellas influyendo de forma positiva.

**El componente 2.** Contribuyó con 14.98% de la varianza total explicada (Cuadro A 12), las variables que se relacionaron para la formación de este fueron: ancho de hoja, largo de hoja, largo desde la base hasta el punto más ancho de la hoja, diámetro a la altura del pecho, número de óvulos y número de semillas (Cuadro A 13), teniendo influencia positiva en la formación del componente.



**El componente 3.** Contribuyó con 9.02% de la varianza total explicada (Cuadro A 12), la variable que influyó de forma positiva fue: peso seco de semilla, todo lo contrario, con las variables: índice de semilla e índice de mazorca (Cuadro A 13), que presentan una correlación negativa pero que de igual forma contribuyen al componente.

**El componente 4.** Contribuyó con 6.12% de la varianza total explicada (Cuadro A 12), las variables que influyeron de forma positiva fueron: largo de estaminodio, largo de sépalo, número de óvulos y número de semillas, caso contrario con el número de flores por cojín (Cuadro A 13), ya que aporta de forma negativa al componente.

**El componente 5.** Contribuyó con 5.84% de la varianza total explicada (Cuadro A 12), las variables relacionadas fueron materia seca y proteína, y humedad parcial (Cuadro A 13) pero de forma negativa.

**El componente 6.** Contribuyó con 5.39% de la varianza total explicada (Cuadro A 12), las variables que influyeron de forma positiva fueron: carbohidratos y número de chupones, caso contrario con la variable fibra cruda (Cuadro A 13), ya que aporta de forma negativa al componente.

**El componente 7.** Contribuyó con 4.64% de la varianza total explicada (Cuadro A 12), las variables que influyeron de forma positiva fueron: grasa y número de mazorcas; las variables hierro y ancho de semilla hicieron su aporte al componente de forma negativa (Cuadro A 13).

**El componente 8.** Contribuyó con 3.61% de la varianza total explicada (Cuadro A 12), influenciado de forma positiva por las variables largo y ancho de ovario (Cuadro A 13).

**El componente 9.** Contribuyó con 3.31% de la varianza total explicada (Cuadro A 12), las variables que influyeron de forma positiva fueron: número de chupones y altura, la variable espesor de semilla influyó de manera negativa (Cuadro A 13).

**El componente 10.** Contribuyó con 2.88% de la varianza total explicada (Cuadro A 12), las variables que influyeron de forma positiva fueron: número de cojines por metro lineal, número de flores por cojín y humedad total, la variable zinc hizo el aporte de forma negativa en la formación del componente (Cuadro A 13).

**El componente 11.** Contribuyó con 2.57% de la varianza total explicada (Cuadro A 12), la variable que influyó de forma positiva fue ancho de sépalo, caso contrario a la variable ceniza que hizo su aporte al componente de forma negativa (Cuadro A 13).

**El componente 12.** Contribuyó con 2.42% de la varianza total explicada (Cuadro A 12), siendo la variable calcio (Cuadro A 13) la única en influir en la formación de este componente, que es el último y donde se hace el corte de los que muestran variabilidad, a partir de este el autovalor está por debajo de 1, lo que indica homogeneidad en las variables.

La figura 47 muestra la variabilidad existente en la especie con 86.33% de confiabilidad, con autovalores mayores a uno lo que da origen a 12 componentes y a partir de este los autovalores son menores a uno, lo que indica que no hay variabilidad y su comportamiento es homogéneo. El punto de corte fue en el componente 12, donde se forma un ángulo de 45° participando al menos una variable de la varianza total.

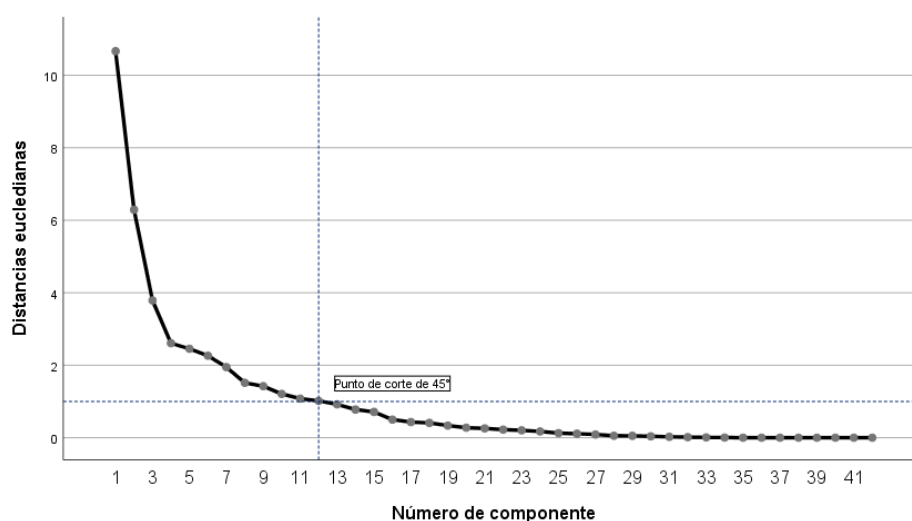


Figura 47. Proporción de la varianza explicada para cada componente principal en la caracterización de cacao.

#### 4.9. Análisis de conglomerados

El análisis clúster, conocido como análisis de conglomerados, es una técnica estadística multivariante que busca agrupar elementos (o variables) tratando de lograr la máxima homogeneidad en cada grupo y la mayor diferencia entre grupos (De la Fuentes Fernández 2011).

En la figura 48 se presentan las asociaciones que ocurrieron entre los materiales, debido a la similitud existente entre una o más variables, por lo tanto, se muestran 12 grupos, los cuales se describen a continuación:

**El conglomerado 1.** Está formado por los árboles SPN 1 y SC 13, encontrados en San Pedro Nonualco y Santa Clara, respectivamente, los cuales están siendo influenciados por las variables: peso de mazorca, peso de cáscara, diámetro del mazorca, largo de mazorca, largo de semilla, peso de semilla más placenta más mucílago y ancho de semilla, debido a la alta homogeneidad entre ellas, con coeficiente de variación menor al 10% y la variable espesor de caballete que presenta un coeficiente de variación abajo del 20% siendo esta homogénea, estas son características correspondientes a mazorca y semilla (Cuadro A 14).

**El conglomerado 2.** Muestra la agrupación de SPN 2 y SPN 3, ambos de San Pedro Nonualco, siendo influenciados por las variables: largo de hoja, ancho de hoja, largo desde la base hasta el punto más ancho de la hoja, diámetro a la altura del pecho, número de óvulos y número de semillas, presentando alta homogeneidad debido a que tienen coeficiente de variación menor al 10%, estas son características de árbol, hoja, flores y semilla (Cuadro A 15).

**El conglomerado 3.** Está formado por los árboles SPN 4, TN 17 y TN 18, el primero perteneciente a San Pedro Nonualco y el resto a Tenancingo, estos fueron influenciados por las variables: índice de semillas, peso seco de semillas, las cuales presentan alta homogeneidad al obtener un coeficiente de variación menor al 10% pero además en el conglomerado se encontró la variable índice de mazorca, la cual presenta heterogeneidad al tener un coeficiente de variación menor al 20%. Estos deben su agrupación debido a la similitud existente en las características de mazorca y semilla (Cuadro A 16).

**El conglomerado 4.** Está formado por los árboles SPN 5, SPN 211 y TN 20, encontrados en San Pedro Nonualco y Tenancingo, estos están influenciados por las variables: largo de estaminodio que presenta alta homogeneidad por tener un coeficiente de variación menor al 10%, largo de sépalo, número de flores por cojín, número de óvulos y número de semillas, son variables homogéneas con un coeficiente de variación menor al 20%. Este grupo se

caracteriza por presentar el menor valor en largo de sépalo y largo de estaminodio (Cuadro A 17).

**El conglomerado 5.** Está agrupado por los árboles SPN 9 y UES 2A, pertenecientes a San Pedro Nonualco y San Salvador, respectivamente, siendo influenciados por las variables: contenido de materia seca, proteína y humedad parcial, estos tienen similitud al análisis bromatológico de la semilla, presentando alta homogeneidad debido al coeficiente de variación menor al 10% (Cuadro A 18).

**En el conglomerado 6.** Se encuentran los árboles SPN 10, 45 SV (San Pedro Nonualco), TN 21, TN 32, TN 35, TN 37 (Tenancingo) y UES 001 (San Salvador), influenciados por las variables: contenido de carbohidratos, fibra cruda y número de chupones, siendo la primera una variable homogénea ya que presenta un coeficiente de variación menor al 20%, contrario a las dos variables restantes que son heterogéneas con coeficiente de variación arriba del 30% (Cuadro A 19).

**En el conglomerado 7.** Se encuentran los árboles SPN 11 y SPN 210, ambos pertenecientes a San Pedro Nonualco, los cuales están siendo influenciados por las variables: contenido de grasa, hierro y ancho de semilla con alta homogeneidad al presentar un coeficiente de variación menor al 10%, y la variable número de mazorca es altamente heterogénea por presentar un coeficiente de variación arriba del 40% (Cuadro A 20).

**En el conglomerado 8.** Se encuentran los árboles SPN 12 y SPN 15, ambos pertenecientes a San Pedro Nonualco, los cuales están siendo influenciados por las variables: largo de ovario, siendo esta homogénea al presentar un coeficiente de variación menor al 20%, y por la variable ancho de ovario que es moderadamente homogénea, por presentar un coeficiente de variación menor al 30%, estas son características de la flor (Cuadro A 21).

**En el conglomerado 9.** Se encuentran los árboles SPN 14, SPN 16, SPN 47 y SPN 209, todos pertenecientes a San Pedro Nonualco, los cuales están siendo influenciados por las variables: número de chupones, altura y espesor de semilla, siendo esta última altamente homogénea al presentar un coeficiente de variación menor al 10%, y el resto de variables son heterogéneas ya que presentan un coeficiente de variación arriba del 30%, estas son características de árbol y semilla (Cuadro A 22).

**En el conglomerado 10.** Se encuentran los árboles TN 19, TN 22, TN 23 y TN 36, todos pertenecientes a Tenancingo, los cuales están siendo influenciados por las variables: contenido de zinc, que es altamente homogénea por presentar un coeficiente de variación menor al 10%, el número de cojinetes por metro lineal y número de flores por cojinete son homogéneas ya que presenta un coeficiente de variación menor al 20% y contenido de humedad total, la cual es heterogénea ya que presenta un coeficiente de variación arriba del 30%, estas son características de la flor y análisis bromatológico (Cuadro A 23).

**En el conglomerado 11.** Se encuentran los árboles TN 38 (Tenancingo), 48 SV, 49 SV y 50 SV (San Pedro Nonualco), los cuales están siendo influenciados por las variables: ancho de sépalo y contenido de ceniza, la primera es altamente homogénea con un coeficiente de variación menor al 10% y la segunda es moderadamente homogénea con un coeficiente de variación menor al 30%, estas son características de la flor y análisis bromatológico (Cuadro A 24).

**El conglomerado 12.** Agrupó únicamente el árbol TN 39 perteneciente a Tenancingo, en el cual la única variable agrupada fue el contenido de calcio que es altamente homogénea esta es una característica del análisis bromatológico (Cuadro A 25).

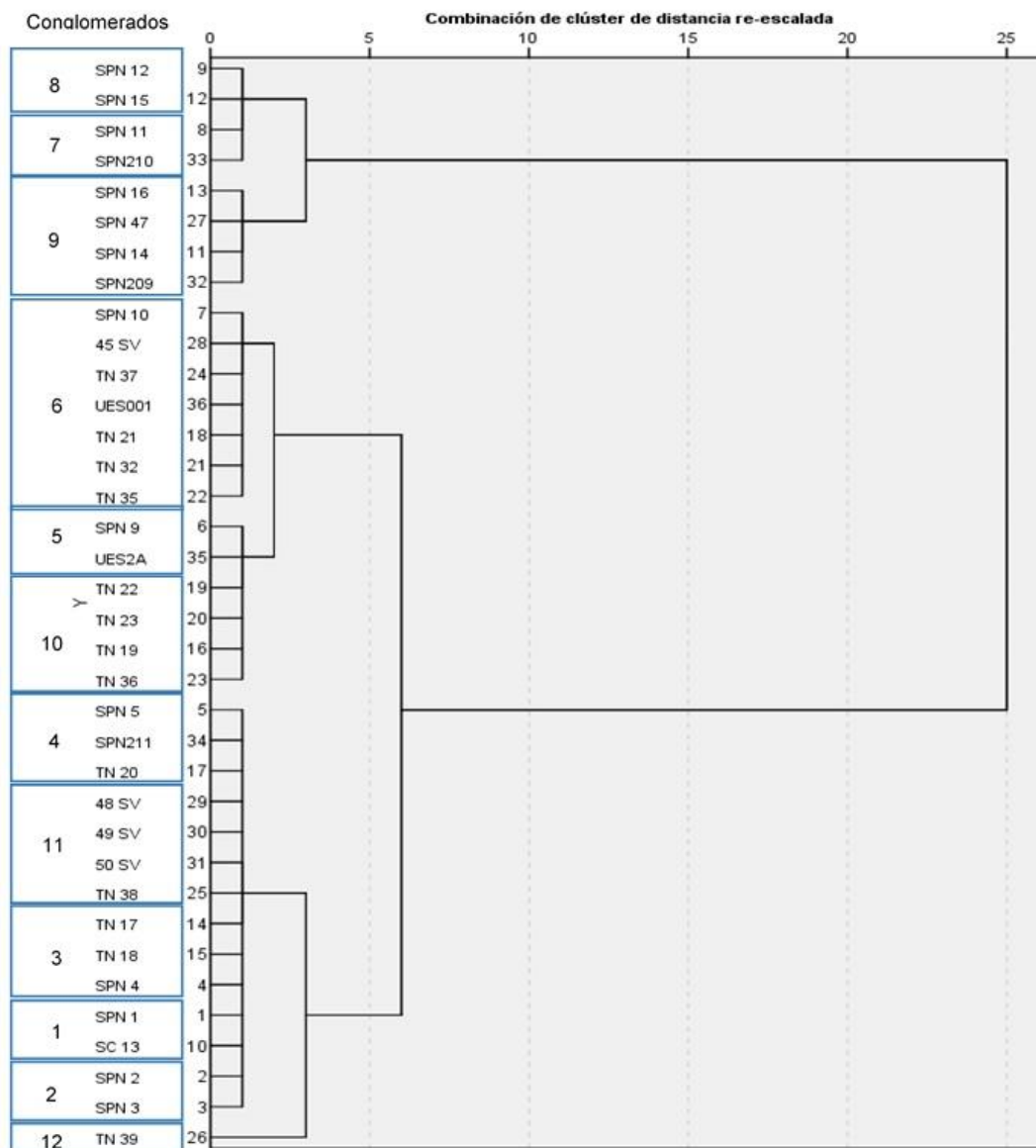


Figura 48. Dendrograma de distancias de 36 árboles de cacao.

#### 4.10. Banco de germoplasma de cacao establecido con productores en San Pedro Nonualco

El terreno consta de dos áreas, las cuales están divididas por 5 hileras de café en el centro. Ambas áreas constan de 12 surcos y 5 surcos de plantas de cacao respectivamente. El número de plantas de cacao varió de acuerdo a la longitud de cada surco, con un mínimo de siete y un máximo de 14 plantas. En la figura 49 se detalla el diseño y la distribución de cada planta establecida.

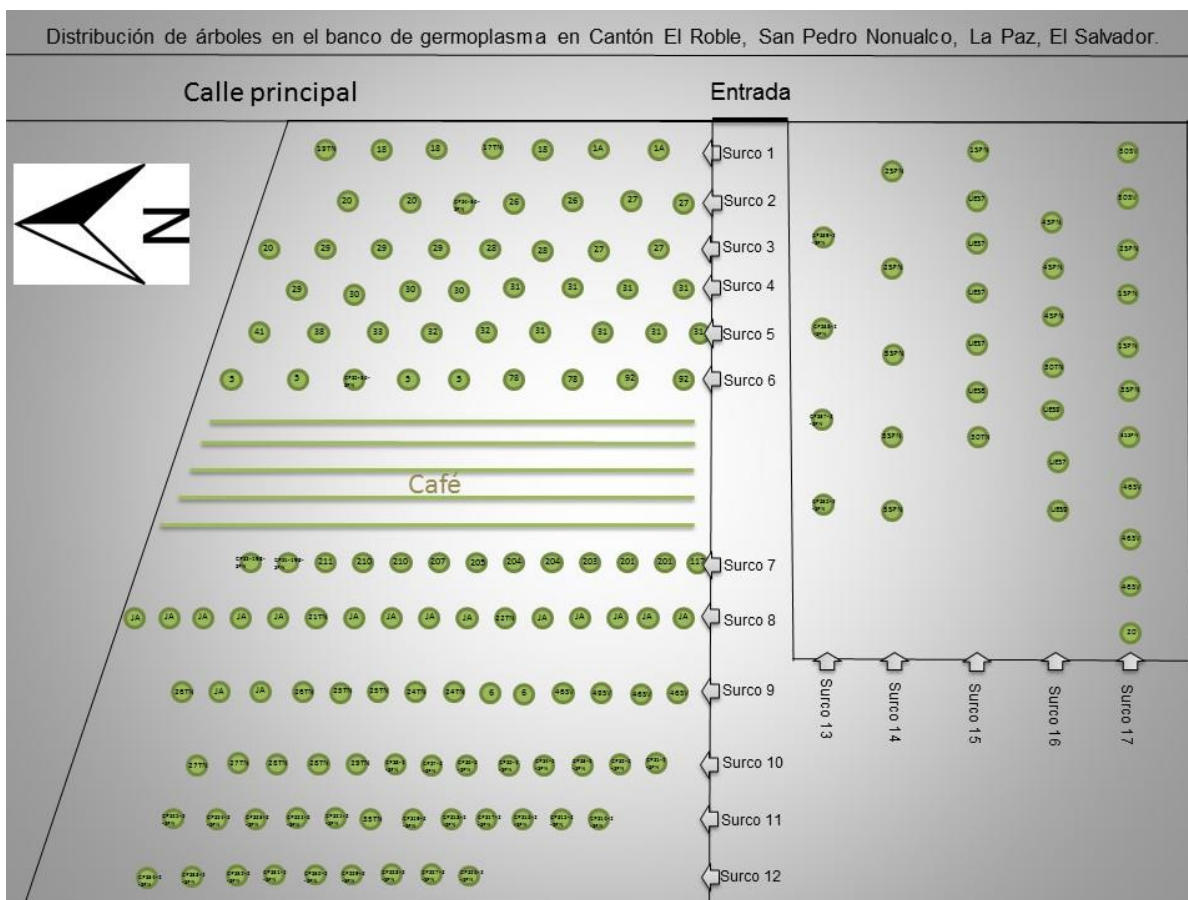


Figura 49. Banco de germoplasma de cacao.

En ambas parcelas se establecieron los cacaos colectados en los municipios de San Pedro Nonualco, San Luis Talpa, Tenancingo y San Salvador, colectas realizadas en investigaciones anteriores, plantas segregantes de semillas de cacao de almendra blanca también colectadas en otras investigaciones, entre otros materiales diversos de cacao que determine que el banco de germoplasma establecido tenga la mayor variabilidad genética representada principalmente por plantas de cacao con almendras blancas provenientes de cacaos criollos de aroma fino. A continuación, se presentan los datos registrados durante un año de las variables de crecimiento como la altura, diámetro del tallo y número de hojas de las plantas.

#### 4.10.1. Altura de los árboles establecidos en el banco de germoplasma

En la primera toma de datos de altura se observó que el mayor valor lo obtuvo el árbol 28 con 109.5 cm, el menor valor lo presentó el árbol 207 con 20 cm. Un mes después se realizó la

segunda toma de datos, el árbol 28 mantuvo la mayor altura con 112.5 cm y el árbol 207 con 24 cm fue la menor altura registrada. La tercera toma de datos se realizó seis meses después de la segunda toma, la mayor altura la obtuvo el árbol 38 con 133 cm y el menor valor se registró en el árbol 207 con 34 cm (Figura 50 y Cuadro A 26).

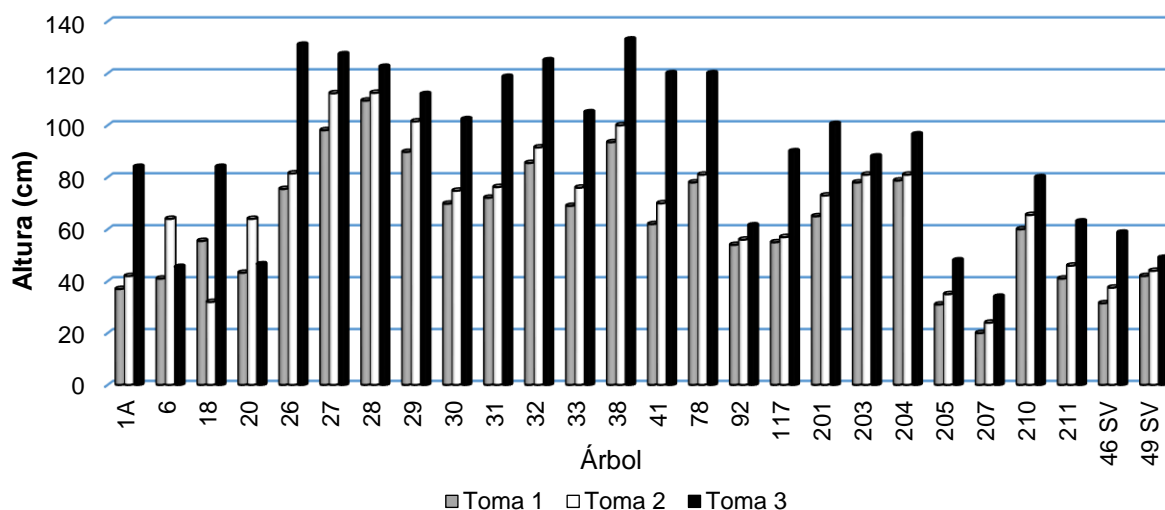


Figura 50. Altura de los árboles establecidos en el banco de germoplasma.

#### 4.10.2. Diámetro de los árboles establecidos en el banco de germoplasma

En la primera toma de datos del diámetro del tallo se observó que el mayor valor lo obtuvo el árbol 28 con 1.60 cm y el menor valor el árbol 6 con 0.24 cm. Un mes después se realizó la segunda toma de datos, el árbol 28 mantuvo el mayor diámetro con 1.65 cm y el árbol 6 con 0.55 cm fue el menor diámetro registrado. La tercera toma de datos se realizó seis meses después de la segunda toma, el mayor diámetro lo obtuvo el árbol 26 con 2.47 cm y el menor valor fue el árbol 6 con 0.62 cm (Figura 51 y Cuadro A 26).



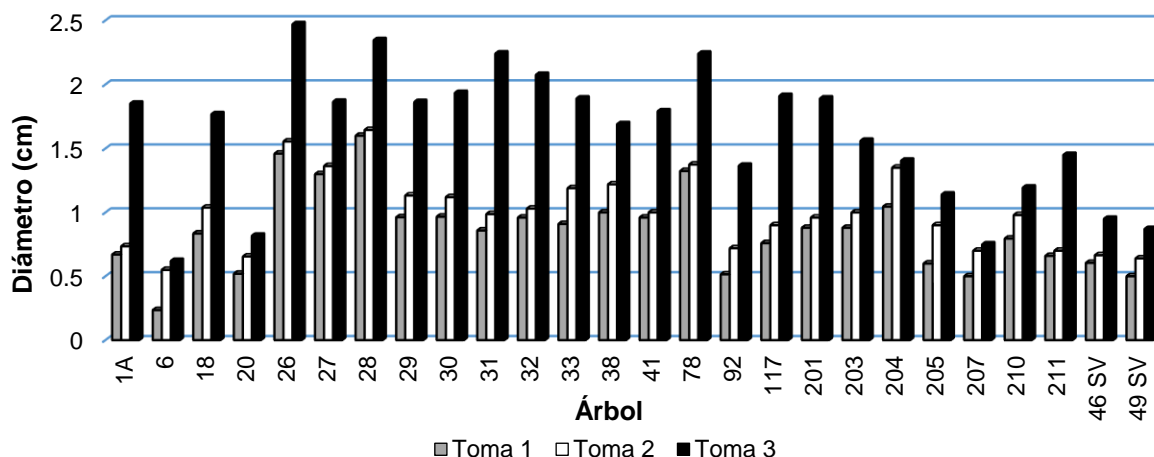


Figura 51. Diámetro de los árboles establecidos en el banco de germoplasma.

#### 4.10.3. Número de hojas de los árboles establecidos en el banco de germoplasma

En la primera toma de datos el mayor número de hojas presentadas fue por el árbol 26 con 38 hojas y la menor cantidad la registraron los árboles 207 y 49 SV con 3 hojas cada uno. Un mes después se realizó la segunda toma de datos, el árbol 18 presentó el mayor número de hojas con 45 y los árboles 6, 207 y 49 SV presentaron la menor cantidad de hojas con 5. La tercera toma de datos se realizó seis meses después, la mayor cantidad de hojas la obtuvo el árbol 32 con 141 y la menor cantidad registrada fue en el árbol 207 con 10 hojas (Figura 52 y Cuadro A 26).

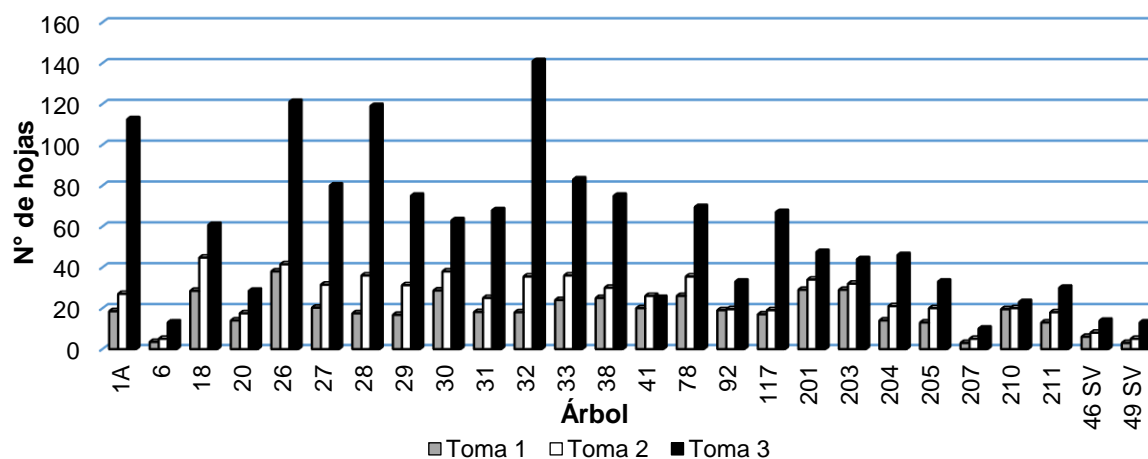


Figura 52. Número de hojas de los árboles establecidos en el banco de germoplasma.

El crecimiento y desarrollo del cacao está determinado por factores ambientales como la temperatura, luz, precipitación, humedad relativa, entre otros, que varían de acuerdo a la zona de cultivo. Esta variación hace que su comportamiento sea diferente en cada sitio y en ocasiones el entorno climático altera drásticamente la fenología del cultivo. De los factores ambientales, la disponibilidad de energía y agua juegan un papel clave en la producción, a través de su influencia sobre los procesos físicos y bioquímicos necesarios para el desarrollo de las plantas (Amores *et al.* 2009).

San Pedro Nonualco presenta condiciones climatológicas aceptables para el cultivo de cacao, ya que reporta temperaturas promedio de 23.70° C, precipitación anual de 1778.82 mm y humedad relativa de 71.91%, condiciones favorables para el crecimiento y desarrollo del cultivo, durante la época seca la intensidad lumínica es alta y en la época lluviosa pasa nublado principalmente en los meses de julio-septiembre, la intensidad lumínica es baja (MARN 2017). Estos datos son similares a los que reportan Amores *et al.* (2009), quienes mencionan que en el entorno climático la temperatura media anual óptima para el cacao se sitúa alrededor de 25° C y no debe ser inferior a 21° C. Temperaturas muy altas afectan las funciones de la planta, entre ellas la floración y el desarrollo foliar que se restringen con temperaturas superiores a 30° C. El componente luminoso se relaciona con la fotosíntesis, apertura estomática, crecimiento de células, entre otros procesos fisiológicos de las plantas. Para su crecimiento normal el cacao joven requiere de una sombra relativamente densa que permita el paso del 30 a 50% de la luminosidad total recibida en el sitio, ya que a temprana edad las plantas no producen suficiente autosombreamiento.

Como se discutió anteriormente los análisis de suelo para San Pedro Nonualco se presentan en el cuadro 16:

Cuadro 16. Análisis de suelo realizado en las propiedades ubicadas en San Pedro Nonualco

Mx	Ceniza %	pH	Nitrógeno (N)%	MO %	Potasio (K) ppm	Calcio (Ca) Meq.g <sup>-1</sup>	Magnesio (Mg) Meq.g <sup>-1</sup>	Fósforo (P) ppm
<b>P1</b>	94.12	6.49	0.33	2.63	1339.73	0.08	0.04	353.17
<b>P3</b>	93.15	6.67	0.46	2.49	1638.69	0.05	0.04	314.44
<b>P4</b>	93.52	5.4	0.35	3.31	1720.0	0.04	0.04	612.11
<b>P5</b>	85.75	6.46	0.24	0.17	1565.10	0.04	0.04	356.04

Los muestreos de suelo se realizaron en las propiedades ubicadas en San Pedro Nonualco, de los productores: Otoniel López Beltrán (P1), Sergio Antonio Orellana Menjívar (P4) y José Arnulfo Jiménez (P5), así como también en la propiedad donde se estableció el banco de germoplasma (P3) en San Pedro Nonualco (Cuadro A 8).

Los resultados reportados con el análisis de suelo y las condiciones climáticas del municipio de San Pedro Nonualco son adecuados para el establecimiento del cultivo de cacao. Se cuenta con todas las condiciones de suelo y clima para el establecimiento de un banco de germoplasma en el lugar, lo cual beneficiaría a los productores del lugar.

Sin suficiente agua en el suelo las plantas se benefician de una alta humedad relativa en la atmosfera, circunstancia que restringe la transpiración foliar excesiva. Los niveles de humedad relativa superiores al 70% favorecen el establecimiento del cacao después del trasplante y una media de 75 a 80% parece ser la humedad relativa más conveniente para el cultivo, valores superiores al 85% combinado con abundante precipitación y altas temperaturas estimulan la presencia de enfermedades fungosas. La precipitación anual para satisfacer las necesidades hídricas del cultivo del cacao oscila entre 1,500 a 2,500 mm en zonas bajas y cálidas, y entre 1,200 a 1,500 mm en zonas frescas. En zonas con exceso de lluvia, más de 3,000 mm al año, el establecimiento del cacao sólo resulta en suelos bien drenados o accidentados, donde el agua no se acumula por mucho tiempo (Amores *et al.* 2009).




#### 4.11. Catálogo de 36 árboles caracterizados

<p><b>San Pedro Nonualco 1 (SPN 1)</b></p> 	<p><b>Localización:</b> encontrado en cantón El Lazareto, San Pedro Nonualco, La Paz, propiedad de Otoniel López Beltrán, latitud 13°36'16.43", longitud 88°56'40.84", altitud 562 metros sobre el nivel del mar (msnm).</p> <p><b>Descripción del árbol:</b> edad 15 años, arquitectura erecta, forma de ramificación intermedia, sin chupones, diámetro a la altura del pecho 8.50 cm, altura 4.50 metro (m) y número de frutos 100.</p> <p><b>Descripción de la hoja:</b> forma de la base obtusa, forma del ápice apiculada, textura cartácea, color de los brotes rojo claro, largo: 38.58 centímetro (cm), ancho: 13.69 cm.</p> <p><b>Descripción de la flor:</b> pigmentación del pedicelo fuerte, color de lígula amarillo crema, largo de ovario 1.28 milímetro (mm), ancho de ovario 1.02 mm, número de cojines por metro lineal 40 y número de flores por cojín 4.20.</p> <p><b>Descripción de mazorca:</b> forma ovado, color amarillo verde, rugosidad moderadamente rugosa, longitud 17.50 cm, diámetro 7.21 cm, peso de mazorca 397.40 gramo (g) e índice de mazorca: 23.49.</p> <p><b>Descripción de la semilla:</b> color rojo oscuro, forma sección longitudinal ovada, forma sección transversal intermedia, número de semillas 38, largo 2.23 cm, ancho 1.16 cm, peso de semilla seca 1.12 g e índice de semilla: 89.26</p> <p><b>Análisis bromatológico:</b> humedad parcial 9.37%, humedad total 2.34%, grasa 46.76%, proteína 19.32%, fibra 10.86%, ceniza 5.43%, carbohidratos 17.64%, materia seca 81.27%, hierro 31.03 Partes por millón (ppm), zinc 43.53 ppm y calcio 0.11%.</p>
<p><b>San Pedro Nonualco 2 (SPN 2)</b></p> 	<p><b>Localización:</b> encontrado en cantón El Lazareto, San Pedro Nonualco, La Paz, propiedad de Otoniel López Beltrán, latitud 13°36'16.36", longitud 88°56'41.01", altitud 562 msnm.</p> <p><b>Descripción del árbol:</b> edad 15 años, arquitectura erecta, forma de ramificación intermedia, sin chupones, diámetro a la altura del pecho 8.00 cm, altura 5.00 m y número de frutos 70.</p> <p><b>Descripción de la hoja:</b> forma de la base obtusa, forma del ápice apiculada, textura cartácea, color de los brotes rojo claro, largo 37.78 cm y ancho 13.99 cm.</p> <p><b>Descripción de la flor:</b> pigmentación del pedicelo ausente o débil, pigmentación del sépalo ausente o muy débil, pigmentación del estaminodio moderada, color de lígula amarillo crema, largo de estaminodio 5.88 mm, largo de ovario 2.00 mm, ancho de ovario 1.48 mm, número de cojines por metro lineal 45 y número de flores por cojín 3.60.</p> <p><b>Descripción de mazorca:</b> forma ovado, color amarillo verde, constricción basal moderada, forma del ápice agudo, rugosidad moderadamente rugosa, longitud 18.35 cm, diámetro 7.27 cm, peso de mazorca 461.20 g e índice de mazorca 30.07.</p> <p><b>Descripción de la semilla:</b> color rojo oscuro, forma sección longitudinal ovada, forma sección transversal aplanada, número de semillas 41, largo 2.02 cm, ancho 1.02 cm, peso de semilla seca 0.81 g e índice de semilla 123.29.</p> <p><b>Análisis bromatológico:</b> humedad parcial 10.44%, humedad total 0.54%, grasa 50.42%, proteína 18.74%, fibra 6.39%, ceniza 4.40%, carbohidratos 20.04%, materia seca 79.12%, hierro 28.01 ppm, zinc 45.46 ppm y calcio 0.13%.</p>
<p><b>San Pedro Nonualco 3 (SPN 3)</b></p> 	<p><b>Localización:</b> encontrado en cantón El Lazareto, San Pedro Nonualco, La Paz, propiedad de Otoniel López Beltrán, latitud 13°36'16.10", longitud 88°56'41.00", altitud 559 msnm.</p> <p><b>Descripción del árbol:</b> edad 15 años, arquitectura erecta, forma de ramificación simple, sin chupones, diámetro a la altura del pecho 8.50 cm, altura 3.50 m y número de frutos 121.</p> <p><b>Descripción de la hoja:</b> forma de la base obtusa, forma del ápice apiculada, textura cartácea, color de los brotes rojo claro, largo 37.20 cm y ancho 14.21 cm.</p> <p><b>Descripción de la flor:</b> Pigmentación del pedicelo moderada, pigmentación del sépalo débil, pigmentación del estaminodio débil, color de lígula crema, largo de estaminodio 5.44 mm, largo de ovario 1.32 mm, ancho de ovario 1.00 mm, número de cojines por metro lineal 35 y número de flores por cojín 4.20.</p> <p><b>Descripción de mazorca:</b> forma ovado, color amarillo, constricción basal débil, forma del ápice agudo, rugosidad ligeramente rugosa, longitud 17.25 cm, diámetro 7.75 cm, peso de mazorca 456.05 g e índice de mazorca 29.31.</p> <p><b>Descripción de la semilla:</b> color púrpura oscuro, forma sección longitudinal ovada, forma sección transversal aplanada, número de semillas 40, largo 2.23 cm, ancho 0.86 cm, peso de semilla seca 0.85 g e índice de semilla 117.25.</p> <p><b>Análisis bromatológico:</b> humedad parcial 4.92%, humedad total 2.25%, grasa 47.95%, proteína 22.08%, fibra 11.83%, ceniza 4.04%, carbohidratos 14.10%, materia seca 90.17%, hierro 28.63 ppm, zinc 51.44 ppm y calcio 0.15%.</p>

<p><b>San Pedro Nonualco 4 (SPN 4)</b></p> 	<p><b>Localización:</b> encontrado en cantón San Ramón, San Pedro Nonualco, La Paz, propiedad de José Arnulfo Jiménez, latitud 13°34'47.90", longitud 88°56'23.50", altitud 510 msnm.</p> <p><b>Descripción del árbol:</b> edad 30 años, arquitectura erecta, forma de ramificación simple, número de chupones 3, diámetro a la altura del pecho 9.00 cm, altura 6.00 m y número de frutos 5.</p> <p><b>Descripción de la hoja:</b> forma de la base obtusa, forma del ápice apiculada, textura cartácea, color de los brotes rojo medio, largo 39.16 cm y ancho 13.31 cm.</p> <p><b>Descripción de la flor:</b> pigmentación del pedicelo fuerte, pigmentación del sépalo moderada, pigmentación del estaminodio moderada, color de lígula amarillo crema, largo de estaminodio 5.76 mm, largo de ovario 1.52 mm, ancho de ovario 1.14 mm, número de cojines por metro lineal 25 y número de flores por cojín 4.40.</p> <p><b>Descripción de mazorca:</b> forma ovado, color amarillo, constricción basal ausente o muy débil, forma del ápice obtuso, moderadamente rugosa, longitud 17.00 cm, diámetro 7.95 cm, peso de mazorca 476.20 g e índice de mazorca 17.25.</p> <p><b>Descripción de la semilla:</b> color púrpura oscuro, forma sección longitudinal ovada, forma sección transversal aplanada, número de semillas 47, largo 2.12 cm, ancho 1.16 cm, peso de semilla seca 1.23 g e índice de semilla 81.06.</p> <p><b>Análisis bromatológico:</b> humedad parcial 10.40%, humedad total 2.83%, grasa 52.51%, proteína 18.05%, fibra 6.66%, ceniza 5.34%, carbohidratos 17.44%, materia seca 79.20%, hierro 21.01 ppm, zinc 54.00 ppm y calcio 0.11%.</p>
<p><b>San Pedro Nonualco 5 (SPN 5)</b></p> 	<p><b>Localización:</b> encontrado en cantón San Ramón, San Pedro Nonualco, La Paz, propiedad de José Arnulfo Jiménez, latitud 13°34'47.60", longitud 88°56'23.70", altitud 502 msnm.</p> <p><b>Descripción del árbol:</b> edad 30 años, arquitectura erecta, forma de ramificación intermedia, número de chupones 4, diámetro a la altura del pecho 7.00 cm, altura 6.00 m y número de frutos 10.</p> <p><b>Descripción de la hoja:</b> forma de la base obtusa, forma del ápice apiculada, textura cartácea, color de los brotes rojo medio, largo 35.13 cm y ancho 11.19 cm.</p> <p><b>Descripción de la flor:</b> pigmentación del pedicelo moderada, pigmentación del sépalo débil, pigmentación del estaminodio moderada, color de lígula amarillo crema, largo de estaminodio 4.44 mm, largo de ovario 1.44 mm, ancho de ovario 1.09 mm, número de cojines por metro lineal 32 y número de flores por cojín 6.60.</p> <p><b>Descripción de mazorca:</b> forma ovado, color amarillo verde, constricción basal ausente o muy débil, forma del ápice obtuso, ligeramente rugosa, longitud 15.50 cm, diámetro 8.43 cm, peso de mazorca 388.80 g e índice de mazorca 34.24.</p> <p><b>Descripción de la semilla:</b> color púrpura oscuro, forma sección longitudinal oblonga, forma sección transversal aplanada, número de semillas 21, largo 2.32 cm, ancho 1.18 cm, peso de semilla seca 1.39 g e índice de semilla 71.90.</p> <p><b>Análisis bromatológico:</b> humedad parcial 17.97%, humedad total 2.87%, grasa 50.54%, proteína 14.48%, fibra 7.57%, ceniza 4.60%, carbohidratos 22.80%, materia seca 64.06%, hierro 34.60 ppm, zinc 50.00 ppm y calcio 0.12%.</p>
<p><b>San Pedro Nonualco 9 (SPN 9)</b></p> 	<p><b>Localización:</b> encontrado en cantón San Ramón, San Pedro Nonualco, La Paz, propiedad de José Arnulfo Jiménez, latitud 13°36'16.20", longitud 88°56'40.80", altitud 504 msnm.</p> <p><b>Descripción del árbol:</b> edad 30 años, arquitectura erecta, forma de ramificación simple, número de chupones 2, diámetro a la altura del pecho 10.30 cm, altura 3.00 m y número de frutos 105.</p> <p><b>Descripción de la hoja:</b> forma de la base obtusa, forma del ápice apiculada, textura cartácea, color de los brotes rojo claro, largo: 40.76 cm y ancho 14.81 cm.</p> <p><b>Descripción de la flor:</b> pigmentación del pedicelo moderada, pigmentación del sépalo débil, pigmentación del estaminodio débil, color de lígula amarillo crema, largo de estaminodio 5.40 mm, largo de ovario 1.30 mm, ancho de ovario 1.06 mm, número de cojines por metro lineal 34 y número de flores por cojín 4.40.</p> <p><b>Descripción de mazorca:</b> forma ovado, color amarillo verde, constricción basal ausente o muy débil, forma del ápice obtuso, ligeramente rugosa, longitud 12.35 cm, diámetro 7.05 cm, peso de mazorca 245.25 g e índice de mazorca 31.77.</p> <p><b>Descripción de la semilla:</b> color púrpura oscuro, forma sección longitudinal oblonga, forma sección transversal aplanada, número de semillas 33, largo 2.33 cm, ancho 0.82 cm, peso de semilla seca 0.95 g e índice de semilla 104.85.</p> <p><b>Análisis bromatológico:</b> humedad parcial 7.65%, humedad total 2.65%, grasa 46.43%, proteína 18.94%, fibra 11.99%, ceniza 4.04%, carbohidratos 18.60%, materia seca 84.69%, hierro 30.81 ppm, zinc 51.77 ppm y calcio 0.10%.</p>

<p><b>San Pedro Nonualco 10 (SPN 10)</b></p> 	<p><b>Localización:</b> encontrado en cantón El Lazareto, San Pedro Nonualco, La Paz, propiedad de Otoniel López Beltrán, latitud 13°36'15.80", longitud 88°56'41.60", altitud 558 msnm.</p> <p><b>Descripción del árbol:</b> edad de 17 años, arquitectura erecta, forma de ramificación verticilada, sin chupones, diámetro a la altura del pecho 10.30 cm, altura de 3.50 m y número de frutos de 46.</p> <p><b>Descripción de la hoja:</b> forma de la base obtusa, forma del ápice: apiculada, textura cartácea, color de los brotes rojo claro, largo 40.18 cm, ancho 13.30 cm.</p> <p><b>Descripción de la flor:</b> pigmentación del pedicelo moderada, pigmentación del sépalo ausente o muy débil, pigmentación del estaminodio moderada, color de lígula amarillo crema, largo de estaminodio 5.30 mm, largo de ovario 1.62 mm, ancho de ovario 1.20 mm, número de cojines por metro lineal 35 y número de flores por cojín 3.80.</p> <p><b>Descripción de mazorca:</b> forma ovado, color amarillo, constricción basal ausente o muy débil, forma del ápice obtuso, moderadamente rugosa, longitud 16.25 cm, diámetro 7.15 cm, peso de mazorca 344.25 g y un índice de mazorca de 17.90.</p> <p><b>Descripción de la semilla:</b> forma sección longitudinal oblonga, forma sección transversal aplanada, número de semillas 43, largo 2.02 cm, ancho 0.79 cm, peso de semilla seca 1.30 g e índice de semilla 76.98.</p> <p><b>Análisis bromatológico:</b> humedad parcial 11.39%, humedad total 2.56%, grasa 51.15%, proteína 16.67%, fibra 9.98%, ceniza 5.04%, carbohidratos 17.17%, materia seca 77.23%, hierro 30.33 ppm, zinc 51.04 ppm y calcio 0.12%.</p>
<p><b>San Pedro Nonualco 11 (SPN 11)</b></p> 	<p><b>Localización:</b> encontrado en cantón El Lazareto, San Pedro Nonualco, La Paz, propiedad de Otoniel López Beltrán, latitud 13°36'16.60", longitud 88°56'41.90", altitud 564 msnm.</p> <p><b>Descripción del árbol:</b> edad 17 años, arquitectura erecta, forma de ramificación simple, número de chupones 1, diámetro a la altura del pecho 8.95 cm, altura 3.00 m y número de frutos 23.</p> <p><b>Descripción de la hoja:</b> forma de la base obtusa, forma del ápice agudo, textura cartácea, color de los brotes rojo claro, largo 35.82 cm y ancho 13.96 cm.</p> <p><b>Descripción de la flor:</b> pigmentación del pedicelo fuerte, pigmentación del sépalo ausente o muy débil, pigmentación del estaminodio moderada, color de lígula amarillo crema, largo de estaminodio 6.36 mm, largo de ovario 1.98 mm, ancho de ovario 1.30 mm, número de cojines por metro lineal 38 y número de flores por cojín 3.20.</p> <p><b>Descripción de mazorca:</b> forma ovado, color rojo medio, constricción basal débil, forma del ápice agudo, moderadamente rugosa, longitud 20.20 cm, diámetro 9.15 cm, peso de mazorca 872.50 g e índice de mazorca 14.49.</p> <p><b>Descripción de la semilla:</b> color púrpura oscuro, forma sección longitudinal ovada, forma sección transversal aplanada, número de semillas 47, largo 2.65 cm, ancho 1.47 cm, peso de semilla seca 1.47 g e índice de semilla 68.09.</p> <p><b>Análisis bromatológico:</b> humedad parcial 6.46%, humedad total 2.88%, grasa 44.58%, proteína 19.47%, fibra: 5.47%, ceniza 3.49% carbohidratos 26.99%, materia seca 87.08%, hierro 27.20 ppm, zinc 56.16 ppm y calcio: 0.05%.</p>
<p><b>San Pedro Nonualco 12 (SPN 12)</b></p> 	<p><b>Localización:</b> encontrado en cantón El Lazareto, San Pedro Nonualco, La Paz, propiedad de Otoniel López Beltrán, latitud 13°36'16.50", longitud 88°56'41.80", altitud 568 msnm.</p> <p><b>Descripción del árbol:</b> edad 17 años, arquitectura erecta, forma de ramificación simple, sin chupones, diámetro a la altura del pecho 10.00 cm, altura 3.80 m y número de frutos 46.</p> <p><b>Descripción de la hoja:</b> forma de la base obtusa, forma del ápice apiculada, textura cartácea, color de los brotes rojo claro, largo 35.70 cm y ancho 13.87 cm.</p> <p><b>Descripción de la flor:</b> pigmentación del pedicelo fuerte, pigmentación del sépalo moderada, pigmentación del estaminodio moderada, color de lígula amarillo crema, largo de estaminodio 5.98 mm, largo de ovario 1.96 mm, ancho de ovario 1.42 mm, número de cojines por metro lineal 21 y número de flores por cojín 3.40.</p> <p><b>Descripción de mazorca:</b> forma ovado, color rojo medio, constricción basal ausente o muy débil, forma del ápice obtuso, moderadamente rugosa, longitud 19.00 cm, diámetro 9.77 cm, peso de mazorca 742.90 g e índice de mazorca 16.32.</p> <p><b>Descripción de la semilla:</b> color púrpura oscuro, forma sección longitudinal ovada, forma sección transversal aplanada, número de semillas 38, largo 2.32 cm, ancho 1.54 cm, peso de semilla seca 1.61 g e índice de semilla 62.11.</p> <p><b>Análisis bromatológico:</b> humedad parcial 7.40%, humedad total 0.94%, grasa 40.58%, proteína 20.21%, fibra 26.72%, ceniza 3.69%, carbohidratos 8.80%, materia seca 85.20%, hierro 28.76 ppm, zinc 50.07 ppm y calcio 0.15%.</p>

<p style="text-align: center;"><b>Santa Clara (SC13)</b></p> 	<p><b>Localización:</b> encontrado en cantón Hervedor, San Luis Talpa, La Paz, propiedad de Nelson Monjaras, latitud 13°25'31.32", longitud 89°05'05.29", altitud 19 msnm.</p> <p><b>Descripción del árbol:</b> edad 27 años, arquitectura erecta, forma de ramificación intermedia, sin chupones, diámetro a la altura del pecho 8.00 cm, altura 6.00 m y número de frutos de 102.</p> <p><b>Descripción de la hoja:</b> forma de la base obtusa, forma del ápice apiculada, textura cartácea, color de los brotes verde claro, largo 22.59 cm y ancho 6.75 cm.</p> <p><b>Descripción de la flor:</b> pigmentación del pedicelo ausente o débil, pigmentación del sépalo débil, pigmentación del estaminodio débil, color de lígula amarillo crema, largo de estaminodio 6.70 mm, largo de ovario 1.36 mm, ancho de ovario 1.00 mm, número de cojines por metro lineal 50 y número de flores por cojín 4.80.</p> <p><b>Descripción de mazorca:</b> forma ovado, color amarillo, constricción basal ausente o muy débil, forma del ápice obtuso, ligeramente rugosa, longitud 14.50 cm diámetro 7.66 cm, peso de mazorca 375.30 g e índice de mazorca 20.31.</p> <p><b>Descripción de la semilla:</b> color crema, forma sección longitudinal ovada, forma sección transversal aplanada, número de semillas 32, largo 2.11 cm, ancho 1.25 cm, peso de semilla seca 1.54 g e índice de semilla: 65.00.</p> <p><b>Análisis bromatológico:</b> humedad parcial 15.15%, humedad total 3.77%, grasa 43.23%, proteína 14.46%, fibra 22.40%, ceniza 4.75%, carbohidratos 15.16%, materia seca 69.70%, hierro 16.84 ppm zinc 41.91 ppm y calcio 0.10%.</p>
<p style="text-align: center;"><b>San Pedro Nonualco 14 (SPN 14)</b></p> 	<p><b>Localización:</b> encontrado en cantón San Ramón, San Pedro Nonualco, La Paz, propiedad de José Arnulfo Jiménez, latitud 13°34'47.28", longitud 88°56'23.79", altitud 496 msnm.</p> <p><b>Descripción del árbol:</b> edad 17 años, arquitectura erecta, forma de ramificación simple, sin chupones, diámetro a la altura del pecho 8.00 cm, altura 6.00 m y número de frutos 22.</p> <p><b>Descripción de la hoja:</b> forma de la base obtusa, forma del ápice apiculada, textura cartácea, color de los brotes rojo medio, largo 31.72 cm y ancho 11.52 cm.</p> <p><b>Descripción de la flor:</b> pigmentación del pedicelo fuerte, pigmentación del sépalo moderada, pigmentación del estaminodio moderada, color de lígula amarillo crema, largo de estaminodio 5.12 mm, largo de ovario 1.94 mm, ancho de ovario 1.38 mm, número de cojines por metro lineal 36 y número de flores por cojín 5.00.</p> <p><b>Descripción de mazorca:</b> forma ovado, color amarillo, constricción basal débil, forma del ápice agudo, moderadamente rugosa, longitud 21.25 cm, diámetro 8.80 cm, peso de mazorca 646.10 g e índice de mazorca 17.56.</p> <p><b>Descripción de la semilla:</b> color púrpura oscuro, forma sección longitudinal ovada, forma sección transversal aplanada, número de semillas 38, largo 2.71 cm, ancho: 1.28 cm, peso de semilla seca 1.50 g e índice de semilla 66.71.</p> <p><b>Análisis bromatológico:</b> humedad parcial 9.27%, humedad total 3.12%, grasa 50.30%, proteína 17.20%, fibra 17.38%, ceniza 3.99%, carbohidratos 11.12%, materia seca 81.45%, hierro 14.47 ppm, zinc 44.72 ppm y calcio 0.05%.</p>
<p style="text-align: center;"><b>San Pedro Nonualco 15 (SPN 15)</b></p> 	<p><b>Localización:</b> encontrado en cantón El Lazareto, San Pedro Nonualco, La Paz, propiedad de Otoniel López Beltrán, latitud 13°36'16.38", longitud 88°56'41.52", altitud 560 msnm.</p> <p><b>Descripción del árbol:</b> edad 17 años, arquitectura erecta, forma de ramificación verticilada, sin chupones, diámetro a la altura del pecho 8.50 cm, altura 3.50 m y número de frutos 50.</p> <p><b>Descripción de la hoja:</b> forma de la base cordiforme, forma del ápice apiculada, textura cartácea, color de los brotes rojo medio, largo 40.89 cm y ancho 15.45 cm.</p> <p><b>Descripción de la flor:</b> pigmentación del pedicelo fuerte, pigmentación del sépalo ausente o muy débil, pigmentación del estaminodio moderada, color de lígula amarillo, largo de estaminodio 4.26 mm, largo de ovario 1.54 mm, ancho de ovario 1.04 mm, número de cojines por metro lineal 28 y número de flores por cojín 3.40.</p> <p><b>Descripción de mazorca:</b> forma ovado, color púrpura, constricción basal moderada, forma del ápice obtuso, moderadamente rugosa, longitud 18.65 cm, diámetro 9.57 cm, peso de mazorca 759.05 g e índice de mazorca 13.30.</p> <p><b>Descripción de la semilla:</b> color púrpura oscuro, forma sección longitudinal ovada, forma sección transversal aplanada, número de semillas 41, largo 2.51 cm, ancho 1.41 cm, peso de semilla seca 1.83 g e índice de semilla 54.51.</p> <p><b>Análisis bromatológico:</b> humedad parcial 8.52%, humedad total 1.16%, grasa 43.82%, proteína 18.15%, fibra 24.70%, ceniza 3.59%, carbohidratos 9.75%, materia seca 82.96%, hierro 19.85 ppm, zinc 48.70 ppm y calcio 0.05%.</p>

<p><b>San Pedro Nonualco 16 (SPN 16)</b></p> 	<p><b>Localización:</b> encontrado en cantón El Lazareto, San Pedro Nonualco, La Paz, propiedad de Otoniel López Beltrán, latitud 13°36'16.40", longitud 88°56'41.41", altitud 560 msnm.</p> <p><b>Descripción del árbol:</b> edad 17 años, arquitectura erecta, forma de ramificación verticilada, sin chupones, diámetro a la altura del pecho 8.50 cm, altura 3.50 m y número de frutos 35.</p> <p><b>Descripción de la hoja:</b> forma de la base obtusa, forma del ápice apiculada, textura cartácea, color de los brotes rojo claro, largo 37.12 cm y ancho 12.35 cm.</p> <p><b>Descripción de la flor:</b> pigmentación del pedicelo moderada, pigmentación del sépalo ausente o muy débil, pigmentación del estaminodio moderada, color de lígula amarillo crema, largo de estaminodio 5.78 mm, largo de ovario 1.94 mm, ancho de ovario 1.18 mm, número de cojines por metro lineal 35 y número de flores por cojín 4.60.</p> <p><b>Descripción de mazorca:</b> forma ovado, color púrpura, constricción basal fuerte, forma del ápice entallado, moderadamente rugosa, longitud 21.15 cm, diámetro 8.33 cm, peso de mazorca 608.15 g e índice de mazorca 14.48.</p> <p><b>Descripción de la semilla:</b> color rojo oscuro, forma sección longitudinal ovada, forma sección transversal aplanada, número de semillas 42, largo 2.25 cm, ancho 1.32 cm, peso de semilla seca 1.64 g e índice de semilla 60.8</p> <p><b>Análisis bromatológico:</b> humedad parcial 8.66%, humedad total 1.68%, grasa 42.30%, proteína 20.56%, fibra 30.16%, ceniza 4.65%, carbohidratos 2.39%, materia seca 82.69%, hierro 24.96 ppm, zinc 54.72 ppm y calcio 0.05%.</p>
<p><b>Tenancingo 17 (TN 17)</b></p> 	<p><b>Localización:</b> encontrado en cantón Corral Viejo, Tenancingo, Cuscatlán, propiedad de Inocente Hernández, latitud 13°48'39.81", longitud 88°58'80.38", con una altitud de 500 msnm.</p> <p><b>Descripción del árbol:</b> edad 20 años, arquitectura erecta, forma de ramificación simple, número de chupones 1, diámetro a la altura del pecho 5.50 cm, altura 4.50 m y número de frutos 3.</p> <p><b>Descripción de la hoja:</b> forma de la base obtusa, forma del ápice apiculada, textura cartácea, color de los brotes verde claro, largo 30.72 cm y ancho 11.12 cm.</p> <p><b>Descripción de la flor:</b> pigmentación del pedicelo ausente o débil, pigmentación del sépalo débil, pigmentación del estaminodio débil, color de lígula amarillo crema, largo de estaminodio 4.78 mm, largo de ovario 1.38 mm, ancho de ovario 1.04 mm, número de cojines por metro lineal 34 y número de flores por cojín 4.00.</p> <p><b>Descripción de mazorca:</b> forma pentágona, color amarillo verde, constricción basal ausente o muy débil, forma del ápice entallado, muy rugosa, longitud 21.00 cm, diámetro 8.70 cm, peso de mazorca 471.70 g e índice de mazorca 26.16.</p> <p><b>Descripción de la semilla:</b> color blanco, forma sección longitudinal ovada, forma sección transversal aplanada, número de semillas 29, largo 2.47 cm, ancho 1.37 cm, peso de semilla seca 1.32 g e índice de semilla 75.86.</p> <p><b>Análisis bromatológico:</b> humedad parcial 12.94%, humedad total 1.57%, grasa 39.69%, proteína 16.28%, fibra 8.31%, ceniza 5.45%, carbohidratos 24.30%, materia seca 74.11%, hierro 39.46 ppm, zinc 54.82 ppm y calcio 0.10%.</p>
<p><b>TENANCINGO 18 (TN 18)</b></p> 	<p><b>Localización:</b> encontrado en cantón Corral Viejo, Tenancingo, Cuscatlán, propiedad de Inocente Hernández, latitud 13°48'40.10", longitud 88°58'80.40", altitud 497 msnm.</p> <p><b>Descripción del árbol:</b> edad 20 años, arquitectura erecta, forma de ramificación intermedia, sin chupones, diámetro a la altura del pecho 5.00 cm, altura 4.25 m y número de frutos 3.</p> <p><b>Descripción de la hoja:</b> forma de la base obtusa, forma del ápice apiculada, textura cartácea, color de los brotes verde claro, largo 28.09 cm y ancho 10.48 cm.</p> <p><b>Descripción de la flor:</b> pigmentación del pedicelo ausente o débil, pigmentación del sépalo ausente o muy débil, pigmentación del estaminodio débil, color de lígula amarillo crema, largo de estaminodio 5.34 mm, largo de ovario 1.64 mm, ancho de ovario 1.20 mm, número de cojines por metro lineal 40 y número de flores por cojín 3.80.</p> <p><b>Descripción de mazorca:</b> forma pentágona, color amarillo verde, constricción basal ausente o muy débil, forma del ápice entallado, muy rugosa, longitud 19.00 cm, diámetro 8.10 cm, peso de mazorca 448.30 g e índice de mazorca 28.89.</p> <p><b>Descripción de la semilla:</b> color blanco, forma sección longitudinal ovada, forma sección transversal aplanada, número de semillas 29, largo 2.26 cm, ancho 1.40 cm, peso de semilla seca 1.19 g e índice de semilla 73.79.</p> <p><b>Análisis bromatológico:</b> humedad parcial 10.18%, humedad total 2.51%, grasa 40.81%, proteína 20.13%, fibra 21.13%, ceniza 5.50%, carbohidratos 5.98%, materia seca 39.64%, hierro 33.29 ppm, zinc 52.51 ppm y calcio 0.10%.</p>



<p><b>TENANCINGO 19 (TN 19)</b></p> 	<p><b>Localización:</b> encontrado en cantón Corral Viejo, Tenancingo, Cuscatlán, propiedad de Inocente Hernández, latitud 13°48'39.80", longitud 88°58'80.50", con una altitud de 498 msnm.</p> <p><b>Descripción del árbol:</b> edad 20 años, arquitectura erecta, forma de ramificación simple, número de chupones 3, diámetro a la altura del pecho 4.50 cm, altura 3.75 m, número de frutos 3.</p> <p><b>Descripción de la hoja:</b> forma de la base obtusa, forma del ápice apiculada, textura cartácea, color de los brotes verde medio, largo 33.78 cm, ancho 13.60 cm.</p> <p><b>Descripción de la flor:</b> pigmentación del pedicelo ausente o débil, pigmentación del sépalo débil, pigmentación del estaminodio débil, color de lígula amarillo crema, largo de estaminodio 5.14 mm, largo de ovario 1.52 mm, ancho de ovario 1.06 mm, número de cojines por metro lineal 32 y número de flores por cojín 5.00.</p> <p><b>Descripción de mazorca:</b> forma pentágona, color púrpura, constricción basal ausente o muy débil, forma del ápice entallado, moderadamente rugosa, longitud 11.00 cm, diámetro 6.43 cm, peso de mazorca 238.00 g, índice de mazorca 37.11.</p> <p><b>Descripción de la semilla:</b> color rosa, forma sección longitudinal oblonga, forma sección transversal aplanada, número de semillas 30, largo 1.86 cm, ancho 1.02 cm, peso de semilla seca 0.90 g e índice de semilla de 111.33.</p> <p><b>Análisis bromatológico:</b> humedad parcial 23.08%, humedad total 3.05%, grasa 41.11%, proteína 11.23%, fibra 15.74%, ceniza 4.68%, carbohidratos 27.23%, materia seca 53.85%, hierro 32.05 ppm, zinc 38.23 ppm y calcio 0.10%.</p>
<p><b>TENANCINGO 20 (TN 20)</b></p> 	<p><b>Localización:</b> encontrado en cantón Corral Viejo, Tenancingo, Cuscatlán, propiedad de Inocente Hernández, latitud 13°48'40.10", longitud 88°58'80.60", a una altitud de 499 msnm.</p> <p><b>Descripción del árbol:</b> edad 20 años, arquitectura erecta, forma de ramificación intermedia, sin chupones, diámetro a la altura del pecho 4.50 cm, altura 3.75 m, número de frutos 4.</p> <p><b>Descripción de la hoja:</b> forma de la base obtusa, forma del ápice acuminado, textura cartácea, color de los brotes verde claro, largo 26.78 cm y ancho 10.24 cm.</p> <p><b>Descripción de la flor:</b> pigmentación del pedicelo ausente o débil, pigmentación del sépalo débil, pigmentación del estaminodio débil, color de lígula amarillo crema, largo de estaminodio 5.16 mm, largo de ovario 1.52 mm, ancho de ovario 1.07 mm, número de cojines por metro lineal 32 y número de flores por cojín 5.20.</p> <p><b>Descripción de mazorca:</b> forma pentágona, color amarillo verde, constricción basal ausente o muy débil, forma del ápice entallado, muy rugosa, longitud 17.25 cm, diámetro 7.60 cm, peso de mazorca 442.85 g e índice de mazorca de 45.04.</p> <p><b>Descripción de la semilla:</b> color blanco, forma sección longitudinal oblonga, forma sección transversal aplanada, número de semillas 22, largo 2.57 cm, ancho 1.41 cm, peso de semilla seca 1.01 g e índice de semilla de 99.09.</p> <p><b>Análisis bromatológico:</b> humedad parcial 12.00%, humedad total 2.88%, grasa 42.27%, proteína 17.93%, fibra 11.80%, ceniza 4.90%, carbohidratos 14.13%, materia seca 76%, hierro 39.50 ppm, zinc 52.46 ppm y calcio 0.10%.</p>
<p><b>TENANCINGO 21 (TN 21)</b></p> 	<p><b>Localización:</b> encontrado en cantón Corral Viejo, Tenancingo, Cuscatlán, propiedad de Inocente Hernández, latitud 13°48'39.90", longitud 88°58'80.90" a una altitud de 500 msnm.</p> <p><b>Descripción del árbol:</b> edad 20 años, arquitectura erecta, forma de ramificación intermedia, número de chupones: 2, diámetro a la altura del pecho 6.00 cm, altura 3.50 m y número de frutos 6.</p> <p><b>Descripción de la hoja:</b> forma de la base obtusa, forma del ápice apiculada, textura cartácea, color de los brotes verde medio, largo 36.10 cm, ancho 13.19 cm.</p> <p><b>Descripción de la flor:</b> pigmentación del pedicelo ausente o débil, pigmentación del sépalo ausente o muy débil, pigmentación del estaminodio ausente o débil, color de lígula amarillo crema, largo de estaminodio 5.18 mm, largo de ovario 1.54 mm, ancho de ovario 1.12 mm, número de cojines por metro lineal 38 y número de flores por cojín 3.60.</p> <p><b>Descripción de mazorca:</b> forma pentágona, color amarillo verde, constricción basal ausente o muy débil, forma del ápice entallado, moderadamente rugosa, longitud 18.00 cm, diámetro 7.00 cm, peso de mazorca 353.60 g, e índice de mazorca 20.71.</p> <p><b>Descripción de la semilla:</b> color blanco, forma sección longitudinal ovada, forma sección transversal aplanada, número de semillas 31, largo 2.09 cm, ancho 1.14 cm, peso de semilla seca 1.56 g índice de semilla 64.19.</p> <p><b>Análisis bromatológico:</b> humedad parcial 14.91%, humedad total 2.11%, grasa 40.93%, proteína 18.25%, fibra 13.51%, ceniza 6.14%, carbohidratos 21.17%, materia seca 82.98%, hierro 41.36 ppm, zinc 38.06 ppm y calcio 0.15%.</p>

<p><b>TENANCINGO 22 (TN 22)</b></p> 	<p><b>Localización:</b> encontrado en el cantón Corral Viejo, Tenancingo, Cuscatlán, propiedad de Inocente Hernández, latitud 13°48'39.90", longitud 88°58'80.80" a una altitud de 497 msnm.</p> <p><b>Descripción del árbol:</b> edad 20 años, arquitectura erecta, forma de ramificación intermedia, número de chupones 1, diámetro a la altura del pecho 5.00 cm, altura 3.60 m y número de frutos 3.</p> <p><b>Descripción de la hoja:</b> forma de la base obtusa, forma del ápice apiculada, textura cartácea, color de los brotes verde claro, largo 23.41 cm y ancho 9.98 cm.</p> <p><b>Descripción de la flor:</b> pigmentación del pedicelo ausente o débil, pigmentación del sépalo ausente o muy débil, pigmentación del estaminodio débil, color de lígula amarillo crema, largo de estaminodio 5.30 mm, largo de ovario 1.44 mm, ancho de ovario 1.04 mm, número de cojines por metro lineal 34 y número de flores por cojín 3.80.</p> <p><b>Descripción de mazorca:</b> forma pentágona, color amarillo verde, constricción basal débil, forma del ápice entallado, moderadamente rugosa, longitud 14.50 cm, diámetro 6.13 cm, peso de mazorca 203.15 g, índice de mazorca 51.04.</p> <p><b>Descripción de la semilla:</b> color rosa, forma sección longitudinal ovada, forma sección transversal aplanada, número de semillas 23, largo 2.10 cm, ancho 1.28 cm, peso de semilla seca 0.85 g e índice de semilla 117.39.</p> <p><b>Análisis bromatológico:</b> humedad parcial 9.61 %, humedad total 1.52%, grasa 41.35%, proteína 23.14%, fibra 15.65%, ceniza 4.79%, carbohidratos 11.07%, materia seca 88.37%, hierro 42.80 ppm, zinc 48.61 ppm y calcio 0.10%.</p>
<p><b>TENANCINGO 23 (TN 23)</b></p> 	<p><b>Localización:</b> encontrado en cantón Corral Viejo, Tenancingo, Cuscatlán, propiedad de Inocente Hernández, latitud 1°48'39.90", longitud 88°58'90.00", a una altitud de 498 msnm.</p> <p><b>Descripción del árbol:</b> edad 20 años, arquitectura erecta, forma de ramificación intermedia, número de chupones: 1, diámetro a la altura del pecho 3.50 cm, altura 3.75 m, número de frutos: 3.</p> <p><b>Descripción de la hoja:</b> forma de la base obtusa, forma del ápice apiculada, textura cartácea, color de los brotes verde claro, largo 30.59 cm y ancho 10.64 cm.</p> <p><b>Descripción de la flor:</b> pigmentación del pedicelo ausente o débil, pigmentación del sépalo ausente o muy débil, pigmentación del estaminodio débil, color de lígula amarillo crema, largo de estaminodio 5.45 mm, largo de ovario 1.60 mm, ancho de ovario 1.10 mm</p> <p>Número de cojines por metro lineal 28 y número de flores por cojín 4.60.</p> <p><b>Descripción de mazorca:</b> forma pentágona, color amarillo verde, constricción basal fuerte, forma del ápice entallado, moderadamente rugosa, longitud 14.00 cm, diámetro 6.20 cm, peso de mazorca 191.40 g e índice de mazorca de 80.97.</p> <p><b>Descripción de la semilla:</b> color blanco, forma sección longitudinal ovada, forma sección transversal aplanada, número de semilla 17, largo 2.31 cm, ancho 1.28 cm, peso de semilla seca 0.73 g e índice de semilla de 137.65.</p> <p><b>Análisis bromatológico:</b> humedad parcial 9.58%, humedad total 2.40%, grasa 40.28%, proteína 17.33%, fibra 18.98%, ceniza 4.49%, carbohidratos 13.92%, materia seca 88.02%, hierro 35.20 ppm, zinc 45.05 ppm y calcio 0.05%.</p>
<p><b>TENANCINGO 32 (TN 32)</b></p> 	<p><b>Localización:</b> encontrado en cantón Corral Viejo, Tenancingo, Cuscatlán, propiedad de Inocente Hernández, latitud 13°48'41.05", longitud 88°58'80.30", altitud 513 msnm.</p> <p><b>Descripción del árbol:</b> edad 20 años, arquitectura erecta, forma de ramificación intermedia, sin chupones, diámetro a la altura del pecho 3.50 cm, altura 3.00 m y número de frutos 6.</p> <p><b>Descripción de la hoja:</b> forma de la base obtusa, forma del ápice apiculada, textura cartácea, color de los brotes rojo medio, largo 23.50 cm y ancho 9.50 cm.</p> <p><b>Descripción de la flor:</b> pigmentación del pedicelo ausente o débil, pigmentación del sépalo ausente o muy débil, pigmentación del estaminodio débil, color de lígula amarillo crema, largo de estaminodio 6.00 mm, largo de ovario 1.64 mm, ancho de ovario 1.14 mm, número de cojines por metro lineal 30 y número de flores por cojín 4.80.</p> <p><b>Descripción de mazorca:</b> forma obovada, color rojo medio, constricción basal ausente o muy débil, forma del ápice entallado, moderadamente rugosa, longitud 14.00 cm, diámetro 7.40 cm, peso de mazorca 331.60 g e índice de mazorca 24.04.</p> <p><b>Descripción de la semilla:</b> color rosa, forma sección longitudinal ovada, forma sección transversal aplanada, número de semillas 31, largo 2.14 cm, ancho 1.35 cm, peso de semilla seca 1.34 g e índice de semilla 74.52.</p> <p><b>Análisis bromatológico:</b> humedad parcial 13.54 %, humedad total 1.74 %, grasa 41.98 %, proteína 19.50 %, Fibra 18.23 %, ceniza 4.65 %, carbohidratos 15.65 %, materia seca 84.72 %, hierro 38.90 ppm, zinc 53.53 ppm y calcio 0.15 %.</p>

<p><b>TENANCINGO 35 (TN 35)</b></p> 	<p><b>Localización:</b> encontrado en el cantón Corral Viejo, Tenancingo, Cuscatlán, propiedad de Inocente Hernández, latitud 13°48'38.60", longitud 88°58'80.70" a una altitud de 504 msnm.</p> <p><b>Descripción del árbol:</b> edad 20 años, arquitectura erecta, forma de ramificación simple, número de chupones 1, diámetro a la altura del pecho 4.00 cm, altura 2.25 y número de frutos 4.</p> <p><b>Descripción de la hoja:</b> forma de la base obtusa, forma del ápice apiculada, textura cartácea, color de los brotes verde claro, largo 25.00 cm y ancho 9.76 cm.</p> <p><b>Descripción de la flor:</b> pigmentación del pedicelo ausente o débil, pigmentación del sépalo ausente o muy débil, pigmentación del estaminodio fuerte, color de lígula amarillo crema, largo de estaminodio 5.20 mm, largo de ovario 1.80 mm, ancho de ovario 1.22 mm, número de cojines por metro lineal 32 y número de flores por cojín 4.80.</p> <p><b>Descripción de mazorca:</b> forma pentágona, color amarillo verde, constricción basal ausente o muy débil, forma del ápice entallado, moderadamente rugosa longitud 17.00 cm, diámetro 7.20 cm, peso de mazorca 353.50 g e índice de mazorca 32.25.</p> <p><b>Descripción de la semilla:</b> color blanco, forma sección longitudinal ovada, forma sección transversal aplanada, número de semillas 26, largo 2.17 cm, ancho 1.42 cm, peso de semilla seca 1.19 g e índice de semilla 83.85.</p> <p><b>Análisis bromatológico:</b> humedad parcial 11.84 %, humedad total 2.79 %, grasa 37.06 %, proteína 22.79 %, fibra 16.98 %, ceniza 4.95 %, carbohidratos 18.22 %, materia seca 85.38 %, hierro 37.30 ppm, zinc 42.28 ppm y calcio 0.10 %.</p>
<p><b>TENANCINGO 36 (TN 36)</b></p> 	<p><b>Localización:</b> encontrado en el cantón Corral Viejo, Tenancingo, Cuscatlán, propiedad de Inocente Hernández, latitud 13°48'38.40", longitud 88°58'80.80", a una altitud de 503 msnm.</p> <p><b>Descripción del árbol:</b> edad 20 años, arquitectura erecta, forma de ramificación intermedia, número de chupones 1, diámetro a la altura del pecho 3.50 cm, altura 2.25 m, número de frutos 3.</p> <p><b>Descripción de la hoja:</b> forma de la base obtusa, forma del ápice apiculada, textura cartácea, color de los brotes verde claro, largo 23.19 cm y ancho 9.24 cm.</p> <p><b>Descripción de la flor:</b> pigmentación del pedicelo ausente o débil, pigmentación del sépalo ausente o muy débil, pigmentación del estaminodio fuerte, color de lígula amarillo crema, largo de estaminodio 5.26 mm, largo de ovario 1.84 mm, ancho de ovario 1.24 mm, número de cojines por metro lineal 27 y número de flores por cojín 5.20.</p> <p><b>Descripción de mazorca:</b> forma pentágona, color amarillo verde, constricción basal ausente o muy débil, forma del ápice agudo, ligeramente rugosa, longitud 14.00 cm, diámetro 6.58 cm, peso de mazorca 249.70 g e índice de mazorca 34.50.</p> <p><b>Descripción de la semilla:</b> color blanco, forma sección longitudinal ovada, forma sección transversal aplanada, número de semillas 22, largo 2.39 cm, ancho 1.47 cm, peso de semilla seca 1.32 g e índice de semilla 75.91.</p> <p><b>Análisis bromatológico:</b> humedad parcial 17.08%, humedad total 1.33%, grasa 40.15%, proteína 20.66%, fibra 16.58%, ceniza 5.39%, carbohidratos 9.74%, materia seca 81.59%, hierro 39.26 ppm, zinc 45.03 ppm y calcio 0.05%.</p>
<p><b>TENANCINGO 37 (TN 37)</b></p> 	<p><b>Localización:</b> encontrado en cantón Corral Viejo, Tenancingo, Cuscatlán, propiedad de Inocente Hernández, latitud 13°48'42.38", longitud 88°58'07.07", a una altitud de 512 msnm.</p> <p><b>Descripción del árbol:</b> Edad 20 años, arquitectura erecta, forma de ramificación verticilada, sin chupones, diámetro a la altura del pecho 4.00 cm, altura 3.75 m, número de frutos 5.</p> <p><b>Descripción de la hoja:</b> forma de la base obtusa, forma del ápice apiculada, textura cartácea, color de los brotes rojo medio, largo 25.63 cm y ancho 10.24 cm.</p> <p><b>Descripción de la flor:</b> pigmentación del pedicelo ausente o débil, pigmentación del sépalo ausente o muy débil, pigmentación del estaminodio débil, color de lígula amarillo crema, largo de estaminodio 5.20 mm, largo de ovario 1.16 mm, ancho de ovario 1.02 mm, número de cojines por metro lineal 31 y número de flores por cojín 4.00.</p> <p><b>Descripción de mazorca:</b> forma obovada, color rojo medio, constricción basal ausente o muy débil, forma del ápice entallado, moderadamente rugosa, longitud 16.00 cm, diámetro 7.60 cm, peso de mazorca 361.40 g e índice de mazorca de 32.02.</p> <p><b>Descripción de la semilla:</b> color rosa, forma sección longitudinal oblonga, forma sección transversal aplanada, número de semillas 22, largo 2.50 cm, ancho 1.27 cm, peso de semilla seca 1.42 g e índice de semilla 70.45.</p> <p><b>Análisis bromatológico:</b> humedad parcial 15.46%, humedad total 1.57%, grasa: 44.88%, proteína 21.48%, fibra 20.58%, ceniza 4.80%, carbohidratos 13.26%, materia seca: 82.97%, hierro 25.09 ppm, zinc 54.74 ppm y calcio 0.10%.</p>

<p><b>TENANCINGO 38 (TN 38)</b></p> 	<p><b>Localización:</b> encontrado en cantón Corral Viejo, Tenancingo, Cuscatlán, propiedad de Inocente Hernández, latitud 13°48'42.18", longitud 88°58'06.92", a una altitud de 512 msnm.</p> <p><b>Descripción del árbol:</b> edad 20 años, arquitectura erecta, forma de ramificación verticilada, número de chupones 2, diámetro a la altura del pecho 4.00 cm, altura 3.75 m y un número de frutos 12.</p> <p><b>Descripción de la hoja:</b> forma de la base obtusa, forma del ápice apiculada, textura cartácea, color de los brotes rojo claro, largo 28.73 cm y ancho 11.61 cm.</p> <p><b>Descripción de la flor:</b> pigmentación del pedicelo ausente o débil, pigmentación del sépalo débil, pigmentación del estaminodio débil, color de lígula amarillo crema, largo de estaminodio 5.40 mm, largo de ovario 1.62 mm, ancho de ovario 1.24 mm, número de cojines por metro lineal 28 y número de flores por cojín 3.80.</p> <p><b>Descripción de mazorca:</b> forma: obovado, color púrpura, constricción basal ausente o muy débil, forma del ápice entallado, moderadamente rugosa, longitud 17.50 cm, diámetro 7.90 cm, peso de mazorca 546.00 g e índice de mazorca 23.92.</p> <p><b>Descripción de la semilla:</b> color rosa, forma sección longitudinal elíptica, forma sección transversal aplanada, número de semillas 35, largo 2.26 cm, ancho 1.34 cm, peso de semilla seca 1.19 g e índice de semilla 83.71.</p> <p><b>Análisis bromatológico:</b> humedad parcial 10.18%, humedad total 2.00%, grasa 41.69%, proteína 22.56%, fibra 8.57%, ceniza 5.79%, carbohidratos 21.39%, materia seca 87.83%, hierro 34.88 ppm, zinc 59.44 ppm y calcio 0.15%.</p>
<p><b>TENANCINGO 39 (TN 39)</b></p> 	<p><b>Localización:</b> encontrado en cantón Corral Viejo, Tenancingo, Cuscatlán, propiedad de Inocente Hernández, latitud 13°48'42.00", longitud 88°58'06.81", altitud 513 msnm.</p> <p><b>Descripción del árbol:</b> edad 20 años, arquitectura erecta, forma de ramificación verticilada, número de chupones 1, diámetro a la altura del pecho 4.50 cm, altura 4.00 m y número de frutos 14.</p> <p><b>Descripción de hoja:</b> forma de la base obtusa, forma del ápice apiculada, textura cartácea, color de los brotes rojo medio, largo 25.81 cm y ancho 10.26 cm.</p> <p><b>Descripción de la flor:</b> pigmentación del pedicelo ausente o débil, pigmentación del sépalo ausente o muy débil, pigmentación del estaminodio débil, color de lígula amarillo crema, largo de estaminodio 5.10 mm, largo de ovario 1.92 mm, ancho de ovario 1.22 mm, número de cojines por metro lineal 40, número de flores por cojín 6.00.</p> <p><b>Descripción de mazorca:</b> forma obovada, color púrpura, constricción basal ausente o muy débil, forma del ápice entallado, moderadamente rugosa, longitud 16.75 cm, diámetro 7.42 cm, peso de mazorca 397.90 g e índice de mazorca 46.75.</p> <p><b>Descripción de la semilla:</b> color púrpura oscuro, forma sección longitudinal ovada, forma sección transversal aplanada, número de semillas 27, largo 2.09 cm, ancho 1.33 cm, peso de semilla seca 0.89 g e índice de semilla 126.30.</p> <p><b>Análisis bromatológico:</b> humedad parcial 6.73%, humedad total 1.80%, grasa 43.16%, proteína 23.12%, fibra 22.93%, ceniza 4.75%, carbohidratos 11.02%, materia seca 91.47%, hierro 22.79 ppm, zinc 55.61 ppm y calcio 0.10%.</p>
<p><b>SAN PEDRO NONUALCO 45SV (45 SV)</b></p> 	<p><b>Localización:</b> encontrado en cantón El Calvario, San Pedro Nonualco, La Paz, propiedad de Sergio Antonio Orellana Menjívar, latitud 13°35'58.30", longitud 88°55'51.50", altitud 622 msnm.</p> <p><b>Descripción del árbol:</b> edad 35 años, arquitectura erecta, forma de ramificación simple, número de chupones 3, diámetro a la altura del pecho 7.68 cm, altura 4.00 m y número de frutos 77.</p> <p><b>Descripción de hoja:</b> forma de la base obtusa, forma del ápice apiculada, textura cartácea, color de los brotes rojo medio, largo 37.72 cm y ancho 12.79 cm.</p> <p><b>Descripción de la flor:</b> pigmentación del pedicelo fuerte, pigmentación del sépalo moderada, pigmentación del estaminodio moderada, color de lígula amarillo crema, largo de estaminodio 5.52 mm, largo de ovario 1.76 mm, ancho de ovario 1.30 mm, número de cojines por metro lineal 25 y número de flores por cojín 3.80.</p> <p><b>Descripción de mazorca:</b> Forma ovado, color rojo medio, constricción basal moderada, forma del ápice obtuso, moderadamente rugosa, longitud 17.25 cm, diámetro 7.09 cm, peso de mazorca 318.30 g e índice de mazorca 11.62.</p> <p><b>Descripción de la semilla:</b> color púrpura oscuro, forma sección longitudinal ovada, forma sección transversal aplanada, número de semillas 44, largo 1.98 cm, ancho 1.15 cm, peso de semilla seca 1.96 g e índice de semilla 51.14.</p> <p><b>Análisis bromatológico:</b> humedad parcial 12.50%, humedad total 2.43%, grasa 54.05%, proteína 18.58%, fibra 8.38%, ceniza 4.34%, carbohidratos 14.65%, materia seca 85.07%, hierro 29.96 ppm, zinc 46.59 ppm y calcio 0.10%.</p>

<p><b>SAN PEDRO NONUALCO 47 (SPN 47)</b></p> 	<p><b>Localización:</b> encontrado en cantón El Lazareto, San Pedro Nonualco, La Paz, propiedad de Otoniel López Beltrán, latitud 13°36'15.80", longitud 88°56'41.30", altitud 562 msnm.</p> <p><b>Descripción del árbol:</b> edad 15 años, arquitectura erecta, forma de ramificación verticilada, sin chupones, diámetro a la altura del pecho 8.50 cm, altura 4.50 m y número de frutos 43.</p> <p><b>Descripción de hoja:</b> forma de la base obtusa, forma del ápice apiculada, textura cartácea, color de los brotes marrón, largo 38.52 cm y ancho 16.46 cm.</p> <p><b>Descripción de la flor:</b> pigmentación del pedicelo moderada, pigmentación del sépalo débil, pigmentación del estaminodio moderada, color de lígula amarillo crema, largo de estaminodio 5.14 mm, largo de ovario 1.30 mm, ancho de ovario 1.04 mm, número de cojines por metro lineal 36 y número de flores por cojín 4.00.</p> <p><b>Descripción de mazorca:</b> forma ovado, color rojo medio, constricción basal ausente o muy débil, forma del ápice obtuso, moderadamente rugosa, longitud 18.00 cm, diámetro 9.03 cm, peso de mazorca 621.70 g e índice de mazorca 18.98.</p> <p><b>Descripción de la semilla:</b> color púrpura oscuro, forma sección longitudinal ovada, forma sección transversal aplanada, número de semillas 38, largo 2.29 cm, ancho 1.64 cm, peso de semilla seca 1.39 g e índice de semilla 72.11.</p> <p><b>Análisis bromatológico:</b> humedad parcial 7.30%, humedad total 1.14%, grasa 39.36%, proteína 23.61%, fibra 26.95%, ceniza 3.79%, carbohidratos 6.29%, materia seca 91.56%, hierro 37.08 ppm, zinc 55.22 ppm y calcio 0.05%.</p>
<p><b>SAN PEDRO NONUALCO 48SV (48 SV)</b></p> 	<p><b>Localización:</b> encontrado en cantón El Calvario, San Pedro Nonualco, La Paz, propiedad de Sergio Antonio Orellana Menjivar, latitud 13°35'59.40", longitud 88°55'52.30", altitud 628 msnm.</p> <p><b>Descripción del árbol:</b> Edad 35 años, arquitectura erecta, forma de ramificación simple, número de chupones 3, diámetro a la altura del pecho 13.00 cm, altura 7.50 m y 47 frutos.</p> <p><b>Descripción de hoja:</b> forma de la base obtusa, forma del ápice apiculada, textura cartácea, color de los brotes rojo medio, largo 32.77 cm y ancho 11.87 cm.</p> <p><b>Descripción de la flor:</b> pigmentación del pedicelo moderada, pigmentación del sépalo moderada, pigmentación del estaminodio moderada, color de lígula amarillo crema, largo de estaminodio 5.26 mm, largo de ovario 1.20 mm, ancho de ovario 1.04 mm, número de cojines por metro lineal 22 y número de flores por cojín 4.40.</p> <p><b>Descripción de mazorca:</b> forma ovado, color rojo oscuro, constricción basal débil, forma del ápice obtuso, moderadamente rugosa, longitud 17.00 cm, diámetro 8.70 cm, peso de mazorca 455.50 g e índice de mazorca 13.54.</p> <p><b>Descripción de la semilla:</b> color púrpura oscuro, forma sección longitudinal oblonga, forma sección transversal aplanada, número de semillas 38, largo 2.08 cm, ancho 1.04 cm, peso de semilla seca 1.94 e índice de semilla 51.45.</p> <p><b>Análisis bromatológico:</b> humedad parcial 12.73%, humedad total 2.67%, grasa 47.33%, proteína 20.37%, fibra 10.09%, ceniza 3.69%, carbohidratos 23.48%, materia seca 84.59%, hierro 33.46 ppm, zinc 53.38 ppm y calcio 0.12%.</p>
<p><b>SAN PEDRO NONUALCO 49SV (49 SV)</b></p> 	<p><b>Localización:</b> encontrado en cantón El Calvario, San Pedro Nonualco, La Paz, propiedad de Sergio Antonio Orellana Menjivar, latitud 13°35'59.90", longitud 88°55'52.00", altitud 631 msnm.</p> <p><b>Descripción del árbol:</b> edad 35 años, arquitectura erecta, forma de ramificación simple, número de chupones 4, diámetro a la altura del pecho 11.53 cm, altura 6.00 m y número de frutos 28.</p> <p><b>Descripción de hoja:</b> forma de la base obtusa, forma del ápice apiculada, textura cartácea, color de los brotes rojo claro, largo 42.29 cm y ancho 13.87 cm.</p> <p><b>Descripción de la flor:</b> pigmentación del pedicelo fuerte, pigmentación del sépalo débil, pigmentación del estaminodio moderada, color de lígula amarillo, largo de estaminodio 5.06 mm, largo de ovario 1.94 mm, ancho de ovario 1.28 mm, número de cojines por metro lineal 33 y número de flores por cojín 6.00.</p> <p><b>Descripción de mazorca:</b> forma ovado, color amarillo verde, constricción basal ausente o muy débil, forma del ápice obtuso, ligeramente rugosa, longitud 16.25 cm, diámetro 7.33 cm, peso de mazorca 466.15 g e índice de mazorca 16.39.</p> <p><b>Descripción de la semilla:</b> color púrpura oscuro, forma sección longitudinal elíptica, forma sección transversal aplanada, número de semillas 31, largo 2.19 cm, ancho 1.16 cm, peso de semilla seca 1.97 g e índice de semilla 50.81.</p> <p><b>Análisis bromatológico:</b> humedad parcial 14.92%, humedad total 2.36%, grasa 52.45%, proteína 18.36%, fibra 7.80%, ceniza 3.74%, carbohidratos 17.66%, materia seca 82.73%, hierro 30.68 ppm, zinc 51.48 ppm y calcio 0.13%.</p>

<p><b>SAN PEDRO NONUALCO 50SV (50 SV)</b></p> 	<p><b>Localización:</b> encontrado en cantón El Calvario, San Pedro Nonualco, La Paz, propiedad de Sergio Antonio Orellana Menjivar, latitud 13°36'10.10", longitud 88°55'10", a una altitud de 642 msnm.</p> <p><b>Descripción del árbol:</b> edad 35 años, arquitectura erecta, forma de ramificación intermedia, número de chupones 3, diámetro a la altura del pecho 10.20 cm, altura 6.50 m y número de frutos 48.</p> <p><b>Descripción de la hoja:</b> forma de la base obtusa, forma del ápice apiculada, textura cartácea, color de los brotes rojo medio, largo 34.38 cm, ancho 12.31 cm.</p> <p><b>Descripción de la flor:</b> pigmentación del pedicelo fuerte, pigmentación del sépalo moderada, pigmentación del estaminodio moderada, color de lígula amarillo crema, largo de estaminodio 5.50 mm, largo de ovario 1.25 mm, ancho de ovario 1.05 mm, número de cojines por metro lineal 23 y número de flores por cojín 3.60.</p> <p><b>Descripción de mazorca:</b> forma ovado, color anaranjado, constricción basal moderada, forma del ápice obtuso, moderadamente rugosa, longitud 19.00 cm, diámetro 8.66 cm, peso de mazorca 506.85 g e índice de mazorca 13.30.</p> <p><b>Descripción de la semilla:</b> color púrpura oscuro, forma sección longitudinal ovada, forma sección transversal aplanada, número de semillas 38, largo 2.02 cm, ancho 1.00 cm, peso de semilla seca 1.98 g e índice de semilla 50.53.</p> <p><b>Análisis bromatológico:</b> humedad parcial 12.26%, humedad total 2.40%, grasa 54.31%, proteína 20.37%, fibra 9.81%, ceniza 3.73%, carbohidratos 11.78%, materia seca 85.34%, hierro 24.42 ppm, zinc 40.74 ppm y calcio 0.11%.</p>
<p><b>SAN PEDRO NONUALCO 209 (SPN 209)</b></p> 	<p><b>Localización:</b> encontrado en cantón El Lazareto, San Pedro Nonualco, La Paz, propiedad de Otoniel López Beltrán, latitud 13°36'16.15", longitud 88°56'42.09" a una altitud de 559 msnm.</p> <p><b>Descripción del árbol:</b> edad 15 años, arquitectura erecta, forma de ramificación verticilada, número de chupones 2, diámetro a la altura del pecho 8.50 cm, altura 3.00 m, número de frutos 42.</p> <p><b>Descripción de la hoja:</b> forma de la base obtusa, forma del ápice apiculada, textura cartácea, color de los brotes marrón, largo 30.77 cm, ancho 11.37 cm.</p> <p><b>Descripción de la flor:</b> pigmentación del pedicelo fuerte, pigmentación del sépalo ausente o muy débil, pigmentación del estaminodio moderada, color de lígula amarillo crema, largo de estaminodio 5.82 mm, largo de ovario 1.84 mm, ancho de ovario 1.18 mm, número de cojines por metro lineal 39 y número de flores por cojín 5.60.</p> <p><b>Descripción de mazorca:</b> forma ovado, color amarillo verde, constricción basal ausente o muy débil, forma del ápice obtuso, moderadamente rugosa, longitud 16.40 cm, diámetro 9.28 cm, peso de mazorca 659.10 g, índice de mazorca 20.45.</p> <p><b>Descripción de la semilla:</b> color crema, forma sección longitudinal ovada, forma sección transversal aplanada, número de semillas 35, largo 2.54 cm, ancho 1.53 cm, peso de semilla seca 1.40 g, índice de semilla 71.57.</p> <p><b>Análisis bromatológico:</b> humedad parcial 8.96%, humedad total 1.99%, grasa 39.29%, proteína 22.19%, fibra 21.28%, ceniza 4.10%, carbohidratos 13.14%, materia seca 89.05%, hierro 23.87 ppm, zinc 52.06 ppm y calcio 0.05%.</p>
<p><b>SAN PEDRO NONUALCO 210 (SPN 210)</b></p> 	<p><b>Localización:</b> encontrado en cantón El Lazareto, San Pedro Nonualco, La Paz, propiedad de Otoniel López Beltrán, latitud 13°36'15.81", longitud 88°56'42.07", a una altitud de 559 msnm.</p> <p><b>Descripción del árbol:</b> edad 15 años, arquitectura erecta, forma de ramificación verticilada, sin chupones, diámetro a la altura del pecho de 9.00 cm, altura 3.50 m, número de frutos 44.</p> <p><b>Descripción de la hoja:</b> forma de la base obtusa, forma del ápice apiculada, textura cartácea, color de los brotes rojo claro, largo 40.86 cm y ancho 12.41 cm.</p> <p><b>Descripción de la flor:</b> pigmentación del pedicelo moderada, pigmentación del sépalo débil, pigmentación del estaminodio débil, color de lígula amarillo crema, largo de estaminodio 5.74 mm, largo de ovario 1.50 mm, ancho de ovario 1.06 mm, número de cojines por metro lineal 37 y número de flores por cojín 4.80.</p> <p><b>Descripción de mazorca:</b> forma ovado, color rojo oscuro, constricción basal moderada, forma del ápice obtuso, moderadamente rugosa, longitud 23.00 cm, diámetro 9.29 cm, peso de mazorca 858.20 g e índice de mazorca de 16.54.</p> <p><b>Descripción de la semilla:</b> color crema, forma sección longitudinal elíptica, forma sección transversal aplanada, número de semillas 41, largo 2.42 cm, ancho 1.28 cm, peso de semilla seca 1.47 g, índice de semilla 67.80.</p> <p><b>Análisis bromatológico:</b> humedad parcial 7.61%, humedad total 2.96%, grasa 40.50%, proteína 23.24%, fibra 27.98%, ceniza 5.15%, carbohidratos 3.13%, materia seca 89.43%, hierro 26.51 ppm, zinc 62.27 ppm, calcio 0.05%.</p>

<p><b>SAN PEDRO NONUALCO 211 (SPN 211)</b></p> 	<p><b>Localización:</b> encontrado en cantón El Lazareto, San Pedro Nonualco, La Paz, propiedad de Otoniel López Beltrán, latitud 13°36'16.40", longitud 88°56'42.60" a una altitud de 565 msnm.</p> <p><b>Descripción del árbol:</b> edad 15 años, arquitectura erecta, forma de ramificación simple, número de chupones 1, diámetro a la altura del pecho 5.00 cm, altura 2.25 m y número de frutos 31.</p> <p><b>Descripción de la hoja:</b> forma de la base obtusa, forma del ápice apiculada, textura cartácea, color de los brotes rojo claro, largo 34.74 cm y ancho 14.29 cm.</p> <p><b>Descripción de la flor:</b> pigmentación del pedicelo moderada, pigmentación del sépalo ausente o muy débil, pigmentación del estaminodio débil, color de lígula amarillo crema, largo de estaminodio 4.82 mm, largo de ovario 1.22 mm, ancho de ovario 1.00 mm número de cojines por metro lineal 40 y número de flores por cojín 5.40.</p> <p><b>Descripción de mazorca:</b> forma ovado, color rojo oscuro, constricción basal ausente o muy débil, forma del ápice obtuso, moderadamente rugosa, longitud 17.00 cm, diámetro 7.95 cm, peso de mazorca 420.10 g, índice de mazorca 22.63.</p> <p><b>Descripción de la semilla:</b> color blanco, forma sección longitudinal elíptica, forma sección transversal aplanada, número de semillas 27, largo 2.22 cm, ancho 1.43 cm, peso de semilla seca 1.64 g e índice de semilla 61.11.</p> <p><b>Análisis bromatológico:</b> humedad parcial 13.07%, humedad total 1.32%, grasa 44.00%, proteína 19.18%, fibra 15.08%, ceniza 4.35%, carbohidratos 17.39%, materia seca 85.61%, hierro 27.73 ppm, zinc 59.83 ppm y calcio 0.05%.</p>
<p><b>UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR 001 (UES 001)</b></p> 	<p><b>Localización:</b> encontrado en Universidad de El Salvador, San Salvador, latitud 13°43'80.80", longitud 89°12'00.80", altitud 699 msnm.</p> <p><b>Descripción del árbol:</b> edad 4 años, arquitectura erecta, forma de ramificación intermedia, sin chupones, diámetro a la altura del pecho 7.50 cm, altura 1.80 m, número de frutos 6.</p> <p><b>Descripción de la hoja:</b> forma de la base obtusa, forma del ápice apiculada, textura cartácea, color de los brotes verde medio, largo 27.31 cm, ancho 10.39 cm.</p> <p><b>Descripción de la flor:</b> pigmentación del pedicelo moderada, pigmentación del sépalo ausente o muy débil, pigmentación del estaminodio fuerte, color de lígula amarillo crema, largo de estaminodio 5.45 mm, largo de ovario 1.64 mm, ancho de ovario 1.06 mm, número de cojines por metro lineal 5 y número de flores por cojín 2.00.</p> <p><b>Descripción de mazorca:</b> forma ovado, color amarillo verde, constricción basal ausente o muy débil, forma del ápice entallado, ligeramente rugosa, longitud 18.00 cm, diámetro 6.98 cm, peso de mazorca 336.30 g e índice de mazorca 19.43.</p> <p><b>Descripción de la semilla:</b> color rosa, forma sección longitudinal ovada, forma sección transversal aplanada, número de semillas 35, largo 2.05 cm, ancho 1.11 cm, peso de semilla seca 1.47 g e índice de semilla 68.00.</p> <p><b>Análisis bromatológico:</b> humedad parcial 17.51%, humedad total 1.60%, grasa 47.85%, proteína 20.77%, fibra 14.10%, ceniza 5.10%, carbohidratos 12.1 %, materia seca 80.89%, hierro 35.31 ppm, zinc 63.97 ppm y calcio 0.05%.</p>
<p><b>UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR 2A (UES 2A)</b></p> 	<p><b>Localización:</b> encontrado en Universidad de El Salvador, San Salvador, latitud 13°43'19.50", longitud 89°12'40.70", altitud 695 msnm.</p> <p><b>Descripción del árbol:</b> edad 15 años, arquitectura erecta, forma de ramificación intermedia, número de chupones 2, diámetro a la altura del pecho 8.00 cm, altura 3.75 m y número de frutos 52.</p> <p><b>Descripción de la hoja:</b> forma de la base obtusa, forma del ápice apiculada, textura cartácea, color de los brotes verde medio, largo 27.65 cm y ancho 11.45 cm.</p> <p><b>Descripción de la flor:</b> pigmentación del pedicelo ausente o débil, pigmentación del sépalo ausente o muy débil, pigmentación del estaminodio débil, color de lígula amarillo crema, largo de estaminodio 5.18 mm, largo de ovario 1.45 mm, ancho de ovario 1.04 mm, número de cojines por metro lineal 28 y número de flores por cojín 4.20.</p> <p><b>Descripción de mazorca:</b> forma obovada, color amarillo, constricción basal ausente o muy débil, forma del ápice entallado, moderadamente rugosa, longitud 15.25 cm, diámetro 6.89 cm, peso de mazorca 260.40 g e índice de mazorca 23.11.</p> <p><b>Descripción de la semilla:</b> color blanco, forma sección longitudinal ovada, forma sección transversal aplanada, número de semillas 30, largo 2.15 cm, ancho 1.25 cm, peso de semilla seca 1.44 g e índice de semilla de 69.33.</p> <p><b>Análisis bromatológico:</b> humedad parcial 7.43%, humedad total 3.47%, grasa 39.12%, proteína 17.27%, fibra 16.12%, ceniza 4.99%, carbohidratos 22.50%, materia seca 80.86%, hierro 23.83 ppm, zinc 51.26 ppm y calcio 0.05%.</p>

## 5. CONCLUSIONES

Se caracterizaron 36 árboles de cacao establecidos en el Banco de Germoplasma de San Pedro Nonualco, los cuales presentan características de cacao criollo de aroma fino, demostrado por sus características cualitativas y cuantitativas de mazorcas, semillas y forma del árbol.

De los 36 árboles de cacao caracterizados, 19 árboles presentan en forma más definida las características cualitativas de cacao criollo fino de aroma como mazorcas pentágonas, semillas de color blanco, rosa y crema.

En cuanto a los árboles identificados como cacaos criollos finos de aroma, 28 árboles tienen valores en grasa menor al 50% y 8 árboles tienen valores en grasa por arriba del 50% (cacaos Trinitarios).

El árbol SPN 3 registró el mayor número de mazorcas por árbol con un total de 121 mazorcas; el árbol 45 SV presentó el menor valor en cuanto al índice de mazorcas con un total de 11.62 mazorcas que indica que se necesitan 12 mazorcas aproximadamente para formar un kilogramo de semilla seca; el árbol 50 SV presentó el menor valor en cuanto al índice de semilla con un total de 50.53 semillas; indicando que se necesitan 51 semillas aproximadamente para formar 100 gramos de semilla seca.

Con los árboles de cacao caracterizados se elaboró un catálogo descriptivo el cual presenta de forma resumida y ordenada las características colectadas del árbol, mazorcas, hojas, flores, semillas y análisis bromatológico según descriptores morfoagronómicos.

El método multivariado permitió agrupar en 12 componentes o grupos los árboles de cacao evaluados, llamando a esos componentes como poblaciones de cacao, ya que cada grupo se caracteriza por poseer variables idénticas entre sí, pero diferentes entre los demás grupos.

En el conglomerado uno se encuentran los árboles SPN 1 y SC 13, el cual se destaca por las variables: peso de mazorca, peso de cáscara, diámetro de mazorca, largo de mazorca, largo de semilla, peso de semilla más placenta más mucílago y ancho de semilla, estas son características correspondientes a mazorca y semilla.



## 6. RECOMENDACIONES

Continuar con la búsqueda, colecta, caracterización, conservación y propagación a nivel nacional de germoplasma que exprese las características de cacao criollo fino de aroma, con el fin de establecer bancos de germoplasma y jardines clonales en diferentes pisos altitudinales para evaluar la adaptabilidad y la productividad.

Para la clonación de cada árbol de cacao caracterizado las varetas deben ser envueltas en papel periódico húmedo, transportadas dentro de una hielera y se debe injertar el mismo día de su colecta, ya que al pasar más de 24 horas las varetas presentan oxidación y disminuye el porcentaje de prendimiento del injerto.

Realizar una evaluación de la productividad y de las características organolépticas de las accesiones establecidas en el banco de germoplasma de San Pedro Nonualco y seleccionar aquellos que presentan el mayor rendimiento de cosecha y el mejor perfil organoléptico.

Completar la caracterización morfoagronómica de los árboles de cacao establecidos en el Banco de Germoplasma con una caracterización molecular para conocer con certeza el porcentaje de características criollas que posee cada árbol.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

- Agromática. s.f. Comportamiento de los nutrientes en función del pH (en línea). s.l. s.p. Consultado 21 abr. 2019. Disponible en <https://www.agromatica.es/comportamiento-de-los-nutrientes-en-funcion-del-ph/>
- Alvarado Martínez, KL. 2017. Cuantificación de taninos y análisis bromatológico proximal en cuatro variedades de grano de *Sorghum bicolor* L. Moench (sorgo) cultivadas en El Salvador. Tesis. Lic. Q y F. Universidad de El Salvador. San Salvador, El Salvador. 155 p.
- Amores, F; Palacios, A; Jiménez, J; Zhang, D. 2009. Entorno ambiental, genética, atributos de calidad y singularización del cacao en el nor oriente de la provincia de esmeraldas. Quevedo, Ecuador. 99 p.
- ANACAFÉ (Asociación Nacional del Café, Guatemala). 2004. Cultivo de cacao: programa de diversificación de ingresos en la empresa cafetalera (en línea). Villa Canales, Guatemala. s.p. Consultado 01 abr. 2017. Disponible en <http://www.anacafe.org/glifos/index.php?title=Cultivo de cacao>
- AOAC (Asociación Oficial de Químicos Analistas, Estados Unidos). 1970. Métodos oficiales de análisis (en línea). Filipinas, Estados Unidos. s.p. Consultado 31 may. 2017. Disponible en <http://www.eoma.aoac.org/>
- Avendaño Arrazate, CH; Cueto Moreno, J; Mendoza López, A; López Andrade, PA; Sandoval Esquivel, A; Aguirre Medina, JF. 2014. Manual gráfico de descriptores varietales de cacao (*Theobroma cacao* L.). Coyoacán, México. 72 p.
- Ayesta Villega, ED. 2009. Caracterización morfológica de cien árboles promisorios de *Theobroma cacao* L. Waslala, RAAN. Tesis. Ing. A. Managua, Nicaragua. UNA. 58 p.

- Baena, LM; García Cardona, NA. 2012. Obtención y caracterización de fibra dietaria para cascarilla de las semillas tostadas de *Theobroma cacao* L. de una industria chocolatera colombiana. Tesis. Químico Industrial. Universidad Tecnológica de Pereira. Pereira, Colombia. 93 p.
- Batista, L. 2009. Guía técnica. El cultivo de cacao (en línea). Santo Domingo, República Dominicana. 232 p. Consultado 05 abr. 2017. Disponible en <http://www.cedaf.org.do/publicaciones/guias/download/cacao.pdf>
- Bedoya Vergara, C. 2016. Metodologías para el análisis bromatológico, físico y químico del cacao fermentado y seco, dentro del marco normativo internacional. Tesis. Ing. Alimentos. Corporación Universitaria Lasallista. Caldas, Colombia. 132 p.
- Cakmak, I. 2015. Zinc para la producción global sustentable de cultivos y mejores dietas nutricionales: Conferencia del Curso Internacional de Nutrición de Cultivos, Intagri (en línea). Guadalajara Jalisco, México. s.p. Consultado 25 mar. 2019. Disponible en <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/la-importancia-del-zinc-en-las-plantas-y-su-dinamica-en-el-suelo>
- CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Costa Rica). s.f. Colección internacional de cacao: Un tesoro mundial bajo el resguardo del CATIE (en línea). Turrialba, Costa Rica. s.p. Consultado 03 feb. 2019. Disponible en [https://www.catie.ac.cr/productos-y-servicios/colecciones-bancos-de-germoplasmas/coleccion-internacional-de-cacao.html?fbclid=IwAR3scWcALzSvYSV-BW\\_mTeBN\\_8WtalQYo2APDzrniLFWdZnj1acktBw\\_JQ](https://www.catie.ac.cr/productos-y-servicios/colecciones-bancos-de-germoplasmas/coleccion-internacional-de-cacao.html?fbclid=IwAR3scWcALzSvYSV-BW_mTeBN_8WtalQYo2APDzrniLFWdZnj1acktBw_JQ)
- CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Costa Rica). 2016. Catálogo de clones de cacao seleccionados por el CATIE para siembras comerciales (en línea). Turrialba, Costa Rica. 70 p. Consultado 10 sep. 2018. Disponible en [http://www.worldcocoafoundation.org/wp-content/uploads/files\\_mf/phillipsmora2012clones4.64mb.pdf](http://www.worldcocoafoundation.org/wp-content/uploads/files_mf/phillipsmora2012clones4.64mb.pdf)

- CENTA (Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal “Enrique Álvarez Córdova”, El Salvador). s.f. Guía Técnica cultivo de cacao. Práctica del injerto y tipos de injerto en cacao injerto (en línea). Ciudad Arce, El Salvador. 20 p. Consultado 27 mar. 2017. Disponible en <http://repiica.iica.int/docs/B4205e/B4205e.pdf>
- CENTA (Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal “Enrique Álvarez Córdova”, El Salvador) 2016. Manual para la interpretación de resultados de análisis químicos y cálculo de enmiendas para suelos cafetaleros. Ciudad Arce, El Salvador. 52 p.
- Cruz Montesinos, E. 2012. Caracterización de la cadena de agroproductiva cacao en El Salvador (en línea). San Salvador, El Salvador. 71 p. Consultado 29 de abr. 2017. Disponible en <http://simag.mag.gob.sv/uploads/pdf/Contribuciones2014311105318.pdf>
- De la Fuente Fernández, S. 2011. Análisis componentes principales. Madrid, España. 34 p.
- Dostert, N; Roque, J; Cano, A; Torre, M; Weigend, M. 2012. Hoja Botánica: Cacao. Trad Luebert, F. Lima, Perú. GmbH. 19 p.
- FAMSI (Fondo Andaluz de Municipios para la Solidaridad Internacional, España). 2019. Monográfico Objetivos de desarrollo sostenible y gobiernos locales (en línea). Andalucía, España. s.p. Consultado 04 mar. 2017. Disponible en <http://www.andaluciasolidaria.org/monograficos/especial-objetivos-de-desarrollo-sostenible-y-gobiernos-locales>
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Italia). s.f. Cacao operaciones poscosecha (en línea). Roma, Italia. 78 p. Consultado 25 mar. 2017. Disponible en <http://www.fao.org/3/a-au995s.pdf>
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Italia). 2015. Objetivos de desarrollo sostenible. 17 objetivos para transformar nuestro mundo (en línea). Roma, Italia. s.p. Consultado 04 mar. 2017. Disponible en <http://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>

FEDECACAO (Federación Nacional de Cacaoteros de Colombia). s.f. Guía para el cultivo del cacao: El árbol de cacao. Bogotá, Colombia. 30 p.

FEDECACAO (Federación Nacional de Cacaoteros de Colombia). 2005. El beneficio y características físico químicas del cacao (*Theobroma cacao* L.). Bogotá, Colombia. Produmedios. 32 p.

FHIA (Fundación Hondureña de Investigación Agrícola). 2005. Producción de plantas de cacao por injerto (en línea). La Lima, Honduras. 19 p. Consultado 27 mar. 2017. Disponible en [http://www.fhia.org.hn/downloads/cacao\\_pdfs/guia\\_produccion\\_de\\_cacao\\_por\\_injerto.pdf](http://www.fhia.org.hn/downloads/cacao_pdfs/guia_produccion_de_cacao_por_injerto.pdf)

Fowler, R. 1952. Características del Cacao Nacional. Turrialba. Costa Rica. p. 161-165.

FUNDESYRAM (Fundación para el Desarrollo Socioeconómico y Restauración Ambiental, El Salvador). 2009. Morfología de la planta de cacao (en línea). San Salvador, El Salvador. s.p. Consultado 11 ene. 2019. Disponible en <http://www.fundesyram.info/biblioteca.php?id=3096>

García, I. s.f. Interacción entre nutrientes (en línea). s.l. s.p. Consultado 21 abr. 2019. Disponible en [http://www.canna.es/interacciones\\_entre\\_nutrientes](http://www.canna.es/interacciones_entre_nutrientes)

García Carrión, LF. 2010. Catálogo de cultivares del Perú. Lima, Perú. s.e. 112 p.

Gonzáles, C. s.f. Lípidos (en línea). s.l. s.p. Consultado 25 mar. 2019. Disponible en <http://www.botanica.cnba.uba.ar/Pakete/3er/LosCompuestosOrganicos/1111/Lipidos.htm>

Guevara Mena, ME; Salazar, RJ. 2015. Caracterización morfológica del fruto y la semilla de 9 clones de cacao (*Theobroma cacao* L.) realizada en el Centro de Desarrollo Tecnológico del INTA El Recreo, El Rama, RAAS, en el año 2014-2015. Tesis. Ing. Agr. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua. Managua, Nicaragua. 66 p.

- Gutiérrez Hernández, BE. 2011. Estudio Agronómico y Físicoquímico de los ecotipos de cacao cultivados en los municipios de Izalco y Nahuilingo, en el departamento de Sonsonate en El Salvador. Tesis. Ing. Alimento. Antiguo Cuscatlán, El Salvador. UMD. 116 p.
- Gutiérrez, A. 2018. ¿Cuánto nitrógeno aporta la materia orgánica? (en línea). s.l. s.p. Consultado 21 abr. 2019. Disponible en <http://agronomosudg.com/2018/02/27/cuanto-nitrogeno-aporta-la-materia-organica/>
- Ibáñez, JJ. 2007. Un universo invisible bajo nuestros pies, los suelos y la vida: pH del suelo (en línea). s.l. s.p. Consultado 21 abr. 2019. Disponible en <https://www.madrimasd.org/blogs/universo/2007/04/02/62776>
- IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, Costa Rica). 1957. Manual del cultivo de cacao. Turrialba, Costa Rica. OEA. 233 p.
- IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, Costa Rica). 1987. Botánica de los cultivos tropicales. San José, Costa Rica. 2 ed. 462 p.
- Iñon, N. s.f. Ciclo del nitrógeno: fijación biológica del nitrógeno (en línea). s.l. s.p. Consultado 21 abr. 2019. Disponible en <http://www.iib.unsam.edu.ar/archivos/docencia/licenciatura/biotecnologia/2018/QuimicaBiol/1528215167.pdf>
- Jiménez, JM; Castillo, A; Gómez, A; Ramos, G; Chacón, I; Moya, A; Rumbos, R; Vidal, R; Albornoz, L; Gutiérrez, B; Vivas, A; Morales, N; Ramis, C. 1980. Manual Práctico para la caracterización morfológica de cacao (*Theobroma cacao* L.). Caracas, Venezuela. s.e. 50 p.
- López Hernández, JA; Ortiz Mejía, FN. 2016. Caracterización morfoagronómica de cacao criollo (*Theobroma cacao* L.) y su incidencia en la selección de germoplasma promisorio en áreas de presencia natural en El Salvador. Tesis. Ing. Agr. San Salvador, El Salvador. Universidad de El Salvador. 160 p.

- López, M; Guardado Deras, EC. 2018. Caracterización morfoagronómica *in situ* de cacao criollo (*Theobroma cacao* L.) en lugares de prevalencia natural y su incidencia en la selección de germoplasma promisorio en El Salvador. Tesis. Ing. Agr. San Salvador, El Salvador. Universidad de El Salvador. 179 p.
- MARN (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, El Salvador). 2017. Boletín Climatológico Mensual, Anual 2017. San Salvador, El Salvador. 1 p.
- Martínez, IS. s.f. Conservación de recursos fitogenéticos (en línea). Lima, Perú. 9 p. Consultado 29 mar. 2017. Disponible en [http://www.esporus.org/recursos/articulos/agrobiodiversitat/conservacion\\_rec\\_fitog\\_isa\\_ura\\_martin.pdf](http://www.esporus.org/recursos/articulos/agrobiodiversitat/conservacion_rec_fitog_isa_ura_martin.pdf)
- Martínez, WJ. 2007. Caracterización morfológica y molecular del cacao nacional boliviano y de selecciones élites del Alto Beni, Bolivia. Tesis M. Sc. Turrialba, Costa Rica. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. 101 p.
- Moreira Duque, M. 1992. La poda del cacao. 2ed. Quevedo, Ecuador. INIAP, Estación Experimental Tropical Pichilingue. 18 p.
- Osorio Guarín, JA. 2009. Caracterización molecular del banco de germoplasma de cacao (*Theobroma cacao* L.) del Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas Sinchi mediante marcadores moleculares tipo microsatélites. Tesis Lic. Bogotá, Colombia, Pontificia Universidad Javeriana. 61 p.
- Parada Berrios, FA; Rodríguez Urrutia, EA; Sermeño Chicas, JM; Quintanilla Quintanilla, JR. 2019. Conservación y manejo de recursos fitogenéticos de café robusta (*Coffea canephora*) y cacao criollo (*Theobroma spp.*) en sistemas agroecológicos productivos como estrategia frente al cambio climático. San Salvador, El Salvador. 223 p.
- Paredes Arce, M. 2003. Manual del cultivo de cacao (en línea). Lima, Perú. 100 p. Consultado 01 abr. 2017. Disponible en <http://www.infocafes.com/descargas/biblioteca/215.pdf>

- Peña Monserrate, GR. 2003. Caracterización morfológica de 57 accesiones de cacao (*Theobroma cacao* L) tipo nacional del banco de germoplasma de la estación experimental tropical Pichilingue. Tesis. Ing. Agr. Universidad Técnica de Manabí. Portoviejo, Ecuador. 61 p.
- PNUD (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, Estados Unidos). s.f. Transformar nuestro mundo: La agenda 2030 para el desarrollo sostenible. Buenos Aires, Argentina. 24 p.
- PROCAFE (Fundación Salvadoreña para Investigaciones de Café) 2007. Cuadro de interpretación de análisis de suelo. Santa Tecla, El Salvador. 1 p.
- Quiroz, J; Soria, J. 1994. Caracterización Fenotípica del cacao Nacional de Ecuador. Ecuador. INIAP. 125 p.
- Rodríguez Supoo, F. 1982. Fertilizantes: Nutrición vegetal. Ciudad de México, México. 157 p.
- Ruíz Erazo, XA. 2014. Diversidad genética de cacao (*Theobroma cacao* L.) con marcadores moleculares microsatélites. Tesis Mag. Agr. Palmira, Colombia, Universidad Nacional de Colombia. 80 p.
- Salud y buenos alimentos. 2014. Clasificación y propiedades del cacao (*Theobroma cacao*) (en línea). s.l. s.p. Consultado 03 feb. 2019. Disponible en <http://saludybuenosalimentos.es/alimentos/index.php?s1=Frutas&s2=Tropicales&s3=Cacao>
- Sánchez, AS; Naranjo Gonzáles, JA; Córdova Avalos, V; Ávalos de la Cruz, DA; Zaldívar Cruz, JM. 2016. Caracterización bromatológica de los productos derivados de cacao (*Theobroma cacao* L.) en la Chontalpa, Tabasco, México (en línea). Tabasco, México. 14 p. Consultado 23 feb. 2019. Disponible en <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=263144474014>



- Sela, G. s.f. El calcio en las plantas: la absorción de calcio y su movilidad en la planta (en línea). s.l. s.p. Consultado 21 abr. 2019. Disponible en <https://www.smart-fertilizer.com/es/articles/calcium-in-plants>
- Tannenbaum, G. 2004. Chocolate: A Marvellous Natural Product of Chemistry, Journal of Education. p. 1131-1135.
- UEX (Universidad de Extremadura, España). 2005. Edafología, Ciencias ambientales: Lección 5, propiedades del suelo, propiedades físico químicas y reacciones del suelo (en línea). Badajoz, España. s.p. Consultado 21 abr. 2019. Disponible en <https://www.eweb.unex.es/eweb/edafo/ECAP/ECAL5PFQReaccion.htm>
- USAID (Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional). 2008. Estudio de caracterización del potencial genético del cacao en el Perú (en línea). Lima, Perú. 78 p. Consultado 25 mar. 2017. Disponible en [http://minagri.gob.pe/portal/download/pdf/direccionesyoficinas/dqca/estudio\\_caracterizacion.pdf](http://minagri.gob.pe/portal/download/pdf/direccionesyoficinas/dqca/estudio_caracterizacion.pdf)
- Vicencio Jácome, AV. 2001. Caracterización química del nivel de fermentación y estudio de los parámetros de calidad del cacao (*Theobroma cacao* L.). Quito, Ecuador. 2 ed. INIAP. 75 p.
- Wilde, SA. s.f. Munsell: The determination of color of plant tissues by the use of standard Charts. Agronomy. New York, United States. 40 p.
- Zambrano Mendoza, JE. 2000. Caracterización fenológica de 67 genotipos de cacao (*Theobroma cacao* L) tipo nacional y de otros orígenes en la colección de la Estación Experimental Tropical Pichilingue. Tesis. Ing. Agr. Universidad Laica "Eloy Alfaro". Ecuador. 61 p.

## 8. ANEXOS

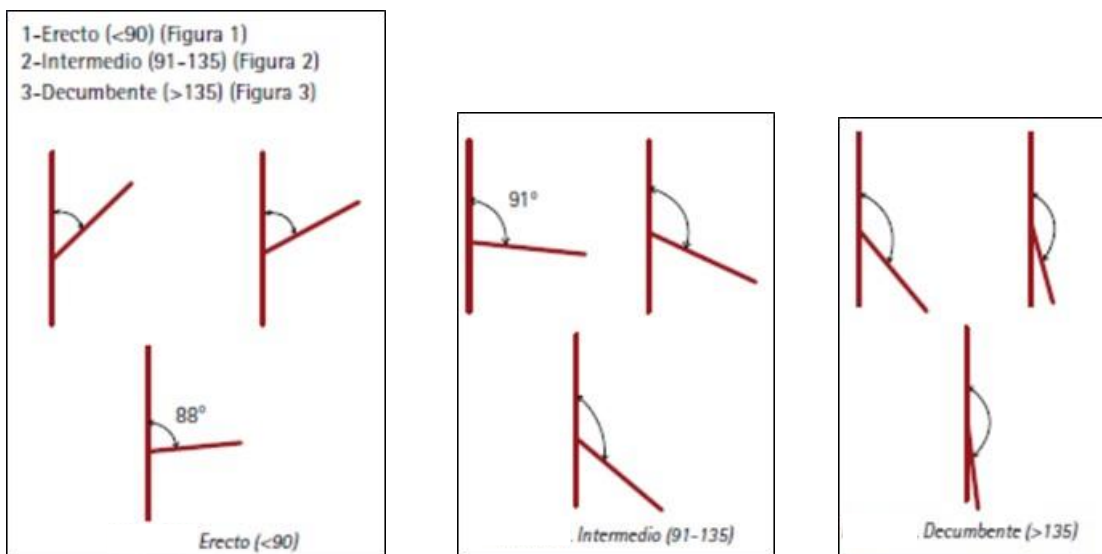


Figura A 1. Arquitectura del árbol de cacao



Figura A 2. Formación de ramificación del árbol de cacao



Figura A 3. Forma de la hoja del árbol de cacao

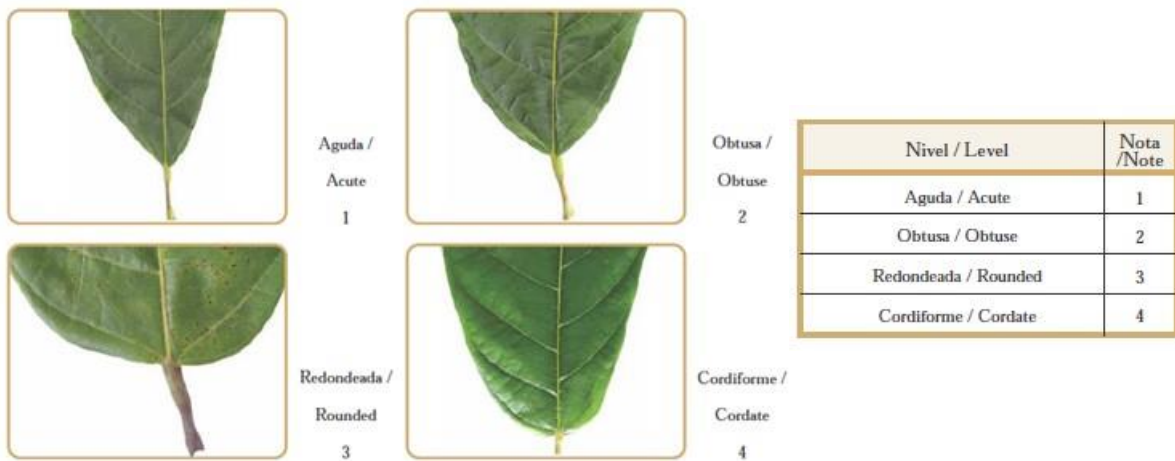


Figura A 4. Forma de la base de la hoja del árbol de cacao

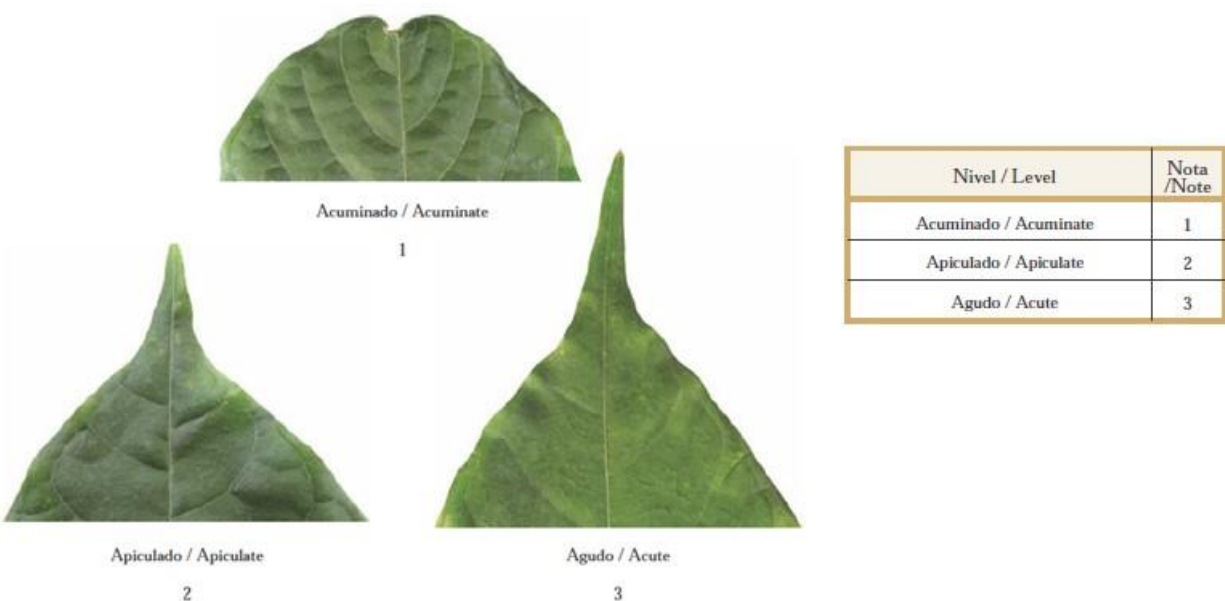


Figura A 5. Ápice de la hoja del árbol de cacao

Tome una hoja bien desarrollada y madura, observe si la misma es opaca y recorra su superficie por el envés con los dedos. Constate su textura, si la hoja es lisa y suave al tacto similar al papel de escribir se debe llamar "Cartácea", la misma, al arrugarla, debe volver a su forma original.

Si por el contrario es rugosa y algo áspera como el cuero o pergamino, seca e inflexible se debe llamar coriácea, esta hoja al arrugarla se resquebraja y no recupera su forma.

1=cartácea  
2=coriácea

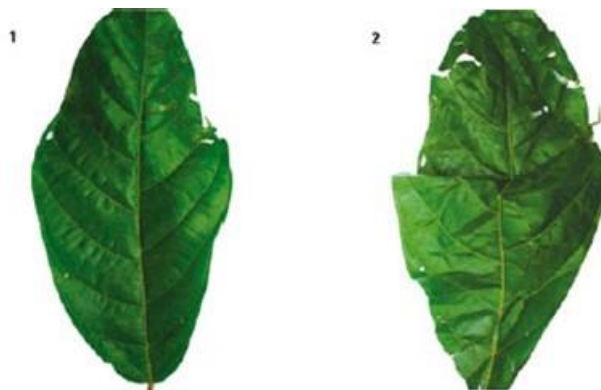


Figura A 6. Textura de la hoja del árbol de cacao

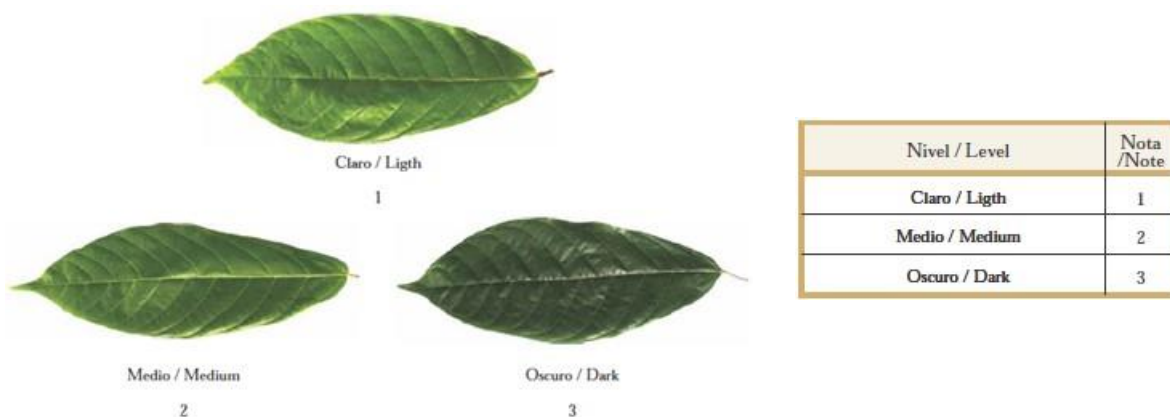


Figura A 7. Intensidad de pigmentación verde en hojas de cacao

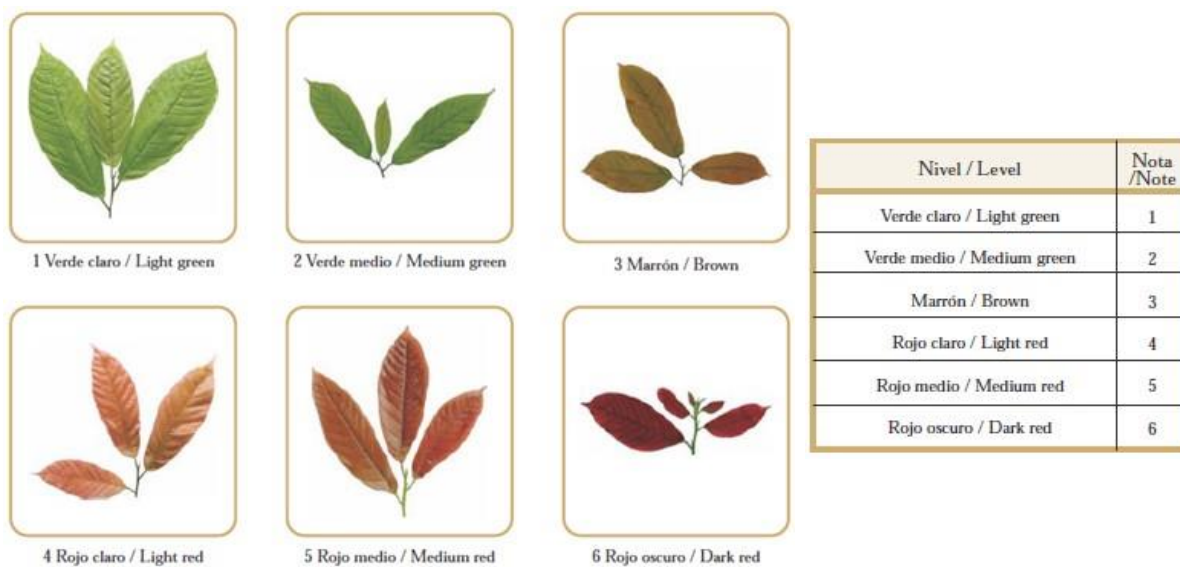


Figura A 8. Color de hoja joven de cacao



Figura A 9. Pubescencia en brotes terminales en árbol de cacao

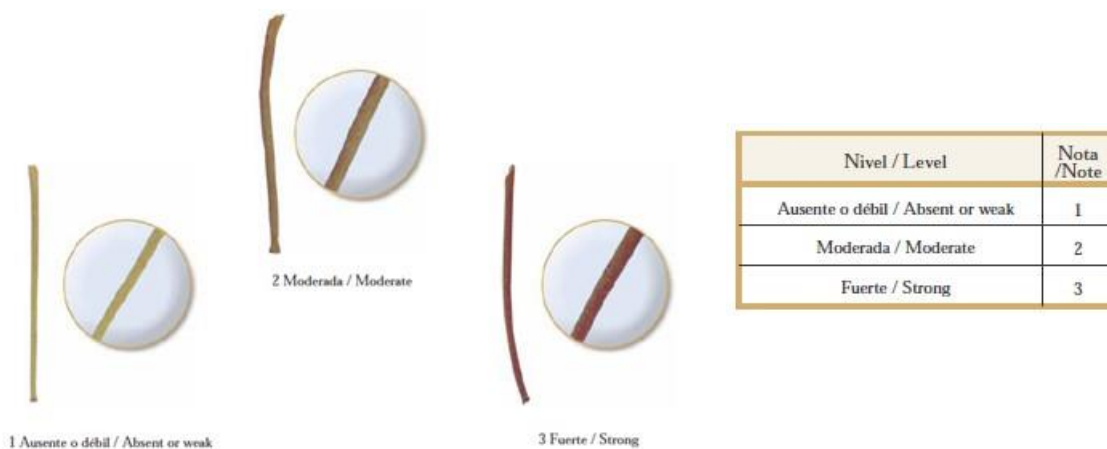


Figura A 10. Pigmentación antocianica del pedicelo

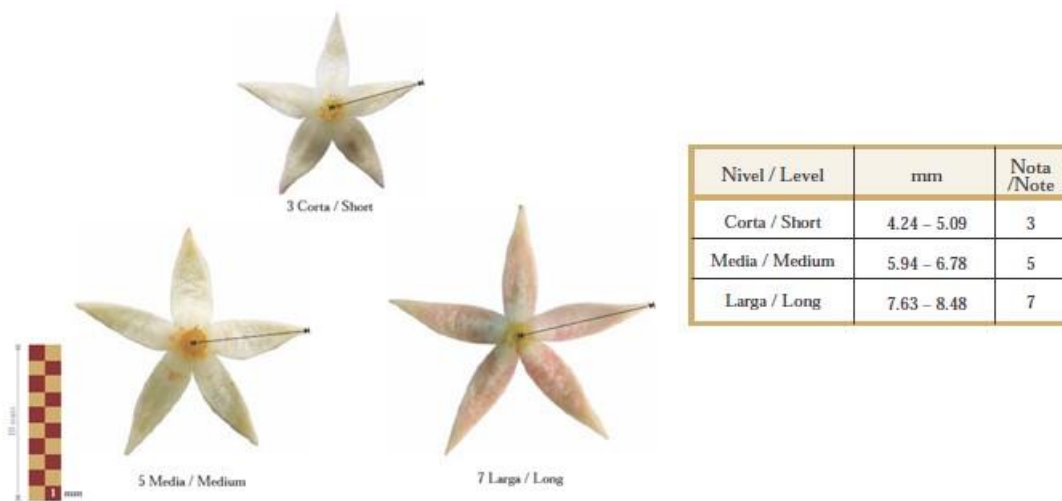


Figura A 11. Longitud de sépalo en flores de cacao



Figura A 12. Ancho de sépalo en flores de cacao

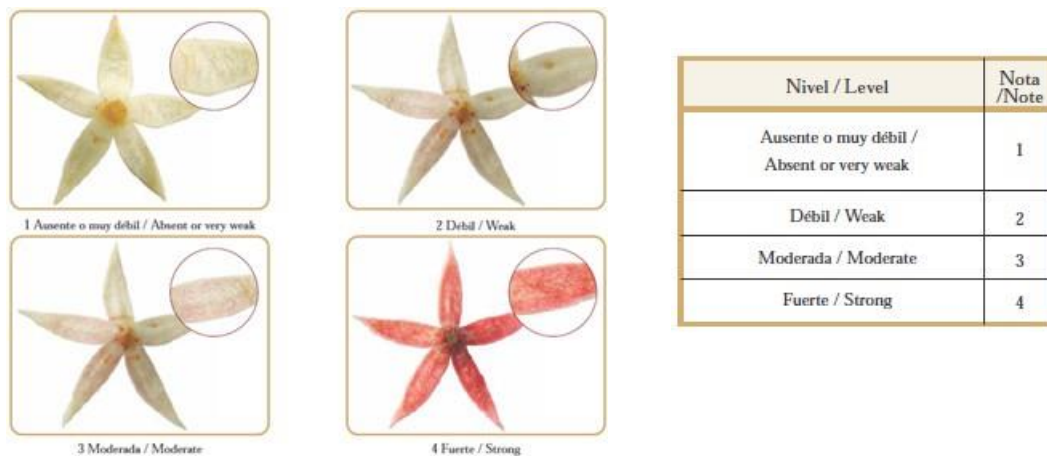


Figura A 13. Pigmentación antocianica del sépalo en flores de cacao

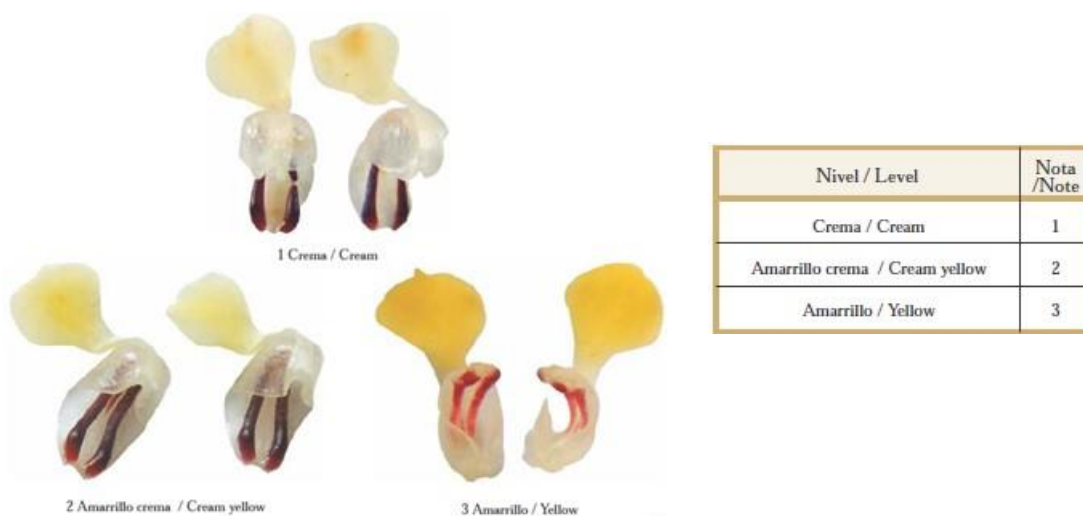


Figura A 14. Color de lígula en flores de cacao



Figura A 15. Pigmentación antocianina del estaminodio en flores de cacao



Figura A 16. Largo de estilo en flores de cacao

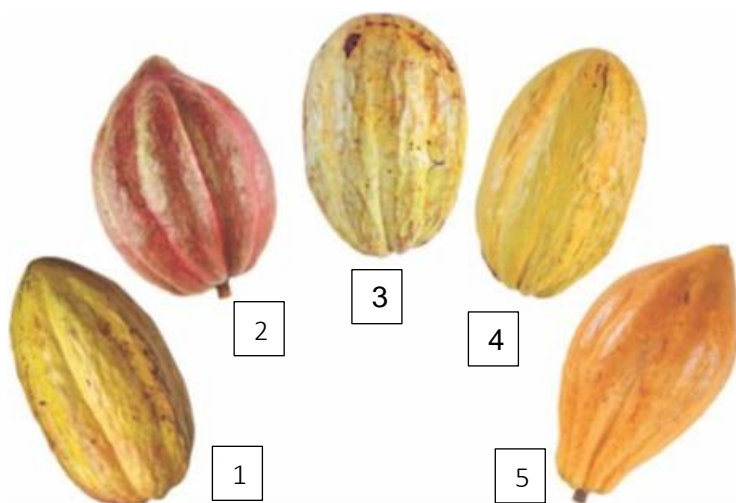


Figura A 17. Número de óvulos por ovario en flores de cacao



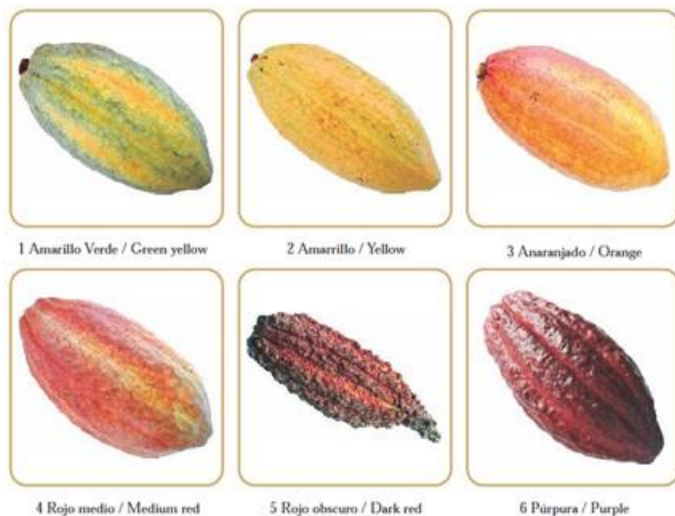


Figura A 18. Largo de ovario en flores de cacao



Nivel / Level	Nota / Note
Ovado / Ovate	1
Circular / Circular	2
Elíptica / Elliptic	3
Oblonga / Oblong	4
Obovado / Obovate	5

Figura A 19. Forma de mazorca de cacao



Nivel / Level	Nota / Note
Amarillo Verde / Green yellow	1
Amarrillo / Yellow	2
Anaranjado / Orange	3
Rojo medio / Medium red	4
Rojo oscuro / Dark red	5
Púrpura / Purple	6

Figura A 20. Color de mazorca de cacao

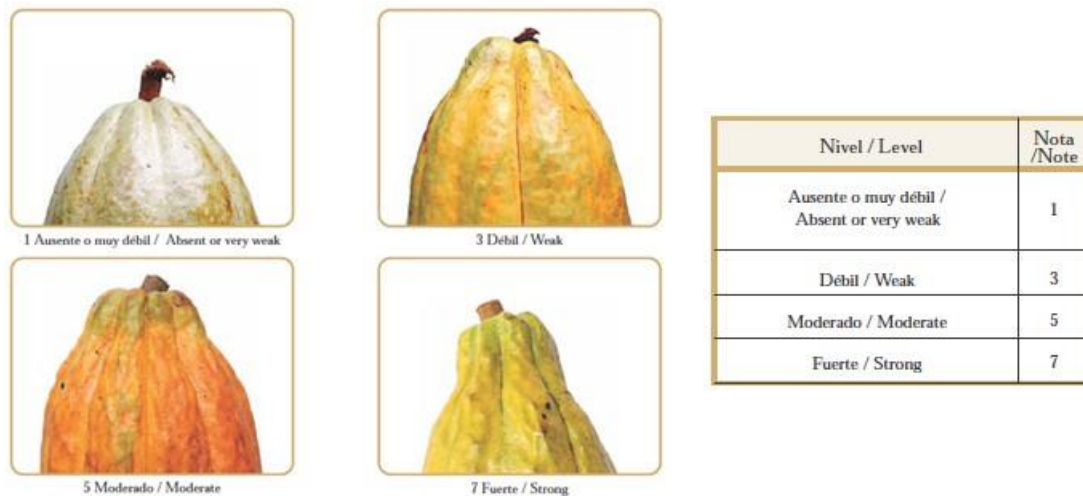


Figura A 21. Construcción basal en mazorca de cacao

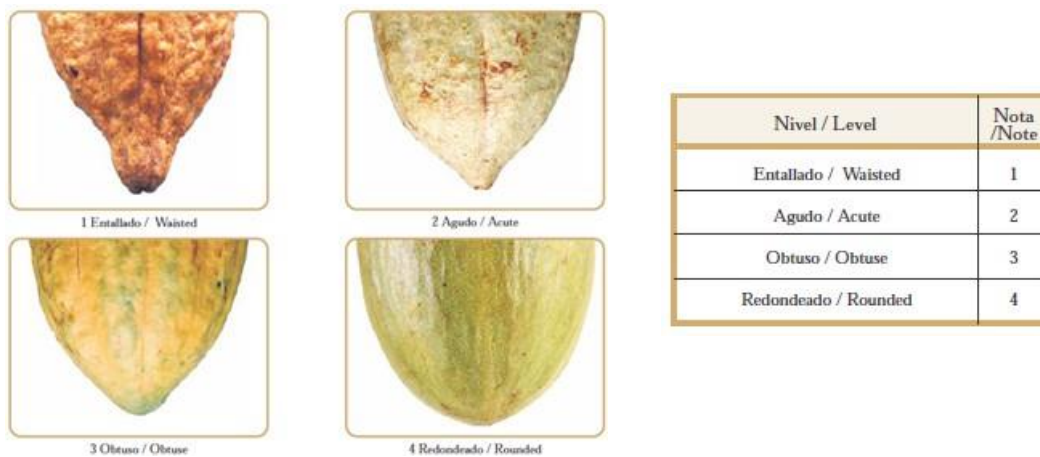


Figura A 22. Forma del ápice en mazorca de cacao

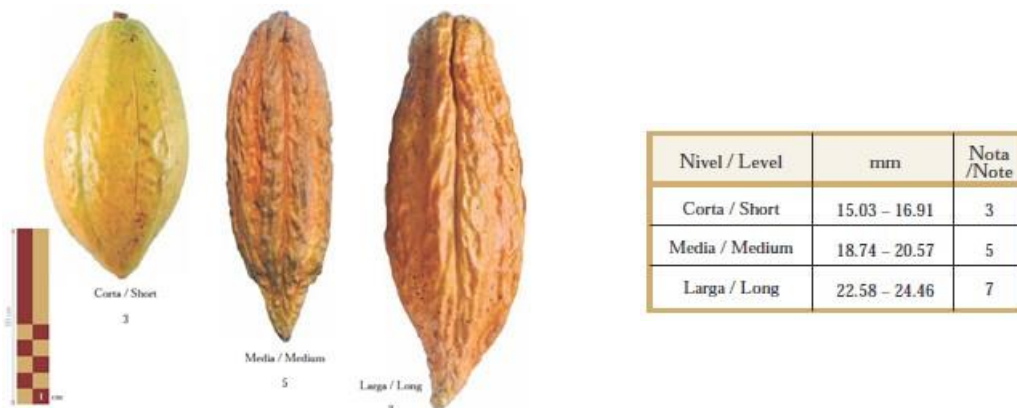


Figura A 23. Longitud de mazorca de cacao

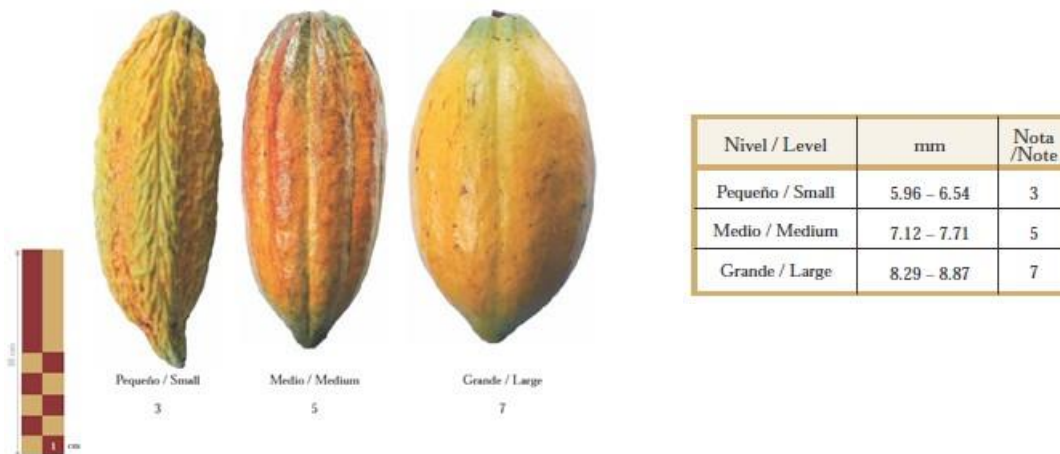


Figura A 24. Diámetro de mazorca de cacao

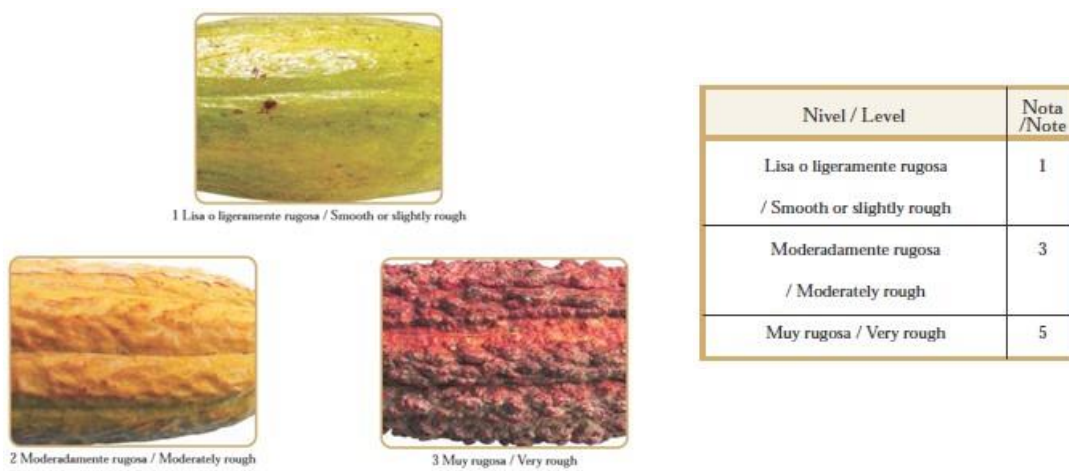


Figura A 25. Superficie de mazorca de cacao

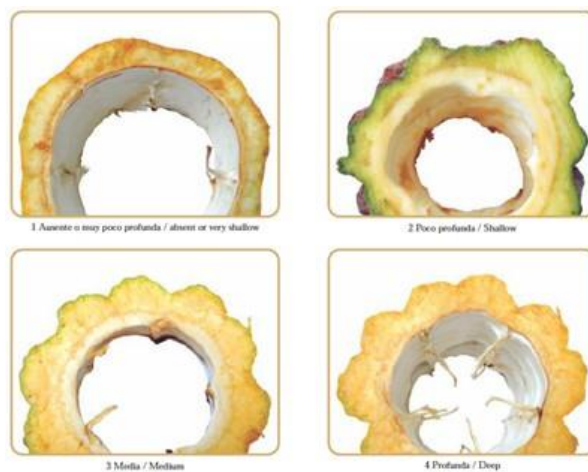


Figura A 26. Profundidad de los surcos en mazorca de cacao

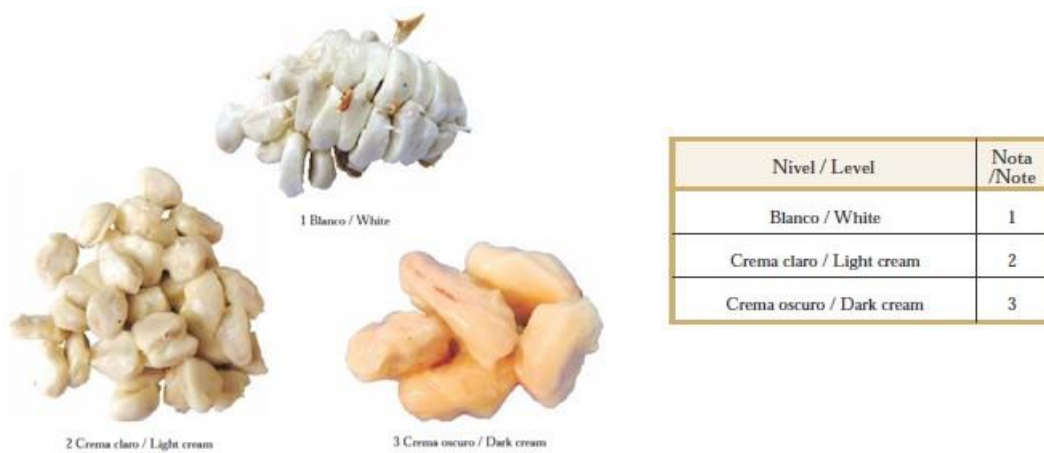


Figura A 27. Color de la pulpa en semillas de cacao

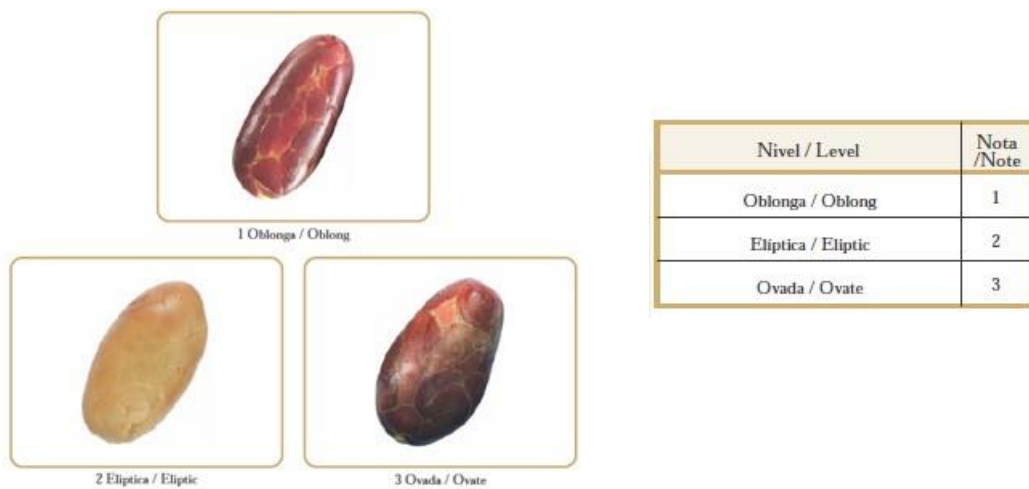


Figura A 28. Forma de semilla en sección longitudinal



Figura A 29. Forma de semilla en sección transversal

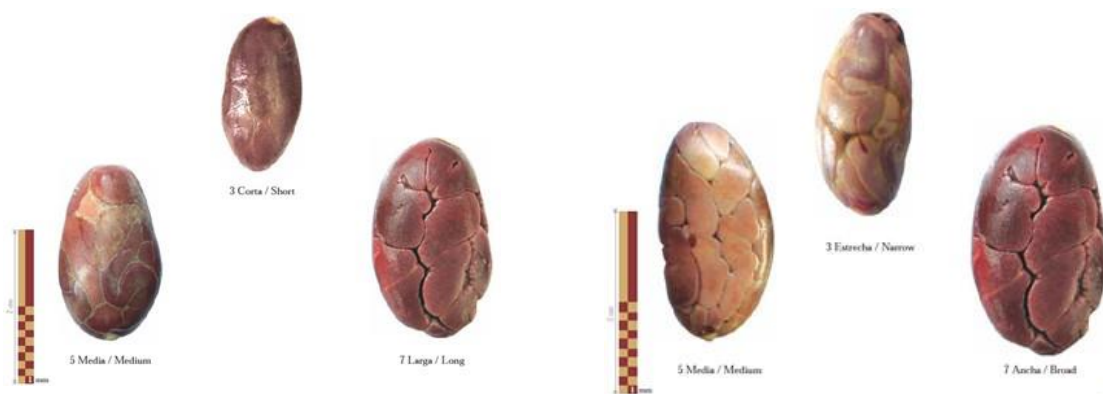


Figura A 30. Longitud y anchura de la semilla de cacao



Figura A 31. Grosor de la semilla

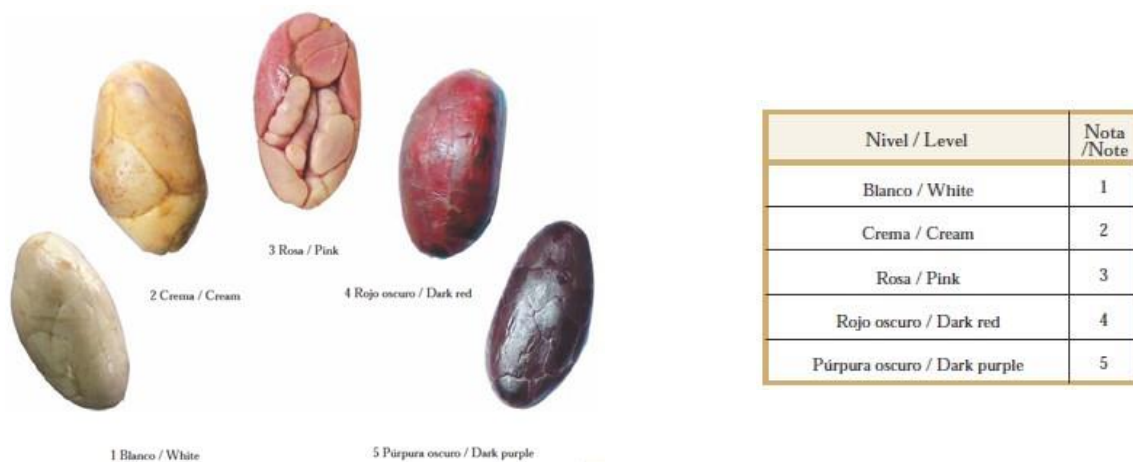


Figura A 32. Coloración del cotiledón

## Cuadro A 1. Descriptor elaborado para la colecta de datos en campo

Descriptor elaborado para la caracterización de cacao en la investigación.



Universidad de El Salvador  
Facultad de Ciencias Agronómica  
Departamento de Fitotecnia

**Datos de pasaporte:**

Nombre de los colectores: \_\_\_\_\_

Fecha de colección de la información: \_\_\_\_\_

Departamento: \_\_\_\_\_ Municipio: \_\_\_\_\_ Cantón: \_\_\_\_\_

Latitud: \_\_\_\_\_ Longitud: \_\_\_\_\_

Área total de finca: \_\_\_\_\_ Área con cacao: \_\_\_\_\_ Edad de la plantación: \_\_\_\_\_

Altura sobre el nivel del mar: \_\_\_\_\_

Nombre de la finca o parcela: \_\_\_\_\_

Nombre del productor: \_\_\_\_\_ Edad del productor: \_\_\_\_\_

Número correlativo de árbol: \_\_\_\_\_

**Descriptor morfoagronómicos****Características del árbol**

Arquitectura del árbol	Nota
Erecto	
Intermedio	
Decumbente	
Formación de ramificación	Nota
Simple	
Intermedia	
Verticilada	
Número de chupones/árbol:	
DAP (diámetro a altura de pecho):	
Altura del árbol:	
Número de mazorcas:	

### Características de las hojas (Parte intermedia del árbol)

Forma de la hoja.	Numero de hojas/árbol.										Total	x
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Largo (cm)												
Ancho (cm)												
Largo de la base hasta el punto más ancho (cm)												
<b>Forma de la base de la hoja</b>						<b>Nota</b>						
Aguda												
Obtusa												
Redondeada												
Cordiforme												
<b>Ápice de la hoja</b>						<b>Nota</b>						
Acuminado												
Apiculado												
Agudo												
<b>Textura de la hoja</b>						<b>Nota</b>						
Cartácea												
Coriácea												
<b>Intensidad de pigmentación verde en hoja</b>						<b>Nota</b>						
Claro												
Medio												
Oscuro												

### Características de los brotes

<b>Color de hoja joven</b>	<b>Nota</b>
Verde claro	
Verde medio	
Marrón	
Rojo claro	
Rojo medio	
Rojo oscuro	
<b>Pubescencia en brotes terminales</b>	<b>Nota</b>
Ausente	
Incipiente	
Intermedia	
Intensa	

### Características de la flor (5 flores/árbol)

<b>Cojines florales</b>	<b>C1</b>	<b>C2</b>	<b>C3</b>	<b>C4</b>	<b>C5</b>	<b>Total</b>	<b>x</b>
Número de flores por cojín							
Número de cojines por metro lineal							
<b>Pigmentación antocianica del pedicelo</b>						<b>Nota</b>	
Ausente o débil							
Moderada							
Fuerte							

<b>Longitud de sépalo</b>	<b>S1</b>	<b>S2</b>	<b>S3</b>	<b>S4</b>	<b>S5</b>	<b>Total</b>	<b>x</b>
Longitud (mm)							
<b>Ancho de sépalo</b>	<b>S1</b>	<b>S2</b>	<b>S3</b>	<b>S4</b>	<b>S5</b>	<b>Total</b>	<b>x</b>
Ancho (mm)							
<b>Pigmentación antociánica del sépalo</b>	<b>S1</b>	<b>S2</b>	<b>S3</b>	<b>S4</b>	<b>S5</b>	<b>Total</b>	<b>x</b>
Ausente o muy débil							
Débil							
Moderada							
Fuerte							
<b>Color de lígula</b>						<b>Nota</b>	
Crema							
Amarillo crema							
Amarillo							
<b>Pigmentación antociánica del estaminodio</b>	<b>E1</b>	<b>E2</b>	<b>E3</b>	<b>E4</b>	<b>E5</b>	<b>Total</b>	<b>x</b>
Ausente o muy débil							
Débil							
Moderada							
Fuerte							
<b>Estaminodios</b>	<b>E1</b>	<b>E2</b>	<b>E3</b>	<b>E4</b>	<b>E5</b>	<b>Total</b>	<b>x</b>
Largo de estaminodio (mm)							
<b>Estilo</b>	<b>E1</b>	<b>E2</b>	<b>E3</b>	<b>E4</b>	<b>E5</b>	<b>Total</b>	<b>x</b>
Largo de estilo (mm)							
<b>Ovario</b>	<b>O1</b>	<b>O2</b>	<b>O3</b>	<b>O4</b>	<b>O5</b>	<b>Total</b>	<b>x</b>
Largo (mm)							
Ancho (mm)							
Color externo							
Número de óvulos por ovario							

#### Características de mazorca

<b>Forma de mazorca</b>	<b>F1</b>	<b>F2</b>
Ovado		
Circular		
Elíptica		
Oblonga		
Obovado		
<b>Color de mazorca</b>	<b>F1</b>	<b>F2</b>
Amarillo verde		
Amarillo		
Anaranjado		
Rojo medio		
Rojo oscuro		
Púrpura		
<b>Constricción basal</b>	<b>F1</b>	<b>F2</b>
Ausente o muy débil		
Débil		



Moderada				
Fuerte				
<b>Forma del ápice</b>	<b>F1</b>	<b>F2</b>		
Entallado				
Agudo				
Obtuso				
Redondeado				
<b>Longitud de mazorca</b>	<b>F1</b>	<b>F2</b>		
Longitud (cm)				
<b>Diámetro de mazorca</b>	<b>F1</b>	<b>F2</b>		
Diámetro (cm)				
<b>Superficie de mazorca</b>	<b>F1</b>	<b>F2</b>		
Lisa o ligeramente rugosa				
Moderadamente rugosa				
Muy rugosa				
<b>Peso de mazorca</b>	<b>F1</b>	<b>F2</b>	<b>Total</b>	<b>x</b>
Peso (g)				
<b>Resistencia de la cáscara en mazorca fisiológicamente maduro (dureza)</b>	<b>F1</b>	<b>F2</b>		
Débil				
Moderada				
Fuerte				
<b>Surcos</b>	<b>F1</b>	<b>F2</b>	<b>Total</b>	<b>x</b>
Profundidad de los surcos (mm)				
<b>Caballote</b>	<b>F1</b>	<b>F2</b>	<b>Total</b>	<b>x</b>
Espesor de caballote (mm)				
<b>Peso de cáscara</b>	<b>F1</b>	<b>F2</b>	<b>Total</b>	<b>x</b>
Peso (g)				
<b>Grosor de cáscara</b>	<b>F1</b>	<b>F2</b>	<b>Total</b>	<b>x</b>
Grosor (mm)				

#### Características de la pulpa y semilla.

<b>Color de la pulpa</b>	<b>F1</b>	<b>F2</b>		
Blanco				
Crema claro				
Crema oscuro				
<b>Peso de semilla</b>	<b>F1</b>	<b>F2</b>	<b>Total</b>	<b>x</b>
Semilla + placenta + mucilago (g)				
Peso de semilla húmeda (g)				
Peso de semilla seca (g)				
<b>Número de semilla</b>	<b>F1</b>	<b>F2</b>	<b>Total</b>	<b>x</b>
Semillas				
<b>Forma de semilla (sección longitudinal)</b>	<b>F1</b>	<b>F2</b>		
Oblonga				
Elíptica				
Ovada				
<b>Forma de semilla (sección transversal)</b>	<b>F1</b>	<b>F2</b>		
Aplanada				

Intermedia							
Redondeada							
<b>F1</b>							
<b>Dimensiones de la semilla</b>	<b>S1</b>	<b>S2</b>	<b>S3</b>	<b>S4</b>	<b>S5</b>	<b>Total</b>	<b>x</b>
Largo de semilla (mm)							
Ancho de semilla (mm)							
Espesor de semilla (mm)							
<b>F2</b>							
<b>Dimensiones de la semilla</b>	<b>S1</b>	<b>S2</b>	<b>S3</b>	<b>S4</b>	<b>S5</b>	<b>Total</b>	<b>x</b>
Largo de semilla (mm)							
Ancho de semilla (mm)							
Espesor de semilla (mm)							
<b>Descripción de coloración del cotiledón</b>					<b>Numero de semillas</b>		
<b>Color</b>					<b>F1</b>	<b>F2</b>	
Blanco							
Crema							
Rosa							
Rojo oscuro							
Púrpura oscuro							

**Nota:** Se utilizaron dos mazorcas para obtener la cantidad de muestra suficiente para realizar el análisis bromatológico.

Cuadro A 2. Variables cuantitativas de los árboles de cacao

Árbol	Número de chupones por árbol	Diámetro a la altura del pecho (cm)	Altura (m)	Número de mazorcas
SPN 1	0	8.50	4.50	100
SPN 2	0	8.00	5.00	70
SPN 3	0	8.50	3.50	121
SPN 4	3	9.00	6.00	5
SPN 5	4	7.00	6.00	10
SPN 9	2	10.30	3.00	105
SPN 10	0	10.30	3.50	46
SPN 11	1	8.95	3.00	23
SPN 12	0	10.00	3.80	46
SC 13	0	8.00	6.00	102
SPN14	0	8.00	6.00	22
SPN 15	0	8.50	3.50	50
SPN 16	0	8.50	3.50	35
TN 17	1	5.50	4.50	3
TN 18	0	5.00	4.25	3
TN 19	3	4.50	3.75	3
TN 20	0	4.50	3.75	4
TN 21	2	6.00	3.50	6
TN 22	1	5.00	3.60	3
TN 23	1	3.50	3.75	3
TN 32	0	3.50	3.00	6
TN 35	1	4.00	2.25	4
TN 36	1	3.50	2.25	3
TN 37	0	4.00	3.75	5
TN 38	2	4.00	3.75	12
TN 39	1	4.50	4.00	14
SPN 47	0	8.50	4.50	43
45SV	3	7.68	4.00	77
48SV	3	13.00	7.50	47
49SV	4	11.53	6.00	28
50SV	3	10.20	6.50	48
SPN 209	2	8.50	3.00	42
SPN 210	0	9.00	3.50	44
SPN 211	1	5.00	2.25	31
UES 2A	2	8.00	3.75	52
UES 001	0	7.50	1.80	6
<b>Promedio</b>	<b>1.14</b>	<b>7.22</b>	<b>4.06</b>	<b>33.94</b>

Cuadro A 3. Variables cuantitativas de las hojas de los árboles de cacao

<b>Árbol</b>	<b>Largo (cm)</b>	<b>Ancho (cm)</b>	<b>Largo de la hoja desde la base hasta el punto más ancho (cm)</b>
SPN 1	38.58	13.69	20.31
SPN 2	37.78	13.99	21.47
SPN 3	37.20	14.21	20.76
SPN 4	39.16	13.31	20.98
SPN 5	35.13	11.19	20.94
SPN 9	40.76	14.81	21.39
SPN 10	40.18	13.30	22.01
SPN 11	35.82	13.96	21.70
SPN 12	35.70	13.87	19.25
SC 13	22.59	6.75	12.12
SPN14	31.72	11.52	18.52
SPN 15	40.89	15.45	23.35
SPN 16	37.12	12.35	21.16
TN 17	30.72	11.12	18.03
TN 18	28.09	10.48	14.78
TN 19	33.78	13.60	17.94
TN 20	26.78	10.24	14.34
TN 21	36.10	13.19	18.90
TN 22	23.41	9.98	13.64
TN 23	30.59	10.64	16.71
TN 32	23.50	9.50	12.51
TN 35	25.00	9.76	13.59
TN 36	23.19	9.24	12.59
TN 37	25.63	10.24	14.10
TN 38	28.73	11.61	16.23
TN 39	25.81	10.26	14.11
SPN 47	38.52	16.46	20.63
45SV	37.72	12.79	22.95
48SV	32.77	11.87	15.62
49SV	42.29	13.87	22.23
50SV	34.38	12.31	19.03
SPN 209	30.77	11.37	16.53
SPN 210	40.86	12.41	21.33
SPN 211	34.74	14.29	17.45
UES 2A	27.65	11.45	15.68
UES 001	27.31	10.39	14.66
<b>Promedio</b>	<b>32.80</b>	<b>12.10</b>	<b>17.99</b>

Cuadro A 4. Variables cuantitativas de las flores de los árboles de cacao

Árbol	Número de flores por cojinetes	Número de cojinetes por metro lineal	Longitud del sépalo (mm)	Ancho del sépalo (mm)	Largo de estaminodio (mm)	Largo de estilo (mm)	Largo de ovario (mm)	Ancho de ovario (mm)	Número de óvulos por ovario
SPN 1	4.20	40	7.44	2.14	5.96	2.18	1.28	1.02	76
SPN 2	3.60	45	7.22	2.26	5.88	2.52	2.00	1.48	82
SPN 3	4.20	35	7.20	2.16	5.44	2.16	1.32	1.00	80
SPN 4	4.40	25	7.58	2.24	5.76	2.16	1.52	1.14	94
SPN 5	6.60	32	5.07	1.94	4.44	1.88	1.44	1.09	42
SPN 9	4.40	34	7.46	1.98	5.40	1.88	1.30	1.06	66
SPN 10	3.80	35	6.14	1.88	5.30	2.02	1.62	1.20	86
SPN 11	3.20	38	7.48	2.32	6.36	2.20	1.98	1.30	94
SPN 12	3.40	21	6.60	3.12	5.98	2.01	1.96	1.42	76
SC 13	4.80	50	6.70	2.06	6.70	1.92	1.36	1.00	64
SPN14	5.00	36	6.20	1.84	5.12	2.14	1.94	1.38	76
SPN 15	3.40	28	6.04	1.66	4.26	2.02	1.54	1.04	82
SPN 16	4.60	35	7.63	2.16	5.78	2.42	1.94	1.18	84
TN 17	4.00	34	6.86	2.04	4.78	1.96	1.38	1.04	58
TN 18	3.80	40	6.67	1.70	5.34	1.94	1.64	1.20	58
TN 19	5.00	32	6.70	1.88	5.14	1.92	1.52	1.06	60
TN 20	5.20	32	6.60	1.90	5.16	1.90	1.52	1.07	44
TN 21	3.60	38	6.60	1.92	5.18	1.90	1.54	1.12	62
TN 22	3.80	34	7.00	2.10	5.30	1.94	1.44	1.04	46
TN 23	4.60	28	6.75	2.07	5.45	1.96	1.60	1.10	34
TN 32	4.80	30	6.72	2.04	6.00	2.02	1.64	1,14	62
TN 35	4.80	32	6.42	1.70	5.20	1.75	1.80	1.22	52
TN 36	5.20	27	6.34	1.76	5.26	1.80	1.84	1.24	44
TN 37	4.00	31	6.34	1.96	5.20	2.04	1.16	1.02	44
TN 38	3.80	28	6.38	1.80	5.40	2.10	1.62	1.24	70
TN 39	6.00	40	6.32	1.76	5.10	2.00	1.92	1.22	54
SPN 47	4.00	36	6.90	2.06	5.14	2.12	1.30	1.04	76
45SV	3.80	25	6.90	2.24	5.52	2.18	1.76	1.30	88
48SV	4.40	22	6.92	1.96	5.26	1.96	1.20	1.04	76
49SV	6.00	33	5.90	2.16	5.06	2.16	1.94	1.28	62
50SV	3.60	23	7.05	1.90	5.50	1.95	1.25	1.05	76
SPN 209	5.60	39	6.52	2.16	5.82	2.16	1.84	1.18	70
SPN 210	4.80	37	6.78	2.04	5.74	1.94	1.50	1.06	82
SPN 211	5.40	40	6.22	1.96	4.82	1.76	1.22	1.00	54
UES 2A	4.20	28	5.68	2.04	5.18	2.14	1.45	1.04	60
UES 001	2.00	5	6.22	2.12	5.45	2.22	1.64	1.06	70
<b>Promedio</b>	<b>4.39</b>	<b>32.44</b>	<b>6.65</b>	<b>2.03</b>	<b>5.40</b>	<b>2.04</b>	<b>1.58</b>	<b>1.14</b>	<b>66.78</b>

Cuadro A 5. Variables cuantitativas de las mazorcas de cacao

Árbol	Longitud (cm)	Diámetro (cm)	Peso de mazorca (g)	Profundidad de los surcos (mm)	Espesor de caballete (mm)	Peso de la cáscara (g)	Grosor de la cáscara (mm)	Índice de mazorca
SPN 1	17.50	7.21	397.40	4.20	11.00	287.10	10.65	23.49
SPN 2	18.35	7.27	461.20	4.00	14.00	358.20	13.30	30.07
SPN 3	17.25	7.75	456.05	1.20	12.05	321.30	9.60	29.31
SPN 4	17.00	7.95	476.20	2.00	11.00	276.60	8.80	17.25
SPN 5	15.50	8.43	388.80	1.50	12.90	328.00	11.65	34.24
SPN 9	12.35	7.05	245.25	0.70	9.00	146.10	6.30	31.77
SPN 10	16.25	7.15	344.25	3.20	11.35	233.90	9.60	17.90
SPN 11	20.20	9.15	872.50	4.20	19.00	672.40	18.90	14.49
SPN 12	19.00	9.77	742.90	4.50	21.70	574.80	14.50	16.34
SC 13	14.50	7.66	375.30	2.00	8.35	259.05	11.00	20.31
SPN14	21.25	8.80	646.10	2.60	17.65	501.65	13.85	17.56
SPN 15	18.65	9.57	759.05	2.25	14.55	590.10	11.55	13.30
SPN 16	21.15	8.33	608.15	4.65	14.00	450.85	8.85	14.48
TN 17	21.00	8.70	471.70	7.10	15.40	277.60	7.30	26.16
TN 18	19.00	8.10	448.30	3.90	13.30	276.30	8.00	28.89
TN 19	11.00	6.43	238.00	1.90	9.50	152.80	5.10	37.11
TN 20	17.25	7.60	442.85	4.70	10.50	372.85	6.80	45.04
TN 21	18.00	7.00	353.60	2.00	13.70	233.70	9.90	20.71
TN 22	14.50	6.13	203.15	7.00	9.15	121.25	6.00	51.04
TN 23	14.00	6.20	191.40	1.70	8.00	121.20	5.80	80.97
TN 32	14.00	7.40	331.60	3.70	12.00	237.00	9.60	24.04
TN 35	17.00	7.20	353.50	1.70	9.40	213.20	6.80	32.25
TN 36	14.00	6.58	249.70	6.00	10.00	141.10	7.80	34.50
TN 37	16.00	7.60	361.40	3.20	15.70	285.10	11.10	32.02
TN 38	17.50	7.90	546.00	3.30	15.20	397.20	10.50	23.92
TN 39	16.75	7.42	397.90	3.85	14.20	292.80	11.20	46.78
SPN 47	18.00	9.03	621.70	4.70	17.40	460.60	12.60	18.98
45SV	17.25	7.09	318.30	1.85	9.10	225.30	5.70	11.62
48SV	17.00	8.70	455.50	2.35	15.00	370.45	9.10	13.54
49SV	16.25	7.33	466.15	2.00	15.60	386.85	12.30	16.39
50SV	19.00	8.66	506.85	2.80	12.50	420.00	10.25	13.30
SPN 209	16.40	9.28	659.10	1.60	13.90	499.10	12.85	20.45
SPN 210	23.00	9.29	858.20	5.40	16.60	689.10	13.00	16.54
SPN 211	17.00	7.95	420.10	6.40	17.50	334.20	7.10	22.63
UES 2A	15.25	6.89	260.40	1.90	10.70	193.00	8.70	23.11
UES 001	18.00	6.98	336.30	3.50	12.50	266.30	9.70	19.43
<b>Promedio</b>	<b>17.11</b>	<b>7.82</b>	<b>451.80</b>	<b>3.31</b>	<b>13.15</b>	<b>332.42</b>	<b>9.88</b>	<b>26.11</b>

Cuadro A 6. Variables cuantitativas de las semillas de cacao

Árbol	Peso de semilla, placenta y mucilago (g)	Número de semillas	Largo de semilla (cm)	Ancho de semilla (cm)	Espesor de semilla (mm)	Peso seco de semilla (g)	Índice de semilla
SPN 1	107.65	38	2.23	1.16	0.94	1.12	89.26
SPN 2	106.25	41	2.02	1.02	0.73	0.81	123.29
SPN 3	131.75	40	2.23	0.86	1.32	0.85	117.25
SPN 4	108.80	47	2.12	1.16	0.64	1.23	81.06
SPN 5	59.80	21	2.32	1.18	0.85	1.39	71.90
SPN 9	97.25	33	2.33	0.82	1.25	0.95	104.85
SPN 10	108.25	43	2.02	0.79	1.11	1.30	76.98
SPN 11	196.40	47	2.65	1.47	0.89	1.47	68.09
SPN 12	167.00	38	2.32	1.54	0.95	1.61	62.11
SC 13	114.25	32	2.11	1.25	0.77	1.54	65.00
SPN14	143.05	38	2.71	1.28	0.86	1.50	66.71
SPN 15	163.15	41	2.51	1.41	0.86	1.83	54.51
SPN 16	148.80	42	2.25	1.32	0.93	1.64	60.83
TN 17	191.70	29	2.47	1.37	1.07	1.32	75.86
TN 18	166.70	29	2.26	1.40	1.18	1.19	83.79
TN 19	78.40	30	1.86	1.02	7.42	0.90	111.33
TN 20	65.00	22	2.57	1.41	1.17	1.01	99.09
TN 21	99.80	31	2.09	1.14	1.06	1.56	64.19
TN 22	78.65	23	2.10	1.28	1.00	0.85	117.39
TN 23	69.70	17	2.31	1.28	1.04	0.73	137.65
TN 32	94.30	31	2.14	1.35	1.05	1.34	74.52
TN 35	139.00	26	2.17	1.42	1.12	1.19	83.85
TN 36	107.80	22	2.39	1.47	1.13	1.32	75.91
TN 37	76.60	22	2.50	1.27	1.06	1.42	70.45
TN 38	142.20	35	2.26	1.34	0.98	1.19	83.71
TN 39	103.25	27	2.09	1.33	0.99	0.79	126.30
SPN 47	160.00	38	2.29	1.64	0.91	1.39	72.11
45SV	90.15	44	1.98	1.15	0.68	1.96	51.14
48SV	84.10	38	2.08	1.04	5.68	1.94	51.45
49SV	78.60	31	2.19	1.16	8.12	1.97	50.81
50SV	86.10	38	2.02	1.00	6.84	1.98	50.53
SPN 209	157.15	35	2.54	1.53	9.48	1.40	71.57
SPN 210	161.80	41	2.42	1.28	1.06	1.47	67.80
SPN 211	73.90	27	2.22	1.43	0.91	1.64	61.11
UES 2A	67.10	30	2.15	1.25	0.90	1.44	69.33
UES 001	68.00	35	2.05	1.11	0.90	1.47	68.00
<b>Promedio</b>	<b>113.68</b>	<b>33.39</b>	<b>22.49</b>	<b>12.48</b>	<b>0.95</b>	<b>1.35</b>	<b>79.44</b>

Cuadro A 7. Resultados del análisis bromatológico de las semillas de 36 árboles de cacao



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS  
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA AGRÍCOLA



CIUDAD UNIVERSITARIA 04 DE DICIEMBRE DE 2018

RESULTADOS DE ANALISIS BROMATOLOGICOS

Ing. Agr. Fidel Ángel Parada Berrios  
Jefe del Departamento de Fitotecnia  
Presente

Estimado Ingeniero envío resultado de análisis realizados en el laboratorio, que se detallan en la siguiente tabla (36 muestras de semillas del fruto de cacao).

Árbol	Humedad parcial (%)	Humedad total (%)	Materia seca (%)	Grasa (%)	Proteína (%)	Fibra cruda (%)	Carbohidrato (%)	Ceniza (%)	Fe (ppm)	Zn (ppm)	Ca (%)
SPN 1	9.37	2.34	81.27	46.76	19.32	10.86	17.64	5.43	31.03	43.53	0.11
SPN 2	10.44	0.54	79.12	50.42	18.74	8.39	20.04	4.40	28.01	45.46	0.13
SPN 3	4.92	2.25	90.17	47.95	22.08	11.83	14.10	4.04	28.63	51.44	0.15
SPN 4	10.40	2.83	79.20	52.51	18.05	6.66	17.44	5.34	21.01	54.00	0.11
SPN 5	17.97	2.87	64.06	50.54	14.48	7.57	22.80	4.60	34.60	50.00	0.12
SPN 9	7.65	2.65	84.69	46.43	18.94	11.99	18.60	4.04	30.81	51.77	0.10
SPN 10	11.39	2.56	77.23	51.15	16.67	9.98	17.17	5.04	30.33	51.04	0.12
SPN 11	6.46	2.88	87.08	44.58	19.47	5.47	26.99	3.49	27.20	56.16	0.05
SPN 12	7.40	0.94	85.20	40.58	20.21	26.72	8.80	3.69	28.76	50.07	0.15
SC 13	15.15	3.77	69.70	43.23	14.46	22.40	15.16	4.75	16.84	41.91	0.10
SPN 14	9.27	3.12	81.45	50.30	17.20	17.38	11.12	3.99	14.47	44.72	0.05
SPN 15	8.52	1.16	82.98	43.82	18.15	24.70	9.75	3.59	19.85	48.70	0.05
SPN 16	8.66	1.68	82.69	42.30	20.56	30.10	2.39	4.65	24.96	54.72	0.05
TN 17	12.94	1.57	74.11	39.69	16.28	8.31	24.30	5.45	39.46	54.82	0.10
TN 18	10.18	2.51	79.64	40.81	20.13	21.13	5.98	5.50	33.29	52.51	0.10
TN 19	23.08	3.05	53.85	41.11	11.23	15.74	27.23	4.68	32.05	38.23	0.10
TN 20	12.00	2.68	76.00	42.27	17.93	11.80	14.13	4.90	39.50	52.46	0.10
TN 21	14.91	2.11	82.98	40.93	18.25	13.51	21.17	6.14	41.36	38.08	0.15
TN 22	9.61	1.52	88.87	41.35	23.14	15.65	11.07	4.79	42.60	48.61	0.10
TN 23	9.58	2.40	88.02	40.28	17.33	18.98	13.92	4.49	35.20	45.05	0.05
TN 32	13.54	1.74	84.72	41.98	19.50	18.23	15.65	4.65	38.90	53.53	0.15
TN 35	11.84	2.79	85.38	37.06	22.79	16.98	18.22	4.95	37.30	42.28	0.10
TN 36	17.08	1.33	81.59	40.15	20.66	16.58	9.74	5.39	39.26	45.03	0.05
TN 37	15.46	1.57	82.97	44.88	21.48	20.58	13.26	4.80	25.09	54.74	0.10
TN 38	10.18	2.00	87.83	41.69	22.56	8.57	21.39	5.79	34.88	59.44	0.15
TN 39	6.73	1.80	91.47	43.16	23.12	22.93	11.02	4.75	22.39	55.61	0.10
SPN 47	7.30	1.14	91.56	39.36	23.61	26.95	6.29	3.79	37.08	55.22	0.05
45 SV	12.50	2.43	85.07	54.05	18.58	8.38	14.65	4.34	29.96	46.59	0.10
48 SV	12.73	2.67	84.59	47.33	20.37	10.09	23.48	3.69	33.46	53.38	0.12
49 SV	14.92	2.36	82.73	52.45	18.36	7.80	17.66	3.74	30.68	51.48	0.13
50 SV	12.26	2.40	85.34	54.31	20.37	9.81	11.78	3.73	24.42	40.74	0.11
SPN 209	8.96	1.99	89.05	39.29	22.19	21.28	13.14	4.10	23.87	52.06	0.05
SPN 210	7.61	2.96	89.43	40.50	23.24	27.98	3.13	5.15	26.51	62.27	0.05
SPN 211	13.07	1.32	85.61	44.00	19.18	15.08	17.39	4.35	27.73	59.83	0.05
UES 2A	7.43	3.47	80.86	39.12	17.27	16.12	22.60	4.99	23.83	51.26	0.05
UES 001	17.51	1.60	80.89	47.85	20.77	14.10	12.17	5.10	35.31	63.97	0.05

Lic. M.Sc. Ada Yanira Arias de Linares

Docente investigador



Lic. M.Sc. Freddy Alexander Carranza

Jefe del Departamento de Química Agrícola



## Cuadro A 8. Resultados del análisis de suelo de las propiedades muestreadas



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS  
LABORATORIO DE QUÍMICA AGRÍCOLA



CIUDAD UNIVERSITARIA 04 DE DICIEMBRE DEL 2018

RESULTADOS DE ANALISIS DE SUELO

Ingeniero  
Fidel Angel Parada Berrios  
Jefe del Departamento de Fitotecnia  
Presente

Estimados Ingeniero:

Envío resultado de análisis realizados en el Laboratorio de química Agrícola de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador cinco muestras de suelo.

Los resultados se detallan en la siguiente tabla

Mx	Ceniza %	PH	Nitrógeno (N)%	MO %	Potasio (K) PPM	CaLcio (Ca) Meq/g	Magnesio (Mg) Meq/g	Fósforo (P) ppm
P1	94.12	6.49	0.33	2.63	1339.73	0.08	0.04	353.17
P2	94.36	6.31	0.31	3.84	566.21	0.09	0.03	388.61
P3	93.15	6.67	0.46	2.49	1638.69	0.05	0.04	314.44
P4	93.52	5.40	0.35	3.31	1720.0	0.04	0.04	612.11
P5	85.75	6.46	0.24	0.17	1565.10	0.04	0.04	356.04

  
Lic. M.Sc. Ada Yanira Arias de Linares  
Docente investigador

  
Lic. M.Sc. Freddy Alexander Carranza  
Jefe del Departamento de Química Agrícola



Cuadro A 9. Interpretación de análisis de suelo para café

Interpretación de análisis de suelo						
Niveles	Partes por millón (ppm)		Miliequivalentes/100 gramos (meq/100 g)			Porcentaje (%)
	Fósforo (P)	Potasio (K)	Calcio (Ca)	Magnesio (Mg)	Aluminio (Al)	Materia Orgánica (MO)
<b>Bajo</b>	< 20	< 200	< 5	< 0.82	< 0.70	< 2.1
<b>Óptimo</b>	20 a 45	200 a 282	5 a 11	0.82 a 1.85	0.7 a 1.2	2.1 a 5.7
<b>Excesivo</b>	> 45	> 282	> 11.25	> 1.85	> 1.2	> 5.7
Partes por millón (ppm)						
Niveles	Hierro (Fe)	Cobre (Cu)	Zinc (Zn)	Manganeso (Mn)	Boro (B)	Azufre (S)
<b>Bajo</b>	< 20	< 3	< 6	< 10	< 0.5	< 20
<b>Óptimo</b>	20 a 95	3 a 24	6 a 43	10 a 122	0.5 a 2.37	20 a 95
<b>Excesivo</b>	> 95	> 24	> 43	> 122	> 2.37	> 95
Clasificación de pH (5.5 a 6.5 es el pH adecuado)						
< 4.0 Extremadamente ácido (EA)			7.0 Neutro	7.1 a 8.0 Ligeramente alcalino (LAL)		
4.1 a 4.9 Fuertemente ácido (FA)				8.1 a 9.0 Medianamente alcalino (MAL)		
5.0 a 5.9 Medianamente ácido (MA)				9.1 a 10.0 Fuertemente alcalino (FAL)		
6.0 a 6.9 Ligeramente ácido (LA)				10.1 Extremadamente alcalino (EAL)		

Fuente: PROCAFE (2007).

Cuadro A 10. Variables correlacionadas

Variables correlacionadas		Coefficiente de correlación	Nivel de significancia
Índice de mazorca	Peso seco de semilla	-0.762	0.010
Grasa	Ancho de semilla	-0.652	0.023
DAP	Índice de mazorca	-0.629	0.005
Altura	Espesor de semilla	-0.613	0.000
Diámetro de mazorca	Peso de semilla	0.628	0.047
Peso de semilla más placenta más mucilago	Diámetro del fruto	0.628	0.047
DAP	Largo de hoja	0.652	0.020
Espesor de caballete	Grosor de cáscara	0.718	0.001
Largo de mazorca	Peso de cáscara	0.721	0.013
Peso de mazorca	Grosor de cáscara	0.758	0.007
Peso de cáscara	Grosor de cáscara	0.768	0.017
Índice de mazorca	Índice de semilla	0.789	0.028
Diámetro de mazorca	Peso de cáscara	0.879	0.005
Diámetro de mazorca	Peso de mazorca	0.885	0.016
Largo de hoja	Largo desde la base hasta el punto más ancho	0.920	0.039
Número de óvulos	Número de semillas	0.953	0.047

Cuadro A 11. Método de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) y prueba de Bartlett

Medida Kaiser-Meyer-Olkin de adecuación de muestreo		0.396
Prueba de esfericidad de Bartlett	Aprox. Chi-cuadrado	213.995
	gl	55
	Sig.	0.000

Fuente: Método KMO y prueba de esfericidad de Bartlett (2011).

Cuadro A 12. Varianza total explicada en el análisis de componentes principales

Compo nente	Autovalores iniciales			Sumas de cargas al cuadrado de la extracción			Sumas de cargas al cuadrado de la rotación		
	Total	% de varianza	% acumulado	Total	% de varianza	% acumulado	Total	% de varianza	% acumulado
1	10.67	25.39	25.39	10.67	25.39	25.39	6.77	16.12	16.12
2	6.29	14.98	40.37	6.29	14.98	40.37	4.65	11.07	27.19
3	3.79	9.02	49.39	3.79	9.02	49.39	3.54	8.43	35.62
4	2.61	6.21	55.60	2.61	6.21	55.60	3.44	8.20	43.82
5	2.45	5.84	61.44	2.45	5.84	61.44	2.81	6.70	50.52
6	2.26	5.39	66.83	2.26	5.39	66.83	2.56	6.09	56.61
7	1.95	4.64	71.47	1.95	4.64	71.47	2.50	5.95	62.56
8	1.51	3.61	75.08	1.51	3.61	75.08	2.48	5.90	68.46
9	1.42	3.39	78.46	1.42	3.39	78.46	2.15	5.11	73.57
10	1.21	2.88	81.34	1.21	2.88	81.34	2.07	4.93	78.51
11	1.08	2.57	83.91	1.08	2.57	83.91	1.65	3.93	82.43
12	1.02	2.42	86.33	1.02	2.42	86.33	1.64	3.89	86.33
13	0.92	2.19	88.52						
14	0.78	1.85	90.37						
15	0.71	1.69	92.06						
16	0.50	1.19	93.25						
17	0.43	1.03	94.28						
18	0.41	0.97	95.25						
19	0.33	0.80	96.05						
20	0.28	0.66	96.71						
21	0.26	0.61	97.32						
22	0.22	0.53	97.85						
23	0.20	0.48	98.34						
24	0.17	0.41	98.75						
25	0.13	0.30	99.05						
26	0.11	0.26	99.31						
27	0.09	0.21	99.52						
28	0.05	0.13	99.65						
29	0.05	0.12	99.78						
30	0.04	0.09	99.87						
31	0.02	0.06	99.93						
32	0.01	0.04	99.96						
33	0.01	0.02	99.98						
34	0.01	0.01	100.00						
35	0.00	0.00	100.00						

Método de extracción: análisis de componentes principales.

Cuadro A 13. Matriz de componentes principales

Variable	Componente												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Peso de mazorca (g)	0.88												
Peso de cáscara (g)	0.86												
Diámetro de mazorca (cm)	0.85												
Espesor de caballete (mm)	0.84												
Grosor de cáscara (mm)	0.77												
Largo de mazorca (cm)	0.71												
Peso de semillas más placenta más mucílago (g)	0.68												
Largo de semilla (cm)	0.67												
Ancho de hoja (cm)		0.92											
Largo de hoja (cm)		0.92											
Largo desde la base hasta el punto más ancho (cm)		0.90											
Diámetro a la altura del pecho (cm)		0.49											
Índice de semillas			-0.91										
Peso seco de semilla (g)			0.89										
Índice de mazorca			-0.73										
Profundidad de surcos (mm)													
Largo de estaminodio (mm)				0.82									
Largo de sépalo (mm)				0.81									
Número de óvulos		0.53		0.56									
Número de semillas		0.53		0.56									
Largo de estilo (mm)													
Materia seca (%)					0.90								
Proteína (%)					0.86								
Humedad parcial (%)					-0.64								
Fibra cruda (%)						-0.85							
Carbohidratos (%)						0.75							
Número de chupones						0.61			0.46				
Grasa (%)							0.63						
Hierro (ppm)							-0.62						
Ancho de semilla (cm)	0.48						-0.57						
Número de mazorca							0.51						
Largo de ovario (mm)								0.96					
Ancho de ovario (mm)								0.92					
Espesor de semillas (cm)									-0.80				
Altura (m)									0.63				
Número de cojines por metro lineal										0.70			
Número de flores por cojín				-0.53						0.59			
Zinc (ppm)										-0.51			
Humedad total (%)										0.50			
Ceniza (%)											-0.70		
Ancho de sépalo (mm)											0.63		
Calcio (%)												0.88	

Método de extracción: análisis de componentes principales

Cuadro A 14. Variables cuantitativas del conglomerado 1

Secciones	Variables	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación típica	Coficiente de variación
<b>Bromatológico</b>	Humedad parcial (%)	2	9.37	15.15	12.26	4.09	33.34
	Humedad total (%)	2	2.34	3.77	3.06	1.01	33.10
	Materia seca (%)	2	69.70	81.27	75.49	8.18	10.84
	Grasa (%)	2	43.23	46.76	45.00	2.50	5.55
	Proteína (%)	2	14.46	19.32	16.89	3.44	20.35
	Fibra cruda (%)	2	10.86	22.40	16.63	8.16	49.07
	Carbohidratos (%)	2	15.16	17.64	16.40	1.75	10.69
	Ceniza (%)	2	4.75	5.43	5.09	0.48	9.45
	Hierro (ppm)	2	16.84	31.03	23.94	10.03	41.92
	Zinc (ppm)	2	41.91	43.53	42.72	1.15	2.68
Calcio (%)	2	0.10	0.11	0.11	0.01	6.73	
<b>Árbol</b>	Número de chupones	2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Diámetro a la altura del pecho (cm)	2	8.00	8.50	8.25	0.35	4.29
	Altura (m)	2	4.50	6.00	5.25	1.06	20.20
	Número de mazorcas	2	100.00	102.00	101.00	1.41	1.40
<b>Hoja</b>	Largo de hoja (cm)	2	22.59	38.58	30.59	11.31	36.97
	Ancho de hoja (cm)	2	6.75	13.69	10.22	4.91	48.02
	Largo desde la base hasta el punto más ancho (cm)	2	12.12	20.31	16.22	5.79	35.72
<b>Flor</b>	Número de flores por cojín	2	4.20	4.80	4.50	0.42	9.43
	Número de cojines por metro lineal	2	40.00	50.00	45.00	7.07	15.71
	Largo de sépalo (mm)	2	6.70	7.44	7.07	0.52	7.40
	Ancho de sépalo (mm)	2	2.06	2.14	2.10	0.06	2.69
	Largo de estaminodio (mm)	2	5.96	6.70	6.33	0.52	8.27
	Largo de estilo (mm)	2	1.92	2.18	2.05	0.18	8.97
	Largo de ovario (mm)	2	1.28	1.36	1.32	0.06	4.29
	Ancho de ovario (mm)	2	1.00	1.02	1.01	0.01	1.40
Número de óvulos	2	64.00	76.00	70.00	8.49	12.12	
<b>Fruto</b>	Largo de mazorca (cm)	2	14.50	17.50	16.00	2.12	13.26
	Diámetro de mazorca (cm)	2	7.21	7.66	7.44	0.32	4.28
	Peso de mazorca (g)	2	375.30	397.40	386.35	15.63	4.04
	Profundidad de surcos (mm)	2	2.00	4.20	3.10	1.56	50.18
	Espesor de caballete (mm)	2	8.35	11.00	9.68	1.87	19.37
	Peso de cáscara (g)	2	259.05	287.10	273.08	19.83	7.26
	Grosor de cáscara (mm)	2	10.65	11.00	10.83	0.25	2.29
	Índice de mazorca	2	20.31	23.49	21.90	2.25	10.27
<b>Semilla</b>	Peso de semillas más placenta más mucílago (g)	2	107.65	114.25	110.95	4.67	4.21
	Número de semillas	2	32.00	38.00	35.00	4.24	12.12
	Largo de semilla (cm)	2	2.11	2.23	2.17	0.08	3.91
	Ancho de semilla (cm)	2	1.16	1.25	1.21	0.06	5.28
	Espesor de semillas (cm)	2	0.77	0.94	0.86	0.12	14.06
	Peso seco de semilla (g)	2	1.12	1.54	1.33	0.30	22.33
	Índice de semillas	2	65.00	89.26	77.13	17.15	22.24
<b>Coficiente de variación promedio (%)</b>							15.14

Cuadro A 15. Variables cuantitativas del conglomerado 2

Secciones	Variables	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación típica	Coficiente de variación
<b>Bromatológico</b>	Humedad parcial (%)	2	4.92	10.44	7.68	3.90	50.82
	Humedad total (%)	2	0.54	2.25	1.40	1.21	86.68
	Materia seca (%)	2	79.12	90.17	84.65	7.81	9.23
	Grasa (%)	2	47.95	50.42	49.19	1.75	3.55
	Proteína (%)	2	18.74	22.08	20.41	2.36	11.57
	Fibra cruda (%)	2	6.39	11.83	9.11	3.85	42.22
	Carbohidratos (%)	2	14.10	20.04	17.07	4.20	24.61
	Ceniza (%)	2	4.04	4.40	4.22	0.25	6.03
	Hierro (ppm)	2	28.01	28.63	28.32	0.44	1.55
	Zinc (ppm)	2	45.46	51.44	48.45	4.23	8.73
	Calcio (%)	2	0.13	0.15	0.14	0.01	10.10
<b>Árbol</b>	Número de chupones	2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Diámetro a la altura del pecho (cm)	2	8.00	8.50	8.25	0.35	4.29
	Altura (m)	2	3.50	5.00	4.25	1.06	24.96
	Número de mazorcas	2	70.00	121.00	95.50	36.06	37.76
<b>Hoja</b>	Largo de hoja (cm)	2	37.20	37.78	37.49	0.41	1.09
	Ancho de hoja (cm)	2	13.99	14.21	14.10	0.16	1.10
	Largo desde la base hasta el punto más ancho (cm)	2	20.76	21.47	21.12	0.50	2.38
<b>Flor</b>	Número de flores por cojín	2	3.60	4.20	3.90	0.42	10.88
	Número de cojines por metro lineal	2	35.00	45.00	40.00	7.07	17.68
	Largo de sépalo (mm)	2	7.20	7.22	7.21	0.01	0.20
	Ancho de sépalo (mm)	2	2.16	2.26	2.21	0.07	3.20
	Largo de estaminodio (mm)	2	5.44	5.88	5.66	0.31	5.50
	Largo de estilo (mm)	2	2.16	2.52	2.34	0.25	10.88
	Largo de ovario (mm)	2	1.32	2.00	1.66	0.48	28.97
	Ancho de ovario (mm)	2	1.00	1.48	1.24	0.34	27.37
Número de óvulos	2	80.00	82.00	81.00	1.41	1.75	
<b>Fruto</b>	Largo de mazorca (cm)	2	17.25	18.35	17.80	0.78	4.37
	Diámetro de mazorca (cm)	2	7.27	7.75	7.51	0.34	4.52
	Peso de mazorca (g)	2	456.05	461.20	458.63	3.64	0.79
	Profundidad de surcos (mm)	2	1.20	4.00	2.60	1.98	76.15
	Espesor de caballete (mm)	2	12.05	14.00	13.03	1.38	10.59
	Peso de cáscara (g)	2	321.30	358.20	339.75	26.09	7.68
	Grosor de cáscara (mm)	2	9.60	13.30	11.45	2.62	22.85
	Índice de mazorca	2	29.31	30.07	29.69	0.54	1.81
<b>Semilla</b>	Peso de semillas más placenta más mucílago (g)	2	106.25	131.75	119.00	18.03	15.15
	Número de semillas	2	40.00	41.00	40.50	0.71	1.75
	Largo de semilla (cm)	2	2.02	2.23	2.13	0.15	6.99
	Ancho de semilla (cm)	2	0.86	1.02	0.94	0.11	12.04
	Espesor de semillas (cm)	2	0.73	1.32	1.03	0.42	40.70
	Peso seco de semilla (g)	2	0.81	0.85	0.83	0.03	3.41
	Índice de semillas	2	117.25	123.29	120.27	4.27	3.55
<b>Coficiente de variación promedio (%)</b>							<b>15.37</b>

Cuadro A 16. Variables cuantitativas del conglomerado 3

Secciones	VARIABLES	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación típica	Coefficiente de variación
<b>Bromatológico</b>	Humedad parcial (%)	3	10.18	12.94	11.17	1.53	13.73
	Humedad total (%)	3	1.57	2.83	2.30	0.65	28.43
	Materia seca (%)	3	74.11	79.64	77.65	3.07	3.96
	Grasa (%)	3	39.69	52.51	44.34	7.10	16.01
	Proteína (%)	3	16.28	20.13	18.15	1.93	10.62
	Fibra cruda (%)	3	6.66	21.13	12.03	7.92	65.83
	Carbohidratos (%)	3	5.98	24.30	15.91	9.26	58.19
	Ceniza (%)	3	5.34	5.50	5.43	0.08	1.51
	Hierro (ppm)	3	21.01	39.46	31.25	9.39	30.05
	Zinc (ppm)	3	52.51	54.82	53.78	1.17	2.18
Calcio (%)	3	0.10	0.11	0.10	0.01	5.59	
<b>Árbol</b>	Número de chupones	3	0.00	3.00	1.33	1.53	114.56
	Diámetro a la altura del pecho (cm)	3	5.00	9.00	6.50	2.18	33.53
	Altura (m)	3	4.25	6.00	4.92	0.95	19.25
	Número de mazorcas	3	3.00	5.00	3.67	1.15	31.49
<b>Hoja</b>	Largo de hoja (cm)	3	28.09	39.16	32.66	5.78	17.71
	Ancho de hoja (cm)	3	10.48	13.31	11.64	1.48	12.75
	Largo desde la base hasta el punto más ancho (cm)	3	14.78	20.98	17.93	3.10	17.30
<b>Flor</b>	Número de flores por cojín	3	3.80	4.40	4.07	0.31	7.51
	Número de cojines por metro lineal	3	25.00	40.00	33.00	7.55	22.88
	Largo de sépalo (mm)	3	6.67	7.58	7.04	0.48	6.82
	Ancho de sépalo (mm)	3	1.70	2.24	1.99	0.27	13.70
	Largo de estaminodio (mm)	3	4.78	5.76	5.29	0.49	9.29
	Largo de estilo (mm)	3	1.94	2.16	2.02	0.12	6.02
	Largo de ovario (mm)	3	1.38	1.64	1.51	0.13	8.60
	Ancho de ovario (mm)	3	1.04	1.20	1.13	0.08	7.17
Número de óvulos	3	58.00	94.00	70.00	20.78	29.69	
<b>Fruto</b>	Largo de mazorca (cm)	3	17.00	21.00	19.00	2.00	10.53
	Diámetro de mazorca (cm)	3	7.95	8.70	8.25	0.40	4.81
	Peso de mazorca (g)	3	448.30	476.20	465.40	14.98	3.22
	Profundidad de surcos (mm)	3	2.00	7.10	4.33	2.58	59.48
	Espesor de caballete (mm)	3	11.00	15.40	13.23	2.20	16.63
	Peso de cáscara (g)	3	276.30	277.60	276.83	0.68	0.25
	Grosor de cáscara (mm)	3	7.30	8.80	8.03	0.75	9.34
Índice de mazorca	3	17.25	28.89	24.10	6.09	25.26	
<b>Semilla</b>	Peso de semillas más placenta más mucílago (g)	3	108.80	191.70	155.73	42.52	27.31
	Número de semillas	3	29.00	47.00	35.00	10.39	29.69
	Largo de semilla (cm)	3	2.12	2.47	2.28	0.18	7.72
	Ancho de semilla (cm)	3	1.16	1.40	1.31	0.13	9.98
	Espesor de semillas (cm)	3	0.64	1.18	0.96	0.29	29.62
	Peso seco de semilla (g)	3	1.19	1.32	1.25	0.07	5.34
	Índice de semillas	3	75.86	83.79	80.24	4.03	5.02
<b>Coefficiente de variación promedio (%)</b>							<b>20.33</b>

Cuadro A 17. Variables cuantitativas del conglomerado 4

Secciones	Variables	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación típica	Coefficiente de variación
<b>Bromatológico</b>	Humedad parcial (%)	3	12.00	17.97	14.35	3.18	22.19
	Humedad total (%)	3	1.32	2.88	2.36	0.90	38.10
	Materia seca (%)	3	64.06	85.61	75.22	10.80	14.35
	Grasa (%)	3	42.27	50.54	45.60	4.36	9.56
	Proteína (%)	3	14.48	19.18	17.20	2.43	14.16
	Fibra cruda (%)	3	7.57	15.08	11.48	3.77	32.79
	Carbohidratos (%)	3	14.13	22.80	18.11	4.38	24.19
	Ceniza (%)	3	4.35	4.90	4.62	0.28	5.96
	Hierro (ppm)	3	27.73	39.50	33.94	5.91	17.42
	Zinc (ppm)	3	50.00	59.83	54.10	5.12	9.46
	Calcio (%)	3	0.05	0.12	0.09	0.04	40.06
<b>Árbol</b>	Número de chupones	3	0.00	4.00	1.67	2.08	124.90
	Diámetro a la altura del pecho (cm)	3	4.50	7.00	5.50	1.32	24.05
	Altura (m)	3	2.25	6.00	4.00	1.89	47.19
	Número de mazorcas	3	4.00	31.00	15.00	14.18	94.52
<b>Hoja</b>	Largo de hoja (cm)	3	26.78	35.13	32.22	4.71	14.63
	Ancho de hoja (cm)	3	10.24	14.29	11.91	2.12	17.79
	Largo desde la base hasta el punto más ancho (cm)	3	14.34	20.94	17.58	3.30	18.79
<b>Flor</b>	Número de flores por cojín	3	5.20	6.60	5.73	0.76	13.21
	Número de cojines por metro lineal	3	32.00	40.00	34.67	4.62	13.32
	Largo de sépalo (mm)	3	5.07	6.60	5.96	0.80	13.36
	Ancho de sépalo (mm)	3	1.90	1.96	1.93	0.03	1.58
	Largo de estaminodio (mm)	3	4.44	5.16	4.81	0.36	7.49
	Largo de estilo (mm)	3	1.76	1.90	1.85	0.08	4.10
	Largo de ovario (mm)	3	1.22	1.52	1.39	0.16	11.15
	Ancho de ovario (mm)	3	1.00	1.09	1.05	0.05	4.49
Número de óvulos	3	42.00	54.00	46.67	6.43	13.78	
<b>Fruto</b>	Largo de mazorca (cm)	3	15.50	17.25	16.58	0.95	5.71
	Diámetro de mazorca (cm)	3	7.60	8.43	7.99	0.42	5.21
	Peso de mazorca (g)	3	388.80	442.85	417.25	27.14	6.50
	Profundidad de surcos (mm)	3	1.50	6.40	4.20	2.49	59.24
	Espesor de caballete (mm)	3	10.50	17.50	13.63	3.56	26.09
	Peso de cáscara (g)	3	328.00	372.85	345.02	24.30	7.04
	Grosor de cáscara (mm)	3	6.80	11.65	8.52	2.72	31.91
	Índice de mazorca	3	22.63	45.04	33.97	11.21	32.99
<b>Semilla</b>	Peso de semillas más placenta más mucílago (g)	3	59.80	73.90	66.23	7.13	10.77
	Número de semillas	3	21.00	27.00	23.33	3.21	13.78
	Largo de semilla (cm)	3	2.22	2.57	2.37	0.18	7.61
	Ancho de semilla (cm)	3	1.18	1.43	1.34	0.14	10.37
	Espesor de semillas (cm)	3	0.85	1.17	0.98	0.17	17.42
	Peso seco de semilla (g)	3	1.01	1.64	1.35	0.32	23.56
	Índice de semillas	3	61.11	99.09	77.37	19.57	25.30
<b>Coefficiente de variación promedio (%)</b>							<b>22.29</b>



Cuadro A 18. Variables cuantitativas del conglomerado 5

Secciones	Variables	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación típica	Coficiente de variación
<b>Bromatológico</b>	Humedad parcial (%)	2	7.43	7.65	7.54	0.16	2.06
	Humedad total (%)	2	2.65	3.47	3.06	0.58	18.95
	Materia seca (%)	2	80.86	84.69	82.78	2.71	3.27
	Grasa (%)	2	39.12	46.43	42.78	5.17	12.08
	Proteína (%)	2	17.27	18.94	18.11	1.18	6.52
	Fibra cruda (%)	2	11.99	16.12	14.06	2.92	20.78
	Carbohidratos (%)	2	18.60	22.50	20.55	2.76	13.42
	Ceniza (%)	2	4.04	4.99	4.52	0.67	14.88
	Hierro (ppm)	2	23.83	30.81	27.32	4.94	18.07
	Zinc (ppm)	2	51.26	51.77	51.52	0.36	0.70
	Calcio (%)	2	0.05	0.10	0.08	0.04	47.14
<b>Árbol</b>	Número de chupones	2	2.00	2.00	2.00	0.00	0.00
	Diámetro a la altura del pecho (cm)	2	8.00	10.30	9.15	1.63	17.77
	Altura (m)	2	3.00	3.75	3.38	0.53	15.71
	Número de mazorcas	2	52.00	105.00	78.50	37.48	47.74
<b>Hoja</b>	Largo de hoja (cm)	2	27.65	40.76	34.21	9.27	27.10
	Ancho de hoja (cm)	2	11.45	14.81	13.13	2.38	18.10
	Largo desde la base hasta el punto más ancho (cm)	2	15.68	21.39	18.54	4.04	21.78
<b>Flor</b>	Número de flores por cojín	2	4.20	4.40	4.30	0.14	3.29
	Número de cojines por metro lineal	2	28.00	34.00	31.00	4.24	13.69
	Largo de sépalo (mm)	2	5.68	7.46	6.57	1.26	19.16
	Ancho de sépalo (mm)	2	1.98	2.04	2.01	0.04	2.11
	Largo de estaminodio (mm)	2	5.18	5.40	5.29	0.16	2.94
	Largo de estilo (mm)	2	1.88	2.14	2.01	0.18	9.15
	Largo de ovario (mm)	2	1.30	1.45	1.38	0.11	7.71
	Ancho de ovario (mm)	2	1.04	1.06	1.05	0.01	1.35
Número de óvulos	2	60.00	66.00	63.00	4.24	6.73	
<b>Fruto</b>	Largo de mazorca (cm)	2	12.35	15.25	13.80	2.05	14.86
	Diámetro de mazorca (cm)	2	6.89	7.05	6.97	0.11	1.62
	Peso de mazorca (g)	2	245.25	260.40	252.83	10.71	4.24
	Profundidad de surcos (mm)	2	0.70	1.90	1.30	0.85	65.27
	Espesor de caballete (mm)	2	9.00	10.70	9.85	1.20	12.20
	Peso de cáscara (g)	2	146.10	193.00	169.55	33.16	19.56
	Grosor de cáscara (mm)	2	6.30	8.70	7.50	1.70	22.63
	Índice de mazorca	2	23.11	31.77	27.44	6.12	22.32
<b>Semilla</b>	Peso de semillas más placenta más mucílago (g)	2	67.10	97.25	82.18	21.32	25.94
	Número de semillas	2	30.00	33.00	31.50	2.12	6.73
	Largo de semilla (cm)	2	2.15	2.33	2.24	0.13	5.68
	Ancho de semilla (cm)	2	0.82	1.25	1.04	0.30	29.38
	Espesor de semillas (cm)	2	0.90	1.25	1.08	0.25	23.02
	Peso seco de semilla (g)	2	0.95	1.44	1.20	0.35	28.99
	Índice de semillas	2	69.33	104.85	87.09	25.12	28.84
<b>Coficiente de variación promedio (%)</b>							<b>16.27</b>

Cuadro A 19. Variables cuantitativas del conglomerado 6

Secciones	Variables	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación típica	Coefficiente de variación
<b>Bromatológico</b>	Humedad parcial (%)	7	11.39	17.51	13.88	2.20	15.87
	Humedad total (%)	7	1.57	2.79	2.11	0.49	23.30
	Materia seca (%)	7	77.23	85.38	82.75	2.89	3.50
	Grasa (%)	7	37.06	54.05	45.41	5.99	13.19
	Proteína (%)	7	16.67	22.79	19.72	2.10	10.64
	Fibra cruda (%)	7	8.38	20.58	14.54	4.40	30.25
	Carbohidratos (%)	7	12.17	21.17	16.04	3.09	19.24
	Ceniza (%)	7	4.34	6.14	5.00	0.56	11.28
	Hierro (ppm)	7	25.09	41.36	34.04	5.77	16.96
	Zinc (ppm)	7	38.06	63.97	50.03	8.61	17.21
	Calcio (%)	7	0.05	0.15	0.11	0.03	31.49
<b>Árbol</b>	Número de chupones	7	0.00	3.00	0.86	1.21	141.75
	Diámetro a la altura del pecho (cm)	7	3.50	10.30	6.14	2.51	40.81
	Altura (m)	7	1.80	4.00	3.11	0.81	26.13
	Número de mazorcas	7	4.00	77.00	21.43	28.81	134.44
<b>Hoja</b>	Largo de hoja (cm)	7	23.50	40.18	30.78	6.95	22.58
	Ancho de hoja (cm)	7	9.50	13.30	11.31	1.70	15.04
	Largo desde la base hasta el punto más ancho (cm)	7	12.51	22.95	16.96	4.28	25.22
<b>Flor</b>	Número de flores por cojín	7	2.00	4.80	3.83	0.94	24.58
	Número de cojines por metro lineal	7	5.00	38.00	28.00	10.92	39.01
	Largo de sépalo (mm)	7	6.14	6.90	6.48	0.28	4.25
	Ancho de sépalo (mm)	7	1.70	2.24	1.98	0.17	8.83
	Largo de estaminodio (mm)	7	5.18	6.00	5.41	0.29	5.42
	Largo de estilo (mm)	7	1.75	2.22	2.02	0.16	7.92
	Largo de ovario (mm)	7	1.16	1.80	1.59	0.21	13.21
	Ancho de ovario (mm)	7	1.02	1.30	1.15	0.10	8.38
	Número de óvulos	7	44.00	88.00	66.29	16.39	24.72
<b>Fruto</b>	Largo de mazorca (cm)	7	14.00	18.00	16.64	1.40	8.40
	Diámetro de mazorca (cm)	7	6.98	7.60	7.20	0.22	3.12
	Peso de mazorca (g)	7	318.30	361.40	342.71	14.98	4.37
	Profundidad de surcos (mm)	7	1.70	3.70	2.74	0.85	31.10
	Espesor de caballete (mm)	7	9.10	15.70	11.96	2.32	19.43
	Peso de cáscara (g)	7	213.20	285.10	242.07	24.89	10.28
	Grosor de cáscara (mm)	7	5.70	11.10	8.91	1.92	21.53
		Índice de mazorca	7	11.62	32.25	22.57	7.53
<b>Semilla</b>	Peso de semillas más placenta más mucílago (g)	7	68.00	139.00	96.59	23.12	23.94
	Número de semillas	7	22.00	44.00	33.14	8.19	24.72
	Largo de semilla (cm)	7	1.98	2.50	2.14	0.17	8.13
	Ancho de semilla (cm)	7	0.79	1.42	1.18	0.21	17.50
	Espesor de semillas (cm)	7	0.68	1.12	1.00	0.16	15.91
	Peso seco de semilla (g)	7	1.19	1.96	1.46	0.25	17.08
		Índice de semillas	7	51.14	83.85	69.88	10.44
<b>Coefficiente de variación promedio (%)</b>							<b>23.55</b>

Cuadro A 20. Variables cuantitativas del conglomerado 7

Secciones	Variables	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación típica	Coefficiente de variación
<b>Bromatológico</b>	Humedad parcial (%)	2	6.46	7.61	7.04	0.81	11.56
	Humedad total (%)	2	2.88	2.96	2.92	0.06	1.94
	Materia seca (%)	2	87.08	89.43	88.26	1.66	1.88
	Grasa (%)	2	40.50	44.58	42.54	2.88	6.78
	Proteína (%)	2	19.47	23.24	21.36	2.67	12.48
	Fibra cruda (%)	2	5.47	27.98	16.73	15.92	95.17
	Carbohidratos (%)	2	3.13	26.99	15.06	16.87	112.03
	Ceniza (%)	2	3.49	5.15	4.32	1.17	27.17
	Hierro (ppm)	2	26.51	27.20	26.86	0.49	1.82
	Zinc (ppm)	2	56.16	62.27	59.22	4.32	7.30
Calcio (%)	2	0.05	0.05	0.05	0.00	0.00	
<b>Árbol</b>	Número de chupones	2	0.00	1.00	0.50	0.71	141.42
	Diámetro a la altura del pecho (cm)	2	8.95	9.00	8.98	0.04	0.39
	Altura (m)	2	3.00	3.50	3.25	0.35	10.88
	Número de mazorcas	2	23.00	44.00	33.50	14.85	44.33
<b>Hoja</b>	Largo de hoja (cm)	2	35.82	40.86	38.34	3.56	9.30
	Ancho de hoja (cm)	2	12.41	13.96	13.19	1.10	8.31
	Largo desde la base hasta el punto más ancho (cm)	2	21.33	21.70	21.52	0.26	1.22
<b>Flor</b>	Número de flores por cojín	2	3.20	4.80	4.00	1.13	28.28
	Número de cojines por metro lineal	2	37.00	38.00	37.50	0.71	1.89
	Largo de sépalo (mm)	2	6.78	7.48	7.13	0.49	6.94
	Ancho de sépalo (mm)	2	2.04	2.32	2.18	0.20	9.08
	Largo de estaminodio (mm)	2	5.74	6.36	6.05	0.44	7.25
	Largo de estilo (mm)	2	1.94	2.20	2.07	0.18	8.88
	Largo de ovario (mm)	2	1.50	1.98	1.74	0.34	19.51
	Ancho de ovario (mm)	2	1.06	1.30	1.18	0.17	14.38
Número de óvulos	2	82.00	94.00	88.00	8.49	9.64	
<b>Fruto</b>	Largo de mazorca (cm)	2	20.20	23.00	21.60	1.98	9.17
	Diámetro de mazorca (cm)	2	9.15	9.29	9.22	0.10	1.07
	Peso de mazorca (g)	2	858.20	872.50	865.35	10.11	1.17
	Profundidad de surcos (mm)	2	4.20	5.40	4.80	0.85	17.68
	Espesor de caballete (mm)	2	16.60	19.00	17.80	1.70	9.53
	Peso de cáscara (g)	2	672.40	689.10	680.75	11.81	1.73
	Grosor de cáscara (mm)	2	13.00	18.90	15.95	4.17	26.16
	Índice de mazorca	2	14.49	16.54	15.52	1.45	9.34
<b>Semilla</b>	Peso de semillas más placenta más mucílago (g)	2	161.80	196.40	179.10	24.47	13.66
	Número de semillas	2	41.00	47.00	44.00	4.24	9.64
	Largo de semilla (cm)	2	2.42	2.65	2.54	0.16	6.42
	Ancho de semilla (cm)	2	1.28	1.47	1.38	0.13	9.77
	Espesor de semillas (cm)	2	0.89	1.06	0.98	0.12	12.33
	Peso seco de semilla (g)	2	1.47	1.47	1.47	0.00	0.00
	Índice de semillas	2	67.80	68.09	67.95	0.21	0.30
<b>Coefficiente de variación promedio (%)</b>							<b>17.33</b>

Cuadro A 21. Variables cuantitativas del conglomerado 8

Secciones	Variables	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación típica	Coefficiente de variación
<b>Bromatológico</b>	Humedad parcial (%)	2	7.40	8.52	7.96	0.79	9.95
	Humedad total (%)	2	0.94	1.16	1.05	0.16	14.82
	Materia seca (%)	2	82.96	85.20	84.08	1.58	1.88
	Grasa (%)	2	40.58	43.82	42.20	2.29	5.43
	Proteína (%)	2	18.15	20.21	19.18	1.46	7.59
	Fibra cruda (%)	2	24.70	26.72	25.71	1.43	5.56
	Carbohidratos (%)	2	8.80	9.75	9.28	0.67	7.24
	Ceniza (%)	2	3.59	3.69	3.64	0.07	1.94
	Hierro (ppm)	2	19.85	28.76	24.31	6.30	25.92
	Zinc (ppm)	2	48.70	50.07	49.39	0.97	1.96
	Calcio (%)	2	0.05	0.15	0.10	0.07	70.71
<b>Árbol</b>	Número de chupones	2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Diámetro a la altura del pecho (cm)	2	8.50	10.00	9.25	1.06	11.47
	Altura (m)	2	3.50	3.80	3.65	0.21	5.81
	Número de mazorcas	2	46.00	50.00	48.00	2.83	5.89
<b>Hoja</b>	Largo de hoja (cm)	2	35.70	40.89	38.30	3.67	9.58
	Ancho de hoja (cm)	2	13.87	15.45	14.66	1.12	7.62
	Largo desde la base hasta el punto más ancho (cm)	2	19.25	23.35	21.30	2.90	13.61
<b>Flor</b>	Número de flores por cojín	2	3.40	3.40	3.40	0.00	0.00
	Número de cojines por metro lineal	2	21.00	28.00	24.50	4.95	20.20
	Largo de sépalo (mm)	2	6.04	6.60	6.32	0.40	6.27
	Ancho de sépalo (mm)	2	1.66	3.12	2.39	1.03	43.20
	Largo de estaminodio (mm)	2	4.26	5.98	5.12	1.22	23.75
	Largo de estilo (mm)	2	2.01	2.02	2.02	0.01	0.35
	Largo de ovario (mm)	2	1.54	1.96	1.75	0.30	16.97
	Ancho de ovario (mm)	2	1.04	1.42	1.23	0.27	21.85
Número de óvulos	2	76.00	82.00	79.00	4.24	5.37	
<b>Fruto</b>	Largo de mazorca (cm)	2	18.65	19.00	18.83	0.25	1.31
	Diámetro de mazorca (cm)	2	9.57	9.77	9.67	0.14	1.46
	Peso de mazorca (g)	2	742.90	759.05	750.98	11.42	1.52
	Profundidad de surcos (mm)	2	2.25	4.50	3.38	1.59	47.14
	Espesor de caballete (mm)	2	14.55	21.70	18.13	5.06	27.89
	Peso de cáscara (g)	2	574.80	590.10	582.45	10.82	1.86
	Grosor de cáscara (mm)	2	11.55	14.50	13.03	2.09	16.02
	Índice de mazorca	2	13.30	16.34	14.82	2.15	14.50
<b>Semilla</b>	Peso de semillas más placenta más mucílago (g)	2	163.15	167.00	165.08	2.72	1.65
	Número de semillas	2	38.00	41.00	39.50	2.12	5.37
	Largo de semilla (cm)	2	2.32	2.51	2.42	0.13	5.56
	Ancho de semilla (cm)	2	1.41	1.54	1.48	0.09	6.23
	Espesor de semillas (cm)	2	0.86	0.95	0.91	0.06	7.03
	Peso seco de semilla (g)	2	1.61	1.83	1.72	0.16	9.04
	Índice de semillas	2	54.51	62.11	58.31	5.37	9.22
<b>Coefficiente de variación promedio (%)</b>							<b>11.38</b>

Cuadro A 22. Variables cuantitativas del conglomerado 9

Secciones	Variables	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación típica	Coefficiente de variación
<b>Bromatológico</b>	Humedad parcial (%)	4	7.30	9.27	8.55	0.87	10.16
	Humedad total (%)	4	1.14	3.12	1.98	0.84	42.15
	Materia seca (%)	4	81.45	91.56	86.19	4.89	5.67
	Grasa (%)	4	39.29	50.30	42.81	5.19	12.11
	Proteína (%)	4	17.20	23.61	20.89	2.76	13.20
	Fibra cruda (%)	4	17.38	30.10	23.93	5.69	23.78
	Carbohidratos (%)	4	2.39	13.14	8.24	4.84	58.80
	Ceniza (%)	4	3.79	4.65	4.13	0.37	8.91
	Hierro (ppm)	4	14.47	37.08	25.10	9.27	36.96
	Zinc (ppm)	4	44.72	55.22	51.68	4.84	9.37
Calcio (%)	4	0.05	0.05	0.05	0.00	0.00	
<b>Árbol</b>	Número de chupones	4	0.00	2.00	0.50	1.00	200.00
	Diámetro a la altura del pecho (cm)	4	8.00	8.50	8.38	0.25	2.99
	Altura (m)	4	3.00	6.00	4.25	1.32	31.13
	Número de mazorcas	4	22.00	43.00	35.50	9.68	27.26
<b>Hoja</b>	Largo de hoja (cm)	4	30.77	38.52	34.53	3.86	11.17
	Ancho de hoja (cm)	4	11.37	16.46	12.93	2.40	18.54
	Largo desde la base hasta el punto más ancho (cm)	4	16.53	21.16	19.21	2.12	11.03
<b>Flor</b>	Número de flores por cojín	4	4.00	5.60	4.80	0.67	14.03
	Número de cojines por metro lineal	4	35.00	39.00	36.50	1.73	4.75
	Largo de sépalo (mm)	4	6.20	7.63	6.81	0.62	9.04
	Ancho de sépalo (mm)	4	1.84	2.16	2.06	0.15	7.34
	Largo de estaminodio (mm)	4	5.12	5.82	5.47	0.39	7.09
	Largo de estilo (mm)	4	2.12	2.42	2.21	0.14	6.38
	Largo de ovario (mm)	4	1.30	1.94	1.76	0.31	17.49
	Ancho de ovario (mm)	4	1.04	1.38	1.20	0.14	11.71
Número de óvulos	4	70.00	84.00	76.50	5.74	7.51	
<b>Fruto</b>	Largo de mazorca (cm)	4	16.40	21.25	19.20	2.40	12.50
	Diámetro de mazorca (cm)	4	8.33	9.28	8.86	0.40	4.56
	Peso de mazorca (g)	4	608.15	659.10	633.76	23.06	3.64
	Profundidad de surcos (mm)	4	1.60	4.70	3.39	1.54	45.52
	Espesor de caballete (mm)	4	13.90	17.65	15.74	2.07	13.13
	Peso de cáscara (g)	4	450.85	501.65	478.05	26.10	5.46
	Grosor de cáscara (mm)	4	8.85	13.85	12.04	2.19	18.21
	Índice de mazorca	4	14.48	20.45	17.87	2.55	14.26
<b>Semilla</b>	Peso de semillas más placenta más mucílago (g)	4	143.05	160.00	152.25	7.76	5.10
	Número de semillas	4	35.00	42.00	38.25	2.87	7.51
	Largo de semilla (cm)	4	2.25	2.71	2.45	0.22	8.87
	Ancho de semilla (cm)	4	1.28	1.64	1.44	0.17	11.88
	Espesor de semillas (cm)	4	0.86	0.95	0.91	0.04	4.23
	Peso seco de semilla (g)	4	1.39	1.64	1.48	0.12	7.83
	Índice de semillas	4	60.83	72.11	67.81	5.25	7.74
<b>Coefficiente de variación promedio (%)</b>							<b>18.55</b>

Cuadro A 23. Variables cuantitativas del conglomerado 10

Secciones	Variables	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación típica	Coficiente de variación
<b>Bromatológico</b>	Humedad parcial (%)	4	9.58	23.08	14.84	6.53	44.01
	Humedad total (%)	4	1.33	3.05	2.08	0.80	38.55
	Materia seca (%)	4	53.85	88.87	78.08	16.48	21.10
	Grasa (%)	4	40.15	41.35	40.72	0.60	1.46
	Proteína (%)	4	11.23	23.14	18.09	5.16	28.50
	Fibra cruda (%)	4	15.65	18.98	16.74	1.55	9.28
	Carbohidratos (%)	4	9.74	27.23	15.49	8.02	51.77
	Ceniza (%)	4	4.49	5.39	4.84	0.39	8.03
	Hierro (ppm)	4	32.05	42.80	37.33	4.69	12.57
	Zinc (ppm)	4	38.23	48.61	44.23	4.34	9.81
	Calcio (%)	4	0.05	0.10	0.08	0.03	38.49
<b>Árbol</b>	Número de chupones	4	1.00	3.00	1.50	1.00	66.67
	Diámetro a la altura del pecho (cm)	4	3.50	5.00	4.13	0.75	18.18
	Altura (m)	4	2.25	3.75	3.34	0.73	21.83
	Número de mazorcas	4	3.00	3.00	3.00	0.00	0.00
<b>Hoja</b>	Largo de hoja (cm)	4	23.19	33.78	27.74	5.29	19.08
	Ancho de hoja (cm)	4	9.24	13.60	10.87	1.91	17.59
	Largo desde la base hasta el punto más ancho (cm)	4	12.59	17.94	15.22	2.52	16.55
<b>Flor</b>	Número de flores por cojín	4	3.80	5.20	4.65	0.62	13.31
	Número de cojines por metro lineal	4	27.00	34.00	30.25	3.30	10.92
	Largo de sépalo (mm)	4	6.34	7.00	6.70	0.27	4.06
	Ancho de sépalo (mm)	4	1.76	2.10	1.95	0.16	8.25
	Largo de estaminodio (mm)	4	5.14	5.45	5.29	0.13	2.42
	Largo de estilo (mm)	4	1.80	1.96	1.91	0.07	3.77
	Largo de ovario (mm)	4	1.44	1.84	1.60	0.17	10.80
	Ancho de ovario (mm)	4	1.04	1.24	1.11	0.09	8.12
Número de óvulos	4	34.00	60.00	46.00	10.71	23.28	
<b>Fruto</b>	Largo de mazorca (cm)	4	11.00	14.50	13.38	1.60	11.97
	Diámetro de mazorca (cm)	4	6.13	6.58	6.34	0.21	3.28
	Peso de mazorca (g)	4	191.40	249.70	220.56	27.73	12.57
	Profundidad de surcos (mm)	4	1.70	7.00	4.15	2.75	66.15
	Espesor de caballete (mm)	4	8.00	10.00	9.16	0.85	9.28
	Peso de cáscara (g)	4	121.20	152.80	134.09	15.60	11.64
	Grosor de cáscara (mm)	4	5.10	7.80	6.18	1.15	18.62
	Índice de mazorca	4	34.50	80.97	50.91	21.32	41.88
<b>Semilla</b>	Peso de semillas más placenta más mucílago (g)	4	69.70	107.80	83.64	16.64	19.89
	Número de semillas	4	17.00	30.00	23.00	5.35	23.28
	Largo de semilla (cm)	4	1.86	2.39	2.17	0.24	10.96
	Ancho de semilla (cm)	4	1.02	1.47	1.26	0.18	14.64
	Espesor de semillas (cm)	4	0.74	1.13	0.98	0.17	17.13
	Peso seco de semilla (g)	4	0.73	1.32	0.95	0.26	27.03
	Índice de semillas	4	75.91	137.65	110.57	25.70	23.24
<b>Coficiente de variación promedio (%)</b>							<b>19.52</b>

Cuadro A 24. Variables cuantitativas del conglomerado 11

Secciones	Variables	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación típica	Coefficiente de variación
<b>Bromatológico</b>	Humedad parcial (%)	4	10.18	14.92	12.52	1.94	15.53
	Humedad total (%)	4	2.00	2.67	2.36	0.28	11.68
	Materia seca (%)	4	82.73	87.83	85.12	2.11	2.48
	Grasa (%)	4	41.69	54.31	48.95	5.67	11.58
	Proteína (%)	4	18.36	22.56	20.42	1.72	8.40
	Fibra cruda (%)	4	7.80	10.09	9.07	1.07	11.83
	Carbohidratos (%)	4	11.78	23.48	18.58	5.13	27.62
	Ceniza (%)	4	3.69	5.79	4.24	1.04	24.43
	Hierro (ppm)	4	24.42	34.88	30.86	4.63	15.02
	Zinc (ppm)	4	40.74	59.44	51.26	7.79	15.20
	Calcio (%)	4	0.11	0.15	0.13	0.02	13.39
<b>Árbol</b>	Número de chupones	4	2.00	4.00	3.00	0.82	27.22
	Diámetro a la altura del pecho (cm)	4	4.00	13.00	9.68	3.96	40.87
	Altura (m)	4	3.75	7.50	5.94	1.59	26.71
	Número de mazorcas	4	12.00	48.00	33.75	17.17	50.88
<b>Hoja</b>	Largo de hoja (cm)	4	28.73	42.29	34.54	5.69	16.46
	Ancho de hoja (cm)	4	11.61	13.87	12.42	1.01	8.15
	Largo desde la base hasta el punto más ancho (cm)	4	15.62	22.23	18.28	3.02	16.55
<b>Flor</b>	Número de flores por cojín	4	3.60	6.00	4.45	1.09	24.45
	Número de cojines por metro lineal	4	22.00	33.00	26.50	5.07	19.12
	Largo de sépalo (mm)	4	5.90	7.05	6.56	0.53	8.05
	Ancho de sépalo (mm)	4	1.80	2.16	1.96	0.15	7.76
	Largo de estaminodio (mm)	4	5.06	5.50	5.31	0.19	3.59
	Largo de estilo (mm)	4	1.95	2.16	2.04	0.10	5.09
	Largo de ovario (mm)	4	1.20	1.94	1.50	0.35	23.07
	Ancho de ovario (mm)	4	1.04	1.28	1.15	0.13	10.87
Número de óvulos	4	62.00	76.00	71.00	6.63	9.34	
<b>Fruto</b>	Largo de mazorca (cm)	4	16.25	19.00	17.44	1.16	6.66
	Diámetro de mazorca (cm)	4	7.33	8.70	8.15	0.66	8.07
	Peso de mazorca (g)	4	455.50	546.00	493.63	41.34	8.37
	Profundidad de surcos (mm)	4	2.00	3.30	2.61	0.56	21.56
	Espesor de caballete (mm)	4	12.50	15.60	14.58	1.41	9.64
	Peso de cáscara (g)	4	370.45	420.00	393.63	20.75	5.27
	Grosor de cáscara (mm)	4	9.10	12.30	10.54	1.32	12.56
	Índice de mazorca	4	13.30	23.92	16.79	4.96	29.53
<b>Semilla</b>	Peso de semillas más placenta más mucílago (g)	4	78.60	142.20	97.75	29.80	30.49
	Número de semillas	4	31.00	38.00	35.50	3.32	9.34
	Largo de semilla (cm)	4	2.02	2.26	2.14	0.11	5.04
	Ancho de semilla (cm)	4	1.00	1.34	1.14	0.15	13.45
	Espesor de semillas (cm)	4	0.57	0.98	0.76	0.18	23.22
	Peso seco de semilla (g)	4	1.19	1.98	1.77	0.39	21.87
	Índice de semillas	4	50.53	83.71	59.13	16.39	27.73
<b>Coefficiente de variación promedio (%)</b>							<b>16.38</b>

Cuadro A 25. Variables cuantitativas del conglomerado 12

Secciones	Variables	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación típica	Coefficiente de variación
<b>Bromatológico</b>	Humedad parcial (%)	1	6.73	6.73	6.73	0	0
	Humedad total (%)	1	1.80	1.80	1.80	0	0
	Materia seca (%)	1	91.47	91.47	91.47	0	0
	Grasa (%)	1	43.16	43.16	43.16	0	0
	Proteína (%)	1	23.12	23.12	23.12	0	0
	Fibra cruda (%)	1	22.93	22.93	22.93	0	0
	Carbohidratos (%)	1	11.02	11.02	11.02	0	0
	Ceniza (%)	1	4.75	4.75	4.75	0	0
	Hierro (ppm)	1	22.39	22.39	22.39	0	0
	Zinc (ppm)	1	55.61	55.61	55.61	0	0
	Calcio (%)	1	0.10	0.10	0.10	0	0
<b>Árbol</b>	Número de chupones	1	1.00	1.00	1.00	0	0
	Diámetro a la altura del pecho (cm)	1	4.50	4.50	4.50	0	0
	Altura (m)	1	4.00	4.00	4.00	0	0
	Número de mazorcas	1	14.00	14.00	14.00	0	0
<b>Hoja</b>	Largo de hoja (cm)	1	25.81	25.81	25.81	0	0
	Ancho de hoja (cm)	1	10.26	10.26	10.26	0	0
	Largo desde la base hasta el punto más ancho (cm)	1	14.11	14.11	14.11	0	0
<b>Flor</b>	Número de flores por cojín	1	6.00	6.00	6.00	0	0
	Número de cojines por metro lineal	1	40.00	40.00	40.00	0	0
	Largo de sépalo (mm)	1	6.32	6.32	6.32	0	0
	Ancho de sépalo (mm)	1	1.76	1.76	1.76	0	0
	Largo de estaminodio (mm)	1	5.10	5.10	5.10	0	0
	Largo de estilo (mm)	1	2.00	2.00	2.00	0	0
	Largo de ovario (mm)	1	1.92	1.92	1.92	0	0
	Ancho de ovario (mm)	1	1.22	1.22	1.22	0	0
Número de óvulos	1	54.00	54.00	54.00	0	0	
<b>Fruto</b>	Largo de mazorca (cm)	1	16.75	16.75	16.75	0	0
	Diámetro de mazorca (cm)	1	7.42	7.42	7.42	0	0
	Peso de mazorca (g)	1	397.90	397.90	397.90	0	0
	Profundidad de surcos (mm)	1	385.00	385.00	385.00	0	0
	Espesor de caballete (mm)	1	14.20	14.20	14.20	0	0
	Peso de cáscara (g)	1	292.80	292.80	292.80	0	0
	Grosor de cáscara (mm)	1	11.20	11.20	11.20	0	0
	Índice de mazorca	1	46.78	46.78	46.78	0	0
<b>Semilla</b>	Peso de semillas más placenta más mucílago (g)	1	103.25	103.25	103.25	0	0
	Número de semillas	1	27.00	27.00	27.00	0	0
	Largo de semilla (cm)	1	2.09	2.09	2.09	0	0
	Ancho de semilla (cm)	1	1.33	1.33	1.33	0	0
	Espesor de semillas (cm)	1	0.99	0.99	0.99	0	0
	Peso seco de semilla (g)	1	0.79	0.79	0.79	0	0
	Índice de semillas	1	126.30	126.30	126.30	0	0
<b>Coefficiente de variación promedio (%)</b>							<b>0</b>



Cuadro A 26. Datos de los árboles del banco de germoplasma

Clon	Altura			Diámetro			N° de hojas		
	Toma 1	Toma 2	Toma 3	Toma 1	Toma 2	Toma 3	Toma 1	Toma 2	Toma 3
<b>1A</b>	37	42	84	0.67	0.74	1.85	18.50	27	112.50
<b>6</b>	41	64	45.50	0.24	0.55	0.62	3.50	5	13
<b>18</b>	55.50	32	84	0.84	1.04	1.77	28.50	44.75	60.75
<b>20</b>	43.25	64	46.50	0.52	0.66	0.82	14	17.50	28.50
<b>26</b>	75.50	81.50	131	1.46	1.56	2.47	38	41.50	121
<b>27</b>	98.13	112.33	127.33	1.30	1.36	1.87	20.25	31.50	80
<b>28</b>	109.50	112.50	122.50	1.60	1.65	2.35	17.50	36	119
<b>29</b>	89.75	101.50	112	0.96	1.13	1.86	16.75	31.25	75
<b>30</b>	69.83	74.83	102.33	0.97	1.12	1.93	28.67	38	63
<b>31</b>	72.13	76.25	118.63	0.86	0.99	2.24	18.13	25	67.88
<b>32</b>	85.50	91.50	125	0.96	1.03	2.08	18	35.50	141
<b>33</b>	69	76	105	0.91	1.19	1.89	24	36	83
<b>38</b>	93.50	100	133	1.00	1.22	1.69	25	30	75
<b>41</b>	62	70	120	0.96	1.00	1.79	20	26	25
<b>78</b>	78	81	120	1.33	1.38	2.24	26	35.50	69.50
<b>92</b>	54	56	61.50	0.52	0.72	1.37	19	19.50	33
<b>117</b>	55	57	90	0.76	0.90	1.91	17	19	67
<b>201</b>	65	73	100.50	0.88	0.96	1.89	29	34	47.50
<b>203</b>	78	81	88.0	0.88	1.00	1.56	29	32	44
<b>204</b>	78.75	81	96.50	1.05	1.35	1.41	14	21	46
<b>205</b>	31	35	48	0.60	0.90	1.14	13	20	33
<b>207</b>	20	24	34	0.50	0.70	0.75	3	5	10
<b>210</b>	60	65.50	80	0.80	0.98	1.20	19.50	20	23
<b>211</b>	41	46	63	0.66	0.70	1.45	13	18	30
<b>46 SV</b>	31.50	37.50	58.67	0.61	0.67	0.95	6	8	13.83
<b>49 SV</b>	42	44	49	0.50	0.64	0.87	3	5	13