

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

Título de investigación:

Código: AI-1904

Caracterización morfoagronómica *in situ* de cacao criollo (*Theobroma cacao* L.) en el Cantón Cangrejera, municipio de Izalco, Departamento de Sonsonate, El Salvador.

Título a obtener:

Ingeniero Agrónomo

AUTORES

Nombre, apellido y formación académica	Institución y dirección	Teléfono; E-mail	Firma
López Avilés, Wilmer Vladimir	Caserío el Aguacate, cantón Tacachico, municipio de Quezaltepeque, La Libertad	7058-0115 wilmervladimirlopezaviles@ues.edu.sv	
Lovo Lara, Luis Miguel	Lotif portales de Jerusalén, calle Troncal del Norte, km 32 ^{1/2} #8	7552-3564 lovolaraluismiguel@gmail.com	
Ing. Agr. MSc. Fidel Ángel Parada Berrios	Facultad de Ciencias Agronómicas, Departamento de Fitotecnia.	77956408 faparadaberrios@yahoo.com	
Dr. Francisco Lara Ascencio.	Facultad de Ciencias Agronómicas, Departamento de Protección Vegetal	70710101 fcolaraa@yahoo.es	
Lic. Ada Yanira Arias de Linares	Facultad De Ciencias Agronómicas, Departamento Química Agrícola	78604900 yani_linares@hotmail.com	

Visto bueno

Coordinador de Procesos de Graduación Departamento de Fitotecnia: Ing. Agr. Mario Alfredo Pérez Ascencio	Firma:
Jefe de Departamento: Ing. Agr. M. Sc. Fidel Ángel Parada Berrios	Firma:
Director General de Procesos de Graduación de la Facultad de Ciencias Agronómicas: Ing. Agr. M. Sc. Elmer Edgardo Corea Guillén	Firma:
	Sello:

Lugar y fecha: Ciudad universitaria, 24 de julio de 2019

Caracterización morfoagronómica *in situ* de cacao criollo (*Theobroma cacao* L.) en el Cantón Cangrejera, municipio de Izalco, Departamento de Sonsonate, El Salvador.

Lovo-Lara, LM¹; López-Avilés, WV¹; Parada-Berrios, FA²; Lara-Ascencio, F³; Arias-de Linares, AD⁴.

RESUMEN

La investigación se llevó a cabo en el periodo de agosto 2017 a octubre de 2018, en la finca de cacao del Sr. Jaime Arévalo, ubicada en el Cantón Cangrejera, municipio de Izalco, Departamento de Sonsonate, El Salvador, la cual se encuentra a una altura de 418 metros sobre el nivel del mar. El objetivo de la investigación fue identificar y caracterizar árboles elites de cacao criollo utilizando descriptores, para lo cual se realizaron giras de observación a la finca en estudio donde se identificaron aquellos árboles que presentan características de cacao criollo. Se colectaron frutos en campo, los cuales se les extrajo la semilla de forma manual, se le retiro el mucílago y se les realizo un análisis bromatológico que consistía en la determinación de la humedad parcial, humedad total, grasa, proteína cruda, fibra cruda, ceniza, carbohidratos, Minerales como el Calcio, fosforo y Potasio, se determinó el pH y Grados brix al mucilago. Todo lo anterior se realizó en el laboratorio de Química Agrícola de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador. Para la interpretación de datos se utilizó una estadística simple y análisis multivariado. En los análisis se utilizaron 41 árboles de cacao y 33 descriptores cuantitativos sujetos del análisis descriptivo. Los análisis de componentes principales se evaluaron por el método de Cluster, identificando 14 conglomerados que reunieron características de los 41 árboles evaluados, aportando un 84.98% a la varianza total. Como resultado se encontraron 12 árboles de cacao con características del tipo “criollo de aroma fino” con el 100% de semillas de color blanco, valores de grasa de hasta 56.55% y proteína cruda con 17.15%. Finalmente se elaboró un catálogo ilustrado de los árboles caracterizados.

Palabras claves: Caracterización, descriptores, color de semilla, arboles elites.

***In situ* morphoagronomic characterization of Creole cacao (*Theobroma cacao* L.) in the Cangrejera Cantón, municipality of Izalco, Department of Sonsonate, El Salvador.**

Lovo-Lara, LM¹; López-Avilés, WV¹; Parada-Berrios, FA²; Lara-Ascencio, F³; Arias-de Linares, AD⁴.

ABSTRACT

The investigation was carried out in the period from August 2017 to October 2018, in the cacao country estate of Mr. Jaime Arévalo, located in Cantón the Cangrejera, municipality of Izalco, Department of Sonsonate, El Salvador, which is located a height of 418 meters above sea level. The objective research was to identify and characterize elite trees of Creole cacao using descriptors, for which observation tours were made to the country estate in study where those identified trees what presents characteristics of Creole cacao. Fruits were collected in the field,

¹ Universidad de El Salvador, Facultad de Ciencias Agronómicas, Departamento de Fitotecnia, Estudiantes tesistas.
lovolaraluismiguel@gmail.com; wilmervladimirlopezaviles@ues.edu.sv

² Universidad de El Salvador, Facultad de Ciencias Agronómicas, Departamento de Fitotecnia, Docente Director.
faparadaberrios@yahoo.com

³ Universidad de El Salvador, Facultad de Ciencias Agronómicas, Departamento de Protección Vegetal, Docente Director
fcolaraa@yahoo.es

⁴ Universidad de El Salvador, Facultad de Ciencias Agronómicas, Departamento de Química Agrícola, Docente Director.
yani_linares@hotmail.com

which were seed was extracted manually, the mucilage was removed and a bromatological analysis was carried out which consisted of the determination of partial humidity, total humidity, Fat, crude protein, raw fiber, ash, carbohydrates, Minerals such as Calcium, phosphorus and potassium, the pH and Brix degrees to the mucilage were determined. All of the above was done in the Agricultural Chemistry laboratory of the Faculty of Agronomic Sciences of the University of El Salvador. For the interpretation of data, a simple statistic and multivariate analysis were used. The analysis used 41 cacao trees and 33 quantitative descriptors subject to the descriptive analysis. The principal component analyzes were evaluated by the Cluster method, identifying 14 clusters that gathered characteristics of the 41 trees evaluated, contributing 84.98% to the total variance. As a result 12 cacao trees were found with characteristics of the "fine aroma Creole" type with 100% white seeds, fat values of up to 56.55% and crude protein with 17.15%. Finally an illustrated catalog of the characterized trees was developed.

Key words: Characterization, descriptors, seed color, elite trees.

1. INTRODUCCIÓN

El cacao antes de la llegada de los españoles se cultivaba con alto grado de especialización principalmente en la región de los Izalcos. Por sus condiciones climáticas, esta fue la región más productiva de cacao de las provincias de Centroamérica. El cacao era un producto de gran valor entre la población pipil donde se le utilizaba como "moneda" y como bebida para la nobleza, sacerdotes y militares. La región de los Izalcos, después de la conquista, se convirtió en lugar de mucho auge comercial y de encuentro de encomenderos, comerciantes funcionarios de la corona y clérigos quienes buscaron sacar ventaja económica de la producción de cacao (CENTA 2018).

El producto llamado cacao de Izalco se cultivaba en la época posterior a la Conquista en lo que después se llamó la provincia de Sonsonate, en que se incluían no sólo las fincas de la población de ese nombre, sino también las de Izalco, Caluco y Nahulingo. En dichas localidades existen gran cantidad de árboles centenarios, ya que durante mucho tiempo no se hicieron siembras nuevas, sino, con raras excepciones y en pequeña escala. Se considera que uno de los motivos de la disminución y hasta del abandono de los cacaotales en dicha zona, fueron las erupciones repetidas del volcán de Santa Ana, primero y el volcán de Izalco después Asimismo, en 1932 se registra la masacre de 30,000 indígenas perpetrada por el General Maximiliano Hernández Martínez, Presidente de la República de El Salvador en ese período. Los indígenas sobrevivientes tuvieron que emigrar de su zona de origen y cambiarse incluso sus nombres, considerándose una de las razones que sirvieron el tiro de gracia al olvido del cacao en El Salvador (Choussy 1950).

Sin embargo, una de las plantaciones de cacao de importancia comercial que se conocía en el periodo de 1947-1950, era la hacienda Santa Emilia en el Departamento de Sonsonate, que constaba de una extensión de 100 manzanas las cuales fueron abandonadas. La producción de la plantación Santa Emilia, era del orden de 1,450 quintales o sea en promedio de 3 libras por árbol. Luego de su rehabilitación la producción se podía calcular alrededor entre 2,000 y 2,500 quintales. Dicha producción no alcanzaba a cubrir la demanda del mercado interno de cacao en grano, en estado natural, siendo necesario que El Salvador importara el resto de cacao demandado de Guatemala, Honduras y Nicaragua (Choussy 1950).

El programa Alianza Cacao, el CENTA y La Academia representada principalmente por la Universidad de El Salvador, desde el año 2012, realizan esfuerzos e invierten recursos en el establecimiento de siembras nuevas de cacao, principalmente con plantas procedentes de semillas y la posterior injertación en campo con clones de alto rendimiento procedentes de la Fundación Hondureña de Investigación Agrícola (FHIA) y del CATIE, ya que el Estado por más de 60 años no destinó incentivos hacia el desarrollo de este cultivo entre los agricultores, generándose una drástica erosión genética del cacao y de especies afines, y con esto la aparición de nuevas variedades de cacao y de técnicas de producción (CRS 2014).

Por tal razón esta investigación se centra en una caracterización morfoagronómica y rescate de germoplasma de cacaos criollos en el Cantón Cangrejera, Izalco, Sonsonate, para identificar los árboles élitos, los cuales podrán ser explotados sus productos comercialmente, siempre y cuando tengan aceptación en el mercado nacional e internacional, garantizando resultados que beneficien a los productores de nuestro país.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Localización

El estudio se ejecutó entre agosto de 2017 y octubre de 2018, en la finca del productor Jaime Arévalo, ubicada en el cantón Cangrejera, municipio de Izalco, departamento de Sonsonate, El Salvador, con coordenadas geográficas 13°44'28" latitud norte y 89°40'52" longitud oeste, encontrándose a una altitud de 385 metros sobre el nivel del mar.

2.2. Instrumento para la caracterización

Las herramientas utilizadas para la caracterización fueron los descriptores de caracteres morfológicos y agronómicos propuestos por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) (INIFAP 2014), Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA) (INIA 1980) y Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) (Phillips 2012). Estos sirvieron para comparar los atributos y así establecer las propiedades morfoagronómicas que presentaban cada árbol seleccionado.

2.3. Variables en estudio

Las variables cualitativas fueron: arquitectura, forma de ramificación y vigor del árbol; forma y color de hojas, mazorcas y semillas; color de flores y pubescencia de brotes tiernos.

Las variables cuantitativas fueron: altura, diámetro, número de frutos, cojinetes y flores por cojinete, longitud y ancho de hojas, longitud y diámetro de frutos, longitud y espesor de semillas, espesor de cáscara en frutos, peso de frutos, índice de semillas y frutos, longitud y ancho de sépalos, ovario y estilo de la flor y el análisis bromatológico de las semillas.

2.4. Análisis bromatológico

El análisis se realizó en 41 árboles específicamente dirigido a la semilla de forma normal y de forma artesanal (semillas fermentadas), se siguió los procedimientos propuestos por la AOAC (1970). El análisis fue realizado en el laboratorio de Química Agrícola de la Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador, con la finalidad de determinar: humedad parcial y total, porcentaje de proteína, grasa, fibra cruda, carbohidratos, cenizas y minerales (calcio, fósforo y potasio).

2.5. Material experimental

Se caracterizaron *in situ* 41 árboles de cacao criollo, distribuidos en toda la finca en Izalco. De cada uno de los árboles se tomaron datos de georreferenciación y altura sobre el nivel del mar y además se extrajeron muestras de hojas, flores, frutos y semillas para su respectiva caracterización, además de las semillas se realizó su respectivo análisis bromatológico (Cuadro 1).

2.6. Metodología estadística

Para el análisis de los datos y atributos cualitativos se utilizó estadística descriptiva a partir de cuadros y tablas; para los datos cuantitativos se aplicó estadística simple utilizando la desviación estándar, media, coeficiente de variación, análisis multivariado (específicamente componentes principales), análisis de correlación y conglomerados; ambos análisis permitieron resumir toda 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.

Cuadro 1. Codificación y ubicación de los árboles de cacao caracterizados en cangrejera, Izalco, Sonsonate, El Salvador.

Número	Nombre del árbol	Código	Latitud	Longitud	Altura (msnm)
1	Jaime Arévalo 3	JA 3A	N 13°44'01.5"	W 089°40'48.9"	384
2	Jaime Arévalo 4	JA 4A	N 13°44'02.0"	W 089°40'49.2"	386
3	Jaime Arévalo 5	JA 5A	N 13°44'02.0"	W 089°40'49.3"	388
4	Jaime Arévalo 6	JA 6A	N 13°44'02.1"	W 089°40'49.4"	389
5	Jaime Arévalo 7	JA 7A	N 13°44'02.2"	W 089°40'49.5"	390
6	Jaime Arévalo 8	JA 8A	N 13°44'02.2"	W 089°40'49.6"	388
7	Jaime Arévalo 9	JA 9A	N 13°44'02.7"	W 089°40'49.1"	388
8	Jaime Arévalo 10	JA 10A	N 13°44'02.6"	W 089°40'49.2"	391
9	Jaime Arévalo 11	JA 11A	N 13°44'02.1"	W 089°40'48.8"	385
10	Jaime Arévalo 12	JA 12A	N 13°44'02.0"	W 089°40'48.7"	389
11	Jaime Arévalo 13	JA 13A	N 13°44'01.9"	W 089°40'48.6"	390
12	Jaime Arévalo 14	JA 14A	N 13°44'02.1"	W 089°40'48.4"	389
13	Jaime Arévalo 15	JA 15A	N 13°44'02.3"	W 089°40'48.5"	389
14	Jaime Arévalo 16	JA 16A	N 13°44'02.5"	W 089°40'48.6"	388
15	Jaime Arévalo 17	JA 17A	N 13°44'02.7"	W 089°40'49.0"	384
16	Jaime Arévalo 18	JA 18A	N 13°44'02.9"	W 089°40'48.6"	383
17	Jaime Arévalo 19	JA 19A	N 13°44'02.7"	W 089°40'48.0"	381
18	Jaime Arévalo 20	JA 20A	N 13°44'02.8"	W 089°40'48.2"	388
19	Jaime Arévalo 21	JA 21A	N 13°44'02.9"	W 089°40'48.6"	387
20	Jaime Arévalo 22	JA 22A	N 13°44'02.6"	W 089°40'48.1"	381
21	Jaime Arévalo 23	JA 23A	N 13°44'03.3"	W 089°40'49.3"	381
22	Jaime Arévalo 24	JA 24A	N 13°44'03.1"	W 089°40'48.9"	385
23	Jaime Arévalo 25	JA 25A	N 13°44'03.1"	W 089°40'48.9"	386
24	Jaime Arévalo 26	JA 26A	N 13°44'03.2"	W 089°40'48.9"	386
25	Jaime Arévalo 27	JA 27A	N 13°44'03.3"	W 089°40'48.7"	386
26	Jaime Arévalo 28	JA 28A	N 13°44'03.3"	W 089°40'48.8"	385
27	Jaime Arévalo 29	JA 29A	N 13°44'03.6"	W 089°40'49.0"	382
28	Jaime Arévalo 30	JA 30A	N 13°44'03.2"	W 089°40'48.5"	379
29	Jaime Arévalo 31	JA 31A	N 13°44'02.9"	W 089°40'48.7"	381
30	Jaime Arévalo 32	JA 32A	N 13°44'03.1"	W 089°40'49.6"	382
31	Jaime Arévalo 33	JA 33A	N 13°44'03.2"	W 089°40'49.7"	382
32	Jaime Arévalo 34	JA 34A	N 13°44'03.3"	W 089°40'49.6"	382
33	Jaime Arévalo 35	JA 35A	N 13°44'03.5"	W 089°40'48.6"	380
34	Jaime Arévalo 36	JA 36A	N 13°44'03.5"	W 089°40'49.4"	385
35	Jaime Arévalo 37	JA 37A	N 13°44'03.5"	W 089°40'49.4"	384
36	Jaime Arévalo 38	JA 38A	N 13°44'03.5"	W 089°40'48.6"	380
37	Jaime Arévalo 39	JA 39A	N 13°44'03.7"	W 089°40'49.2"	382
38	Jaime Arévalo 40	JA 40A	N 13°44'03.6"	W 089°40'48.9"	383
39	Jaime Arévalo 41	JA 41A	N 13°44'01.6"	W 089°40'48.5"	384
40	Jaime Arévalo 42	JA 42A	N 13°44'02.5"	W 089°40'49.3"	380
41	Jaime Arévalo 43	JA 43A	N 13°44'02.5"	W 089°40'49.1"	381

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Descripción de variables cualitativas

3.1.1. Arquitectura, forma de ramificación y vigor de árbol

El 97.56% de la población caracterizada (40 árboles) presentaron arquitectura erecta, 2.44% (1 árbol) con arquitectura péndulosa, este último no tenía manejo agronómico adecuado. De la población caracterizada el 46.34% (19 árboles) poseen ramificación intermedia, 46.34% simple (19 árboles) y 7.36% (3 árboles) verticilada. El 51.22% de los árboles caracterizados presentaron alta vigorosidad (21 árboles) y el 48.78% tienen vigor intermedio (20 árboles), porque tienen un buen manejo agronómico. García Carrión (2012) en estudios de caracterización de cacao, describió el vigor de los árboles con los mismos criterios: débil, intermedio o vigoroso, donde el 100 % de los árboles caracterizados presentó vigor débil.

3.1.2. Color de brotes tiernos

El 46.34% de la población presentaron brotes de color rojo claro (19 árboles), 29.27% tienen brotes verdes claro (12 árboles), 14.63% poseen brotes de color verde medio (6 árboles), 7.32% tienen brotes de color rojo oscuro (3 árboles) y el 2.44% presentaron brotes color rojo medio (1 árbol). El INIA (1980) menciona que el color de las hojas tiernas está asociado a la presencia de antocianina y difiere del resto de las hojas. En muchos casos este color de los brotes coincide con la coloración de los cotiledones, es decir cuando los brotes tienden a ser verde claro la tendencia es que los cotiledones sean blancos, lo cual se pudo evidenciar en la investigación. Las hojas jóvenes son flácidas, quebradizas y presentan coloraciones variadas desde rojo claro, verde claro, verde medio, rojo oscuro y rojo medio.

3.1.3. Pubescencia en brotes terminales

El 92.68% de los árboles caracterizados presentaron pubescencia débil, 7.32% pubescencia moderada y la pubescencia fuerte no se presentó en ningún árbol. Marcano (2007) citado por Duarte Hernández (2014), afirma que la pubescencia en ramas jóvenes es una característica evidente en los árboles de cacao criollo y hay una escala de pubescencia entre estos y los forasteros, siendo ésta imperceptible en los últimos. Esta característica fue muy evidente en el germoplasma encontrado en los árboles JA 3A, JA 5A, JA 6A, JA 9A, JA 12A, JA 21A, JA 31A, JA 32A, JA 33A, JA 41A, y la característica principal en estos árboles fue que la almendra en su totalidad era blanca, considerándose este tipo de germoplasma con alta probabilidad de pertenecer a los tipos criollos de aroma fino, coincidiendo con lo escrito por el autor en mención.

3.1.4. Forma de la mazorca

El 80.49% de la población caracterizada poseen mazorcas de forma ovado (33 árboles), 9.76% tienen frutos de forma elíptica (4 árboles), 7.31% presentan forma abovada (3 árboles) y el 2.44% poseen forma circular (1 árbol). Estas características encontradas en la mayoría de las mazorcas coinciden con las planteadas por el descriptor de García Carrión (2012), sin embargo la forma abovada fue la menos encontrada; presentándose mayor tendencia fenotípica en los cacaos de aroma fino con sus formas angoleta y cundeamor, no obstante, la plantación de cacao en estudio ha sido establecida por semilla lo que ha generado una amplia segregación genética ya que mazorcas amelonados aparecen con almendras de cotiledón color blanco y mazorcas angoletas con semillas cuyo cotiledones son oscuros. Dubón y Sánchez (2011), mencionan que el tamaño y formas de las mazorcas varían según los tipos regionales de cacao, destacándose las formas amelonadas y calabacillos para los tipos forasteros y los angoletas y cundeamor en los criollos de aroma fino.

3.1.5. Color de la mazorca

Se encontraron en los árboles cuatro colores en las mazorcas maduras, el 48.78% son mazorcas de color amarillo verde (20 árboles), 39.02% amarillo (16 árboles), 7.32% rojo medio (3 árboles) y 4.88% son de color anaranjado (2 árboles). Sobresaliendo el color amarillo verde, el cual fue más representativo en los árboles que presentaron mayor tendencia fenotípica a cacaos criollos. Dubón y Sánchez (2011), indican en términos generales que los cacaos criollos se pueden encontrar en colores verdes y rojos cuando están inmaduros, pero completamente maduros se vuelven amarillos y anaranjados, respectivamente.

3.1.6. Morfología de la superficie de la mazorca (rugosidad)

El 87.80% de los árboles que se caracterizaron presentaron superficie moderadamente rugosa (36 árboles), 12.20% tienen morfología lisa o ligeramente rugosa (5 árboles), y la morfología muy rugosa no se notó en los árboles caracterizado. Medina (1950), indica que los cacaos se clasifican por la rugosidad: forma fenotípica angoleta, posee rugosidad verrugosa; el cundeamor tiene constricción con superficie verrugosa; la forma amelonada tiene superficie verrugosa o lisa y la forma calabacillo con superficie lisa. Estos resultados coinciden con los de la presente investigación en cuanto a la rugosidad moderada y muy rugosa y también a la forma angoleta y cundeamor encontrada en los cultivares con alta tendencia fenotípica a criollos.

3.1.7. Resistencia de cáscara de la mazorca

El 58.54% de los árboles caracterizados poseen mazorcas con resistencia fuerte al tacto (24 árboles); 24.39% presentaron resistencia moderada (10 árboles), estos son: JA 13A, JA 17A, JA 19A, JA 21A, JA 29A, JA 30A, JA 32A, JA 33A, JA 40A, JA 41A; y el 17.07% poseen mazorcas con resistencia débil (7 árboles). Medina (1950), menciona que los tipos criollos tienen mazorcas con cáscara delgada y blanda, mientras el forastero posee cáscara dura.

3.1.8. Color de semillas

El 31.71% de los árboles caracterizados presentaron semillas de color oscuro (13 árboles), 29.27% semillas de color púrpura oscuro (12 árboles), 19.51% semillas de color crema (8 árboles), 14.63% semillas de color rosa (6 árboles) y 4.88% semillas de color blanco (2 árboles), esto explica la alta segregación genética del material criollo por genotipos importados de Sur América, en tal sentido Bartley (1989), menciona que los cotiledones manifiestan una gran variedad de colores, sin embargo, se reportan con mayor frecuencia los cotiledones purpuras típico de los genotipos trinitarios y en menor frecuencia los cotiledones blancos típico de los genotipos criollos, tal como los encontrados en la presente investigación. Se considera que los cacaos criollos de almendra blanca 100% puros, están altamente erosionados debido a la contaminación por los genotipos trinitarios y forasteros, sin embargo esto se demuestra solamente con una caracterización molecular.

Además, se encontraron semillas con matices de color blanco, rosa y púrpura oscura a las cuales se les denominó color jaspeado. Al respecto Sari y Susilo (2011) concluyeron que en el cultivo de cacao se producen granos de colores diferentes en la misma mazorca, esto dependerá del origen del polen que fecundan la flor, generando efectos positivos y negativos en las características cualitativas y cuantitativas de la semilla, a este fenómeno se le conoce como Xenia.

3.2. Descripción de variables cuantitativas

3.2.1. Números de mazorcas por árbol

El árbol JA 7A presentó el mayor valor con 80 mazorcas y el menor valor lo presentó el árbol JA 37A con cinco mazorcas (Figura 1). En el resto de árboles varió entre 6 a 70 mazorcas; el promedio de frutos obtenido de los 41 árboles fue 40.37, la desviación estándar 20.88 frutos y el coeficiente de variación de 51.52%, esto indica que es notable una alta heterogeneidad en cuanto al número de mazorcas por árbol. Naundirf y Villamil (s.f.) citados por IICA (1957), concluyeron que existe una relación entre el desarrollo de las flores, mazorcas y la producción de hormonas: un fruto que crece sobre un cojinete con unas pocas flores, tiene más oportunidades de desarrollarse que un fruto nacido sobre un cojinete con muchas flores. Al respecto Dubón y Sánchez (2011), explican que la diversidad genética que origina una alta variabilidad entre familias y miembros de una misma familia al propagarse por semilla, queda demostrado en reiterados estudios sobre el comportamiento productivo de una población de semilla (híbridos naturales), que corroboran inconsistencias en la producción, señalando que un bajo porcentaje de la población de árboles provenientes de semilla (30%) genera los más altos rendimientos (70%), mientras que la mayoría de los individuos (70%) genera una baja producción (solo el 30%). A estas diferencias extremas entre la población y la producción se le conoce como la regla 70:30 y es un comportamiento propio de plantas que provienen de semillas, condición que se agrava, cuando se presenta incompatibilidad entre los árboles de cacao.

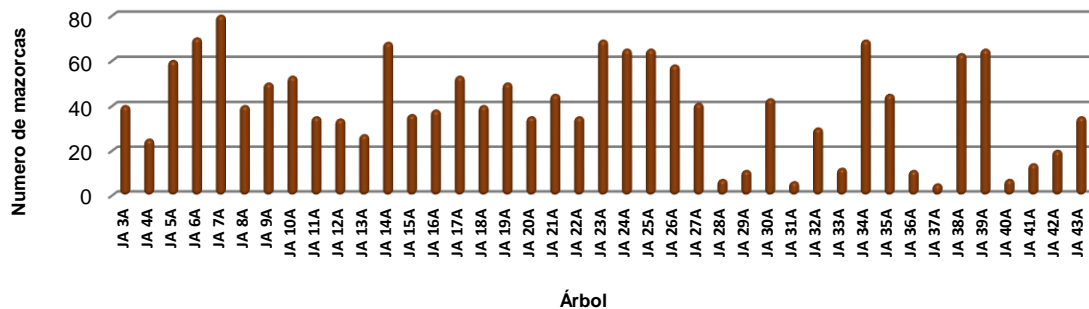


Figura 1. Número de mazorcas de 41 árboles de cacao criollo caracterizados en Cangrejera, Izalco, Sonsonate, El Salvador

3.2.2. Peso de mazorca

El valor mayor lo presentaron las mazorcas del árbol JA 28A con 883.10 g; el menor valor lo presentó las mazorcas del árbol JA 11A con 226.40 g (Figura 2), los demás árboles presentaron frutos con pesos entre 263.50 y 747.95 g. El promedio fue de 439.76 g, una desviación estándar de 142.41 g y un coeficiente de variación de 32.38%, lo que indica la alta heterogeneidad de la variable entre los árboles. Los valores encontrados están dentro del rango mencionado por Dostert, *et al.* (2012), quienes manifiestan que los pesos de los frutos de cacao oscilan entre 200 y 1,000 g.

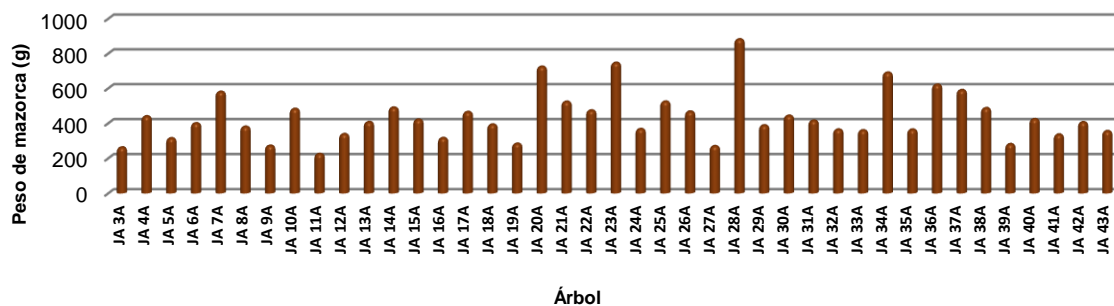


Figura 2. Peso de mazorca de los de 41 árboles de cacao criollo caracterizados en Cangrejera, Izalco, Sonsonate, El salvador

3.2.3. Número de semillas por mazorca

El mayor número de semillas por mazorca lo presentó el árbol JA 34A con 45 semillas y las mazorcas del árbol JA 22A presentaron el menor valor con 18 semillas por mazorcas (Figura 3), los frutos de los árboles restantes mantuvieron valores entre 21 y 44.50 semillas por mazorcas. El promedio encontrado en número de semillas por fruto fue 31.17 semillas por mazorcas, una desviación estándar de 5.89 semillas por mazorcas y un coeficiente de variación de 18.18%, mostrando homogeneidad en el comportamiento de dicha variable entre los árboles, Vega *et al.* (2013), reportaron que las mazorcas de cacao de Waslala, Nicaragua contenían en promedio 39 semillas, con un rango de 20 - 49 unidades.

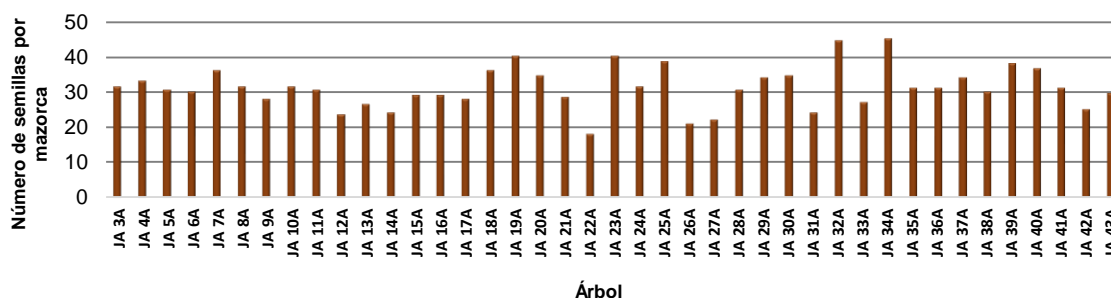


Figura 3. Número de semillas por mazorca de 41 árboles de cacao criollo caracterizados en Cangrejera, Izalco, Sonsonate, El salvador

3.2.4. Longitud y diámetro de mazorca

El mayor valor de longitud de mazorca lo presentó el árbol JA 23A con 24.50 cm; el árbol JA 12A presento el menor valor con 11.04 cm (Figura 4), los demás árboles mostraron mazorcas con longitudes entre 11.10 a 22.70 cm. En esta variable se encontró una correlación positiva significativa de $r = 0.58$ con la variable peso de mazorca, lo que significa que si la longitud de la mazorca aumenta, el peso de mazorca aumenta. De los 41 árboles se obtuvo una longitud promedio de mazorca de 16.35 cm, una desviación estándar de 3.23 cm y un coeficiente de variación de 19.78%, esto quiere decir que existe homogeneidad en dicha variable. El promedio encontrado es cercano al valor promedio reportado por Quiroz y Soria (1994), donde las mazorcas del germoplasma nacional caracterizados en Ecuador poseen un promedio de 16.68 cm. En relación con las longitudes máximas y mínimas, bastante similares a los

reportados por Vargas (1995), donde la mayor longitud de mazorca en el CCAT se registró en el árbol 004 con 20 cm y la menor longitud la presentó el 126 con 11.17 cm.

El mayor valor de diámetro lo presentaron las mazorcas del árbol JA 28A con 10 cm y el menor valor las mazorcas del árbol JA 9A con 6.83 cm (Figura 4), los demás árboles mostraron mazorcas con diámetros entre 6.85 a 9.81 cm. Esta variable mostró una alta correlación positiva significativa de $r= 0.73$ con la variable peso de mazorca, que significa que si el diámetro de la mazorca aumenta, el peso de la mazorca aumenta en el mismo sentido. El promedio obtenido fue de 7.99 cm, una desviación de 0.78 cm y un coeficiente de variación de 9.76%, esto quiere decir que existe una alta homogeneidad en dicha variable entre los árboles. Los resultados coinciden con los mencionados por Ayesta Villega (2009) en Nicaragua, donde el diámetro de la mazorca varió de 6.77 cm para el árbol ID-269 a 11.83 cm en el árbol ID-298, con promedio de 9.1 cm.

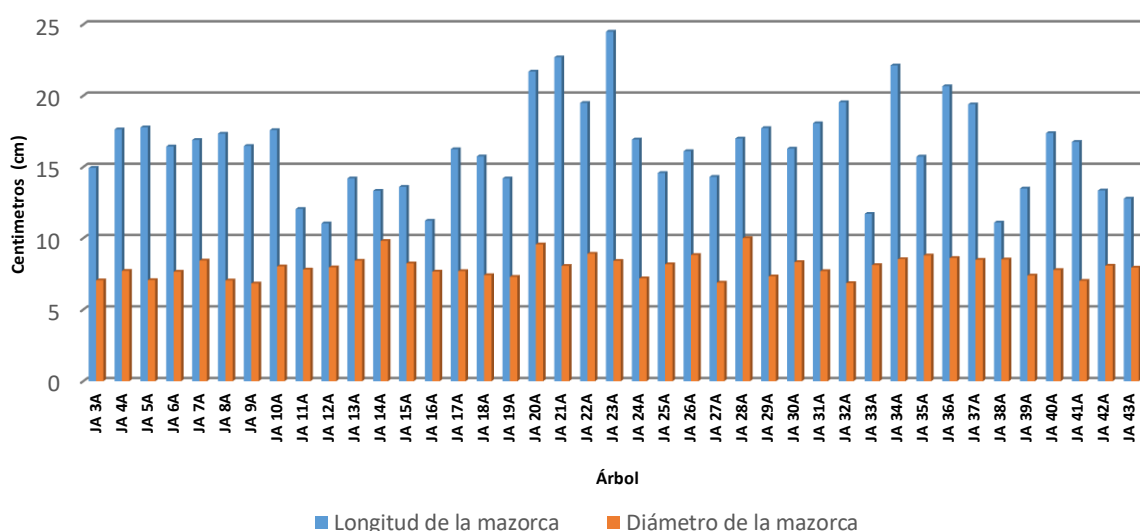


Figura 4. Largo y diámetro de mazorca de los 41 árboles de cacao criollo caracterizados en Cangrejera, Izalco, Sonsonate, El Salvador

3.2.5. Longitud, ancho y grosor de semilla.

Las mazorcas del árbol JA 23A presentaron la mayor longitud de semilla con 3.72 cm y las mazorcas del árbol JA 24A presentaron el menor valor con 1.80 cm (Figura 5), con las mazorcas de los árboles restantes la longitud de semillas varió entre 1.81 y 2.48 cm. El promedio de la longitud de semilla fue 2.22 cm, una desviación de 0.31 cm y un coeficiente de variación de 14.13%, esto indica que al analizar esta variable su comportamiento fue homogéneo.

Ayesta Villega (2009) en Nicaragua, en su investigación expresa que la longitud de la semilla varió de 2 cm para el árbol ID-337 a 4 cm en el árbol ID-298, con un promedio de 2.7 cm, similar al promedio obtenido.

Las mazorcas del árbol JA 23A presentaron el mayor ancho de semilla con 2.41 cm y las mazorcas de los árboles JA 6A y JA 13A presentaron el menor valor con 1.05 cm (Figura 5). Las restantes semillas oscilaron entre 1.16 y 1.56 cm. Esta variable mostró una alta correlación positiva de $r= 0.84$ con la variable longitud de semillas, lo que significa que al aumentar el

ancho de semillas, aumentará la longitud de esta en el mismo sentido. Con un promedio de ancho de semilla de 1.32 cm, una desviación estándar de 0.20 cm y un coeficiente de variación de 15.25%, lo que indica que la variable analizada se comportó de manera homogénea. Estos resultados son bastante cercanos a los mencionados por Ayesta Villega (2009) en Nicaragua, quien mostró un promedio de 1.4 cm, con máximo de 2.1 cm en el árbol ID-265 y un mínimo de 0.9 cm para el árbol ID-357.

Las mazorcas del árbol JA 23A presentaron el mayor valor de grosor de semilla con 1.14 cm y las mazorcas del árbol JA 6A presentaron el menor valor de grosor de semilla con 0.62 cm (Figura 5). El resto de semillas oscilaron entre 0.69 y 1.01 cm. El promedio de grosor de semilla fue 0.86 cm, una desviación estándar de 0.11 cm y un coeficiente de variación de 12.70%, esto demuestra otra variable que al analizarla, existió homogeneidad en el comportamiento entre los árboles.

Estos resultados se aproximan a los mostrados por Ayesta Villega (2009), donde señala que el espesor de la semilla presentó un valor máximo de 2 cm (ID-108) y un valor mínimo de 0.2 cm (ID-302), el espesor promedio de las semillas fue de 0.9 cm. Además, estos valores coinciden con los de Dostert, *et al.* (2012) quienes explican que las semillas de cacao muestreadas son café-rojizas, ovadas, ligeramente comprimidas y miden de 20 a 30 mm de largo, 12 -16 mm de ancho y 7 -12 mm de grosor.

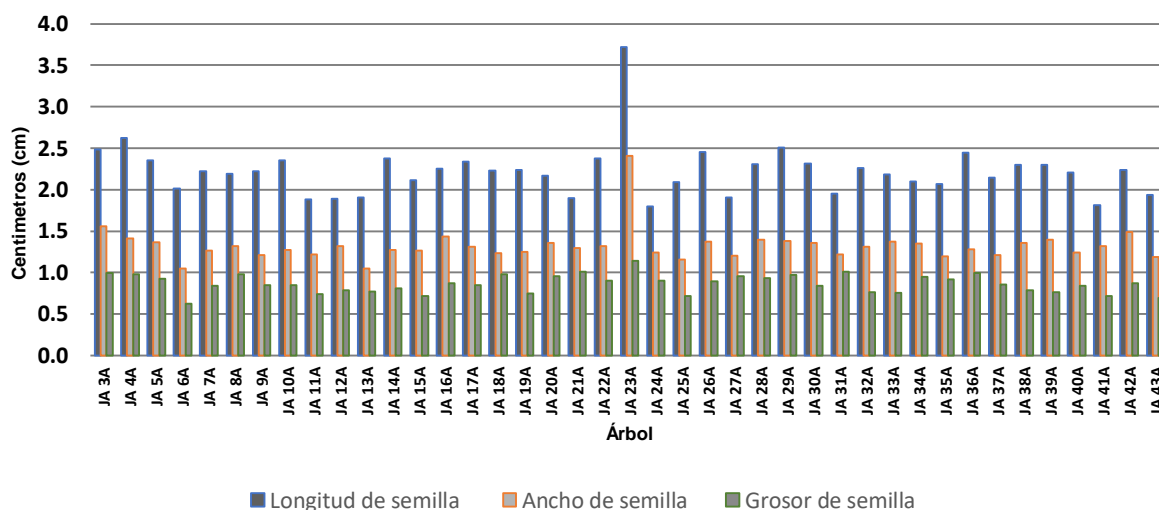


Figura 5. Longitud, ancho y grosor de semillas de 41 árboles de cacao criollo caracterizados en Cangrejera, Izalco, Sonsonate, El Salvador

3.2.6. Peso seco de una semilla

Cuando se evaluó el peso de una semilla se tomó el total de semillas de un fruto y se dividió entre el número de semillas (Figura 6), encontrando que las provenientes del árbol JA 23A reportaron el mayor valor en peso seco de una semilla con 1.53 g y las del árbol JA 3A reportaron el menor valor con 0.59 g, las restantes semillas, su peso varió entre 0.60 y 1.31 g. Esta variable mostró una ligera correlación positiva de $r= 0.54$ con la variable ancho de semillas y una $r= 0.76$ con la variable peso seco de semillas, significando que si aumenta el peso seco de una semilla, aumentará el ancho y peso seco de semillas. El promedio de peso seco de una semilla fue 0.89 g, una desviación estándar de 0.19 g y un coeficiente de variación de 22.04%, esto quiere decir que esta variable es ligeramente heterogénea entre las semillas de los árboles analizados.

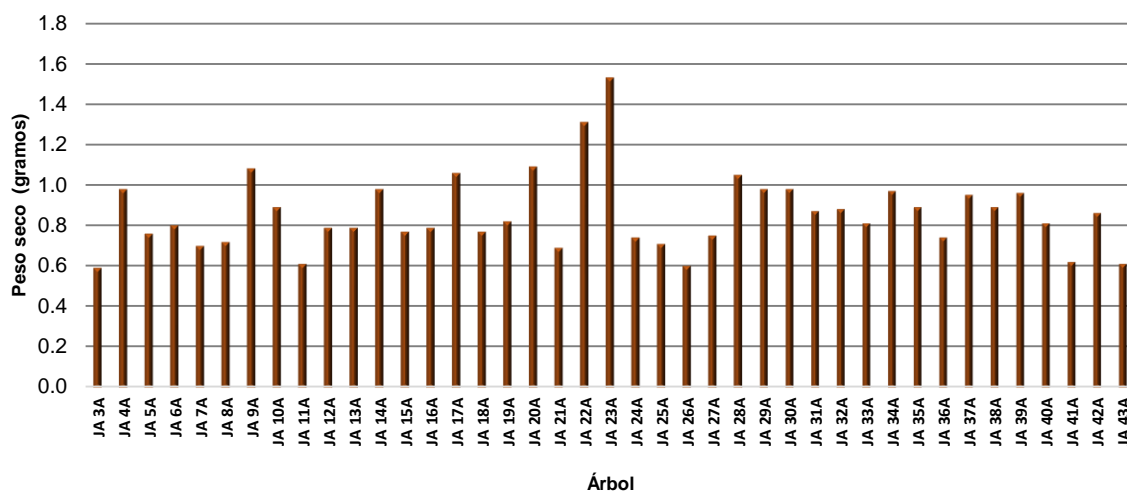


Figura 6. Peso seco por una semilla proveniente de cacao criollo de 41 árboles caracterizados en Cangrejera, Izalco, Sonsonate, El Salvador

3.3. Descripción del análisis bromatológico

3.3.1. Contenido de grasa en las semillas de cacao

Las semillas del árbol JA 33A fue en el que se encontraron las semillas con el mayor contenido de grasa con 56.55% (Figura 7), mientras que el menor contenido de grasa fue para las semillas del árbol JA 19A con 29.65%. En el resto de semillas el contenido de grasa varió entre 30.70% y 50.17%; el contenido promedio de grasa en las semillas de los 41 árboles fue 43.39%, una desviación estándar de 7.26% y un coeficiente de variación de 16.71%, lo que implica que existe homogeneidad en las muestras de semilla de los diferentes árboles. Enríquez (1994), citado por Vicencio Jácome (2001) destaca que uno de los factores más importantes en términos comerciales es el porcentaje de grasa en el grano, y que el alto nivel de grasa podría interferir en el proceso normal de fermentación, haciéndolo más largo. El tipo forastero tiene un porcentaje de grasa entre 40 a 60%, mientras que el cacao criollo conocido como fino de aroma tiene un porcentaje de 25 a 50%, en los resultados que se presentan en esta investigación se reporta que 34 de los árboles caracterizados se asemejan a los criollos, porque presentaron semillas con porcentajes de grasa menores al 50% y los árboles JA 4A, JA 10A, JA 12A, JA 26A, JA 29A, JA 33A, JA 37A, presentaron 54.74%, 52.45%, 53.12%, 52.05%, 53.47%, 56.55%, 54.44% respectivamente, característico del tipo forastero.

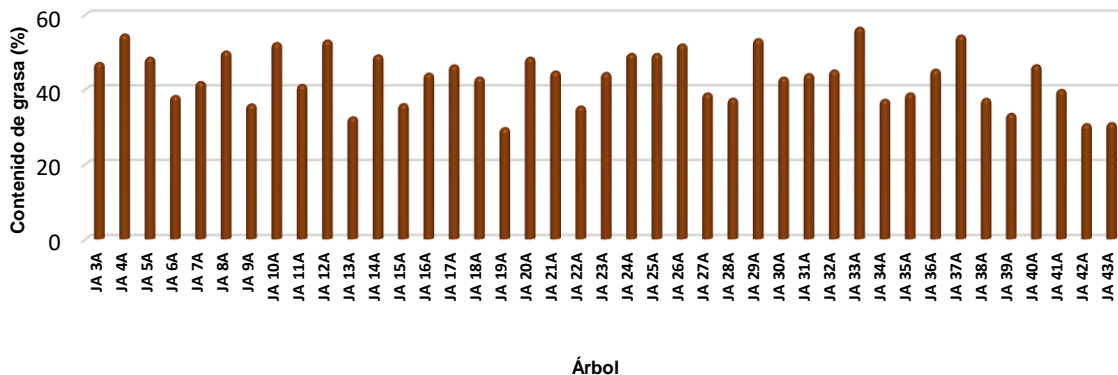


Figura 7. Contenido de grasa en la semilla proveniente de 41 árboles de cacao criollo caracterizados en Cangrejera, Izalco, Sonsonate, El Salvador

3.3.2. Contenido de proteína cruda de cacao

Las semillas del árbol JA 28A presentaron el mayor contenido de proteína cruda con 17.15%, mientras que el menor valor lo presentaron las semillas del árbol JA 3A con 5.61% (Figura 8). En el resto de los árboles las semillas presentaron contenidos de proteína cruda entre 7.85% y 16.65%. El contenido promedio de proteína cruda en las semillas de los 41 árboles fue 11.59%, una desviación estándar de 2.64% y un coeficiente de variación de 28.80%, lo que implica que existe comportamiento heterogéneo en el contenido de proteína cruda de sus semillas proveniente de los diferentes árboles. También esta variable mostró una alta correlación negativa con las variables contenido de potasio con $r = -0.75$, indicando que al aumentar el potasio disminuye la proteína al menos en este estudio, no significando un patrón de comportamiento en ambas variables.

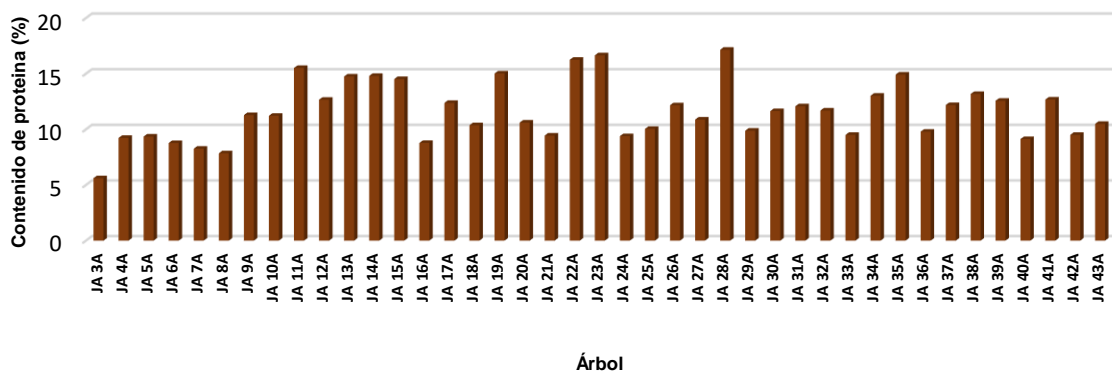


Figura 8. Contenido de proteína cruda en la semilla proveniente de cacao criollo de los 41 árboles caracterizados en Cangrejera, Izalco, Sonsonate, El Salvador

3.3.3. Contenido de ceniza

Las semillas del árbol JA 3A presentaron el mayor valor de ceniza con 7.14%, mientras que el menor valor lo presentaron las semillas del árbol JA 38A con 3.44% (Figura 9). En el resto de árboles el contenido de ceniza de las semillas varió entre 3.39% y 6.69%. El contenido promedio de ceniza en las semillas de los 41 árboles fue 5.04%, una desviación estándar de 2.64% y un coeficiente de variación de 28.80%, lo que implica que existe comportamiento heterogéneo en los contenidos de ceniza de las semillas en los árboles. Esta variable mostró una correlación negativa de $r = -0.75$ con la variable proteína cruda y una $r = -0.54$ con la variable fibra cruda, lo anterior tiene concordancia debido a que el contenido de ceniza son el residuo inorgánico que queda tras eliminar totalmente los compuestos orgánicos existente en la muestra (proteína cruda y fibra cruda). Enríquez (1994), citado por Vicencio Jácome (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 trinitario con menos de 2.5% de ceniza del criollo fino de aroma con porcentajes superiores al 3%. Esto nos hace confiar que entre los 41 árboles caracterizados, sus atributos se asemejan mucho a los cacaos criollos de aroma fino, ya que todos reportaron valores superiores al 3%.

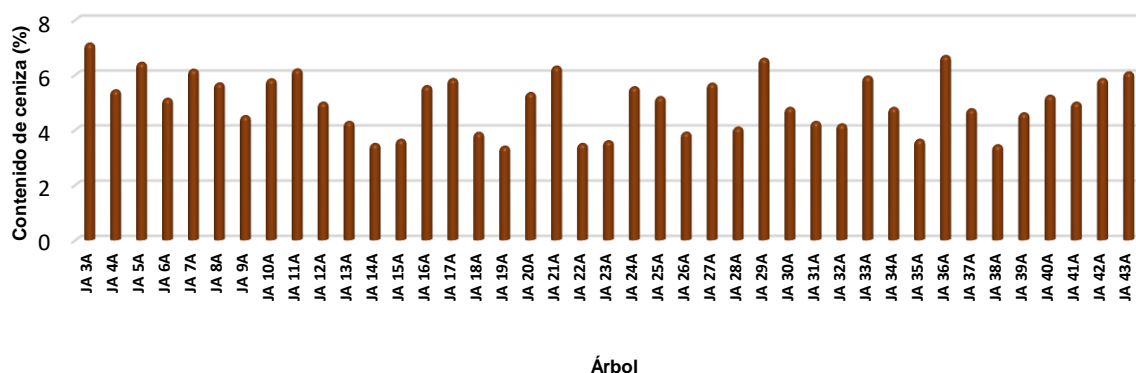


Figura 9. Contenido de ceniza en la semilla proveniente de cacao criollo de los 41 árboles caracterizados en Cangrejera, Izalco, Sonsonate, El Salvador

3.3.4. Contenido de calcio

Las semillas del árbol JA 6A presentaron el mayor contenido de calcio con 2.19 mg L^{-1} , mientras que el menor contenido lo presentaron las semillas del árbol JA 16A con 0.30 mg L^{-1} (Figura 10). En el resto de árboles el contenido de calcio en sus semillas varió entre 0.40 y 1.60 mg L^{-1} . El contenido promedio de calcio en las semillas de los 41 árboles fue 0.71 mg L^{-1} , una desviación estándar de 0.33 mg L^{-1} y un coeficiente de variación de 46.91%, encontrando alta heterogeneidad de la variable, respecto a su procedencia. Según UNICEF (2004), citado por Cote Flores y Jiménez Betacourt (2005), el contenido de macronutrientes como vitaminas y minerales es indispensable para los diferentes procesos bioquímicos y metabólicos del organismo y en consecuencia para el buen funcionamiento del cuerpo humano, siendo el calcio el catión más abundante del organismo, representa el 2.24% del peso corporal libre de grasa y junto con el fósforo son los principales constituyentes del esqueleto; ambos forman la hidroxipatita presente en los huesos.

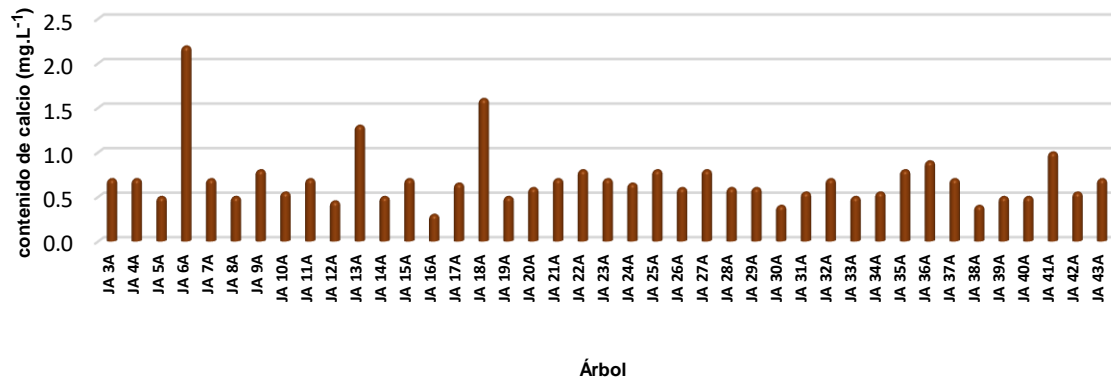


Figura 10. Contenido de calcio en la semilla proveniente de cacao criollo de los 41 árboles caracterizados en Cangrejera, Izalco, Sonsonate, El Salvador

3.3.5. Contenido de fósforo

Las semillas de los árboles JA 6A, JA 10A y JA 41A presentaron el mayor contenido de fósforo con 0.34 mg L^{-1} (Figura 11), mientras que el menor contenido lo presentaron las semillas del árbol JA 24A con 0.04 mg L^{-1} . En el resto de árboles el contenido de fósforo en las semillas osciló entre 0.20 y 0.35 mg L^{-1} . El contenido promedio de fósforo en las semillas de los 41 árboles fue de 0.28 mg L^{-1} , una desviación estándar de 0.05 mg L^{-1} y un coeficiente de variación de 19.13% , encontrando homogeneidad de la variable, en sus diferentes muestras analizadas.

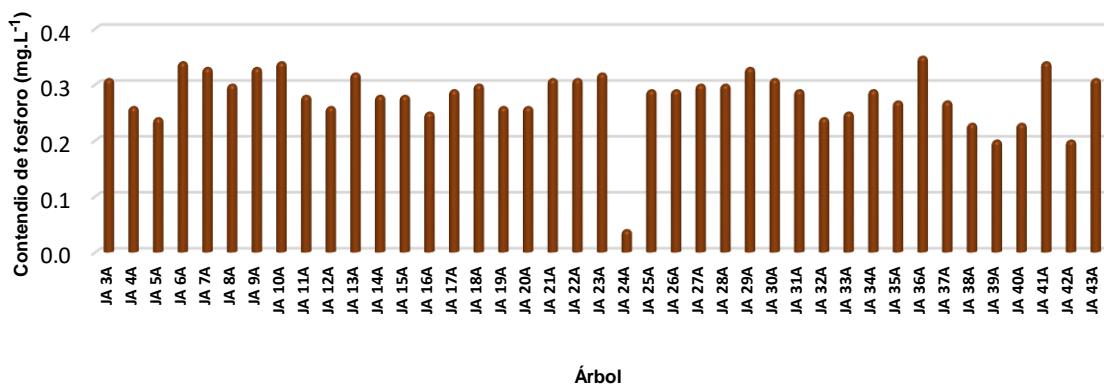


Figura 11. Contenido de fosforo en la semilla proveniente de cacao criollo de los 41 árboles caracterizados en Cangrejera, Izalco, Sonsonate, El Salvador

3.3.6. Contenido de potasio.

Las semillas del árbol JA 3A presentaron el mayor contenido de potasio con 18.82 mg L⁻¹, mientras que el menor contenido lo presentaron las semillas del árbol JA 22A con 9.48 mg L⁻¹ (Figura 12). En el resto de árboles el contenido de potasio en las semillas osciló entre 10.47 y 17.57 mg L⁻¹. El contenido promedio de potasio en las semillas de los 41 árboles fue de 13.57 mg L⁻¹, una desviación estándar de 2.33 mg L⁻¹ y un coeficiente de variación de 17.17%, lo que implica que existe un comportamiento homogénea en los análisis de las semilla de los diferentes árboles. Esta variable mostró una correlación negativa significativa de $r = -0.75$ con la variable proteína cruda; una $r = -0.50$ con la variable fibra cruda y una $r = -0.56$ con la variable peso seco de una semilla. Lo que significa que al aumentar el contenido de potasio, disminuye la proteína cruda y el peso seco de una semilla.

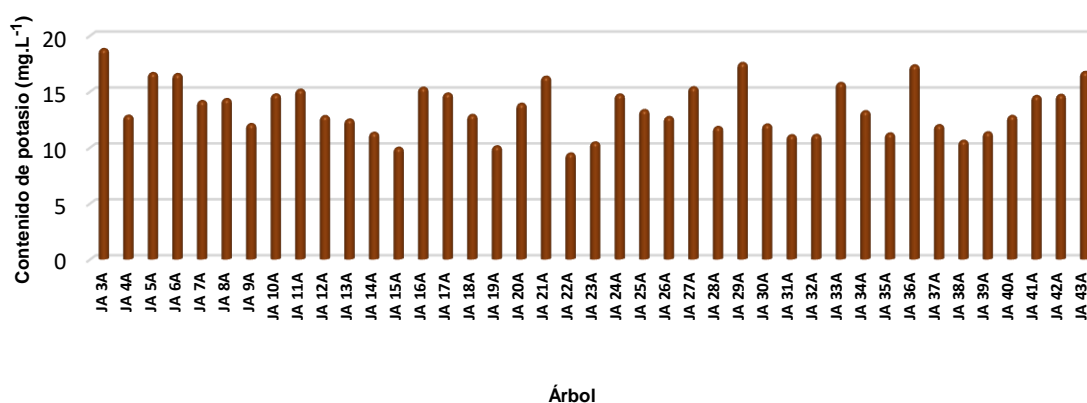


Figura 12. Contenido de potasio en la semilla de cacao criollo de los 41 árboles caracterizados en Cangrejera, Izalco, Sonosonate, El Salvador

3.4. Análisis factorial mediante el método de componentes principales

El análisis de componentes principales es una técnica estadística multivariante muy importante y de gran relevancia en el estudio de caracterización, ya que tiene como finalidad identificar cuáles son las variables que presentan mayor asociación e influyen sobre el resto y determinar cuáles son las que ejercen menor influencia. Para dicho análisis se incorporaron 41 árboles y 33 descriptores cuantitativos sujetos del análisis descriptivo.

En el cuadro 2, se muestran las comunalidades de los descriptores involucrados, una comunalidad de una variable es la proporción de la varianza que puede ser explicada por el modelo factorial obtenido. Los resultados indican que el descriptor de número de flores por cojinete floral, es la peor explicada, ya que el modelo factorial solo es capaz de reproducir el 75.30% de su variable original.

Además, se observó que la calidad de representación de los descriptores en el plano factorial es importante, porque el resto de los descriptores involucrados oscilaron de 75.38% para el caso de altura del árbol a 96.76 % correspondiente del peso seco de semilla; determinándose de manera general que los 32 descriptores restantes están bien representados en el plano factorial; por lo tanto, buena parte de las varianzas, producto de los descriptores, son aplicadas por el modelo factorial obtenido.

Cuadro 2. Comunalidades de los descriptores cuantitativos de cacao.

Sección	Variables	Inicial	Extracción	Porcentaje (%)
Árbol	Altura del árbol (m)	1	0.75	75.38
	Diámetro a altura del pecho (cm)	1	0.81	81.16
	Número de chupones por árbol	1	0.75	74.56
	Número de frutos	1	0.77	76.70
Hoja	Largo de la hoja (cm)	1	0.85	84.89
	Ancho de la hoja (cm)	1	0.87	87.24
Flor	Número de flores por cojinete floral	1	0.75	75.30
	Número de cojinetes florales por metro lineal	1	0.76	76.13
	Longitud de sépalo (mm)	1	0.79	79.10
	Ancho de sépalo (mm)	1	0.76	75.52
	Longitud de estaminodios (mm)	1	0.80	80.44
	Largo del ovario (mm)	1	0.86	86.21
	Ancho del ovario (mm)	1	0.82	82.11
	Número de óvulos por ovario	1	0.89	88.52
	Longitud del estilo del ovario en (mm)	1	0.81	80.81
Fruto	Peso de fruto (g)	1	0.92	92.21
	Longitud del fruto (cm)	1	0.84	83.85
	Diámetro del fruto (cm)	1	0.89	89.23
	Altura de caballete (cm)	1	0.89	88.80
	Grosor de cáscara (cm)	1	0.90	90.39
	Profundidad de surco (cm)	1	0.79	79.21
	Peso de mucílago incluyendo la placenta (g)	1	0.73	72.91
	Peso de cáscara sin mucílago (g)	1	0.92	92.11
	Número de semilla por fruto	1	0.94	94.02
		Índice de mazorca	1	0.95
Semilla	Largo de semilla en (cm)	1	0.91	90.60
	Ancho de semilla en (cm)	1	0.93	92.99
	Grosor de semilla en (cm)	1	0.86	86.05
	Peso fresco de semilla (g)	1	0.93	93.00
	peso seco de semilla (g)	1	0.97	96.76
	Peso seco de una semilla (g)	1	0.94	94.03
	Índice de semilla (100 g)	1	0.95	95.36
		Número de semilla.kg ⁻¹	1	0.95
Bromatológico	Grasa (%)	1	0.82	81.79
	Proteína cruda (%)	1	0.89	89.86
	Fibra cruda (%)	1	0.89	88.49
	Ceniza (%)	1	0.78	78.48
	Carbohidratos (%)	1	0.88	87.89
	Calcio (mg.L ⁻¹)	1	0.88	87.64
	Fosforo (mg.L ⁻¹)	1	0.83	82.60
	Potasio (mg.L ⁻¹)	1	0.89	89.06
	pH	1	0.83	83.46
		Grados brix	1	0.83

Fuente: Método de extracción, análisis de comunalidades

3.4.1. Análisis de componentes principales y variables que influyeron en la formación de estos

En la figura 13 se observa que los primeros 14 componentes expresan la variabilidad existente total en la especie con 84.99% de confiabilidad, de igual manera a través de los autovalores iniciales que presentaron un valor menor que uno a partir del componente 14 (el criterio de selección indica que valores menores que uno, no indican variabilidad y por lo tanto su comportamiento es homogéneo). También se aprecia el corte y la formación de un ángulo de 45° justamente sobre el componente 14, donde al menos participa una característica de la varianza total.

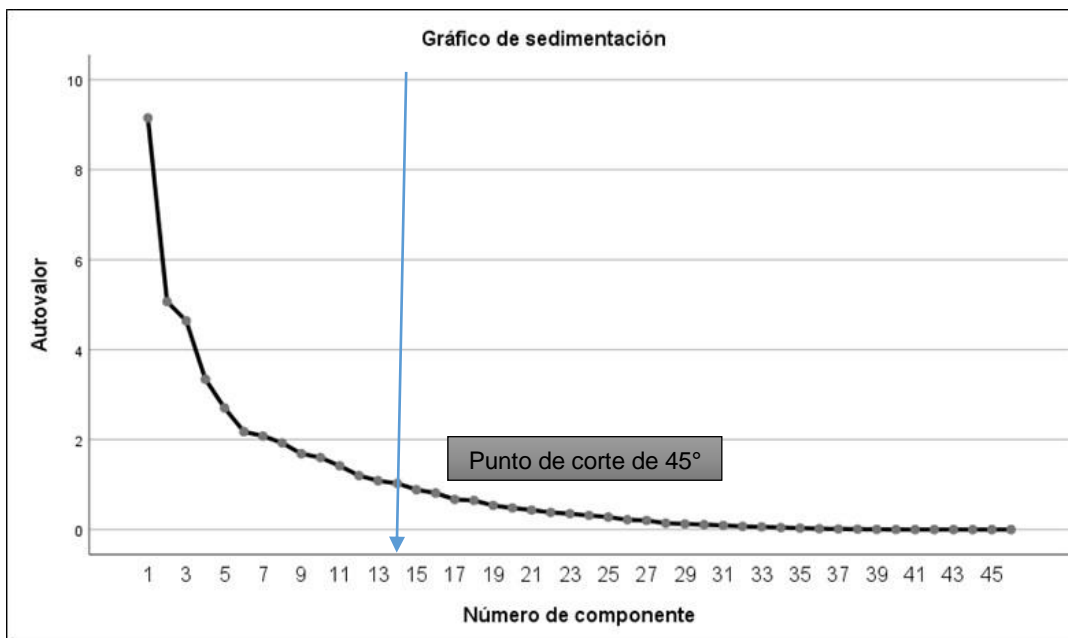


Figura 13. Proporción de la varianza explicada por cada componente principal en la caracterización de árboles de cacao en cangrejera, Izalco, Sonsonate El Salvador

3.5. Análisis de conglomerados

El conglomerado 1. Está formado por los árboles: JA 3A, JA 11A, JA 41A y JA 43A; estos materiales fueron influenciados por las variables potasio (mg. L^{-1}), ceniza (%), proteína cruda (%), índice de semilla, número de semilla. kg^{-1} y peso seco de una semilla (g). Este grupo se caracterizó por presentar los valores más altos en las siguientes variables: potasio (JA 3A); ceniza (JA 3A); proteína (JA 3A); índice de semilla (JA 3A) y número de semilla por kilogramo (JA 3A), el coeficiente de variación promedio para este grupo fue de 20.39%. Este conglomerado responde a características asociadas al fruto, específicamente a características propias de las semillas.

Conglomerado 2. Está formado por los árboles: JA 4A, JA 14A y JA 17A, JA 28A, JA 29A, dichos árboles fueron influenciados por las variables, peso de cáscara sin mucílago (g) grosor de cáscara (cm), altura de caballete (cm), peso de fruto (g) y diámetro del fruto (cm). Este grupo se caracterizó por presentar los valores más altos en las siguientes variables: peso de cáscara sin mucílago (JA 28A); altura de caballete (JA 28A); peso de fruto (JA 28A) y diámetro del fruto (JA 28A). el coeficiente de variación promedio para este grupo fue de 26.90%. Este conglomerado responde a características propias de la mazorca.

Conglomerado 3. Está formado por los árboles: JA 5A, JA 16A, JA 19A y JA 27A, dichos árboles fueron influenciados por las variables número de semillas por fruto, número de óvulos por ovario, índice de mazorca, peso fresco de semillas (g), peso seco de semillas (g). El coeficiente de variación promedio para este grupo fue de 30.71%. Este conglomerado responde a características asociadas a la mazorca y flor.

Conglomerado 4. Está formado por los árboles: JA 6A, JA 12A, JA 13A y JA 15A y JA 18A, JA 31A, JA 33A Y JA 40A. dichos árboles fueron influenciados por las variables peso seco de una semilla (g), peso fresco de semillas (g), longitud de la semilla (cm), ancho de la semilla (cm), grosor de la semilla (cm). El coeficiente de variación promedio para este grupo fue de 19.82%. Este conglomerado está representado por características asociadas a la mazorca.

Conglomerado 5. Está formado por los árboles: JA 7A y JA 36A, siendo influenciados por la variable largo de la hoja (cm), ancho de la hoja (cm), ancho de sépalo (mm), longitud del estilo del ovario (mm), ancho del ovario (mm). Este grupo se caracterizó por presentar los valores más altos en las siguientes variables: ancho de sépalo (JA 7A). El coeficiente de variación promedio para este grupo fue de 14.91%. Este conglomerado está representado por variables asociadas a la hoja y la flor.

Conglomerado 6. Está formado por los árboles: JA 8A, JA 24A y JA 25A. influenciados por la variable ancho de la hoja (cm), diámetro a la altura del pecho (cm), longitud de sépalo (mm), altura del árbol (m). Este grupo se caracterizó por presentar los valores más altos en las siguientes variables: altura del árbol (JA 24A y JA 25A). El coeficiente de variación promedio para este grupo fue de 17.58%. Este conglomerado está representado por variables asociadas a la hoja, árbol y flor.

Conglomerado 7. Está formado por los árboles: JA 9A, JA 32A y JA 39A. influenciado por las variables: fibra cruda (%) y grasa (%). El coeficiente de variación promedio para este grupo fue de 26.86%. Este conglomerado está representado por variables asociadas al fruto en específico a las semillas.

Conglomerado 8. Está formado por los árboles: JA 10A, JA 35A, JA 37A y JA 38A. influenciado por las variables: profundidad de surco de la mazorca (cm). El coeficiente de variación promedio para este grupo fue de 45.99%. Este conglomerado está representado por variables asociadas a la mazorca.

Conglomerado 9. Está formado por el árbol: JA 20A, y JA 34A. Influenciado por la variable calcio (mg. L^{-1}), fosforo (mg. L^{-1}). El coeficiente de variación promedio para este grupo fue de 33.02%. Este conglomerado está representado por variables asociadas al fruto en específico a las semillas.

Conglomerado 10. Está formado por el árbol: JA 21A. Influenciado por la variable: humedad total (%). El coeficiente de variación promedio fue de 72.28%. Este conglomerado está representado por variables asociadas a la mazorca en específico a las semillas.

Conglomerado 11. Está formado por el árbol: JA 22A. Influenciado por las variables: número de cojinetes florales por metro lineal y pH del mucílago. El coeficiente de variación promedio fue de 23.72%. Este conglomerado está representado por variables asociadas al árbol y mazorca en específico a las semillas.

Conglomerado 12. Está formado por el árbol: JA 23A. Influenciado por la variable número de chupones por árbol y pH del mucílago. El coeficiente de variación promedio fue de 120.98%. Este conglomerado está representado por variables asociadas al árbol y mazorca en específico a las semillas.

Conglomerado 13. Está formado por el árbol: JA 26A. Influenciado por la variable grados brix del mucílago. El coeficiente de variación promedio fue de 18.74%. Este conglomerado está representado por variables asociadas a la mazorca en específico a las semillas.

Conglomerado 14. Está formado por el árbol: JA 28A. Influenciado por la variable número de mazorcas. El coeficiente de variación promedio fue de 51.72%. Este conglomerado está representado por variables asociadas a la mazorca.

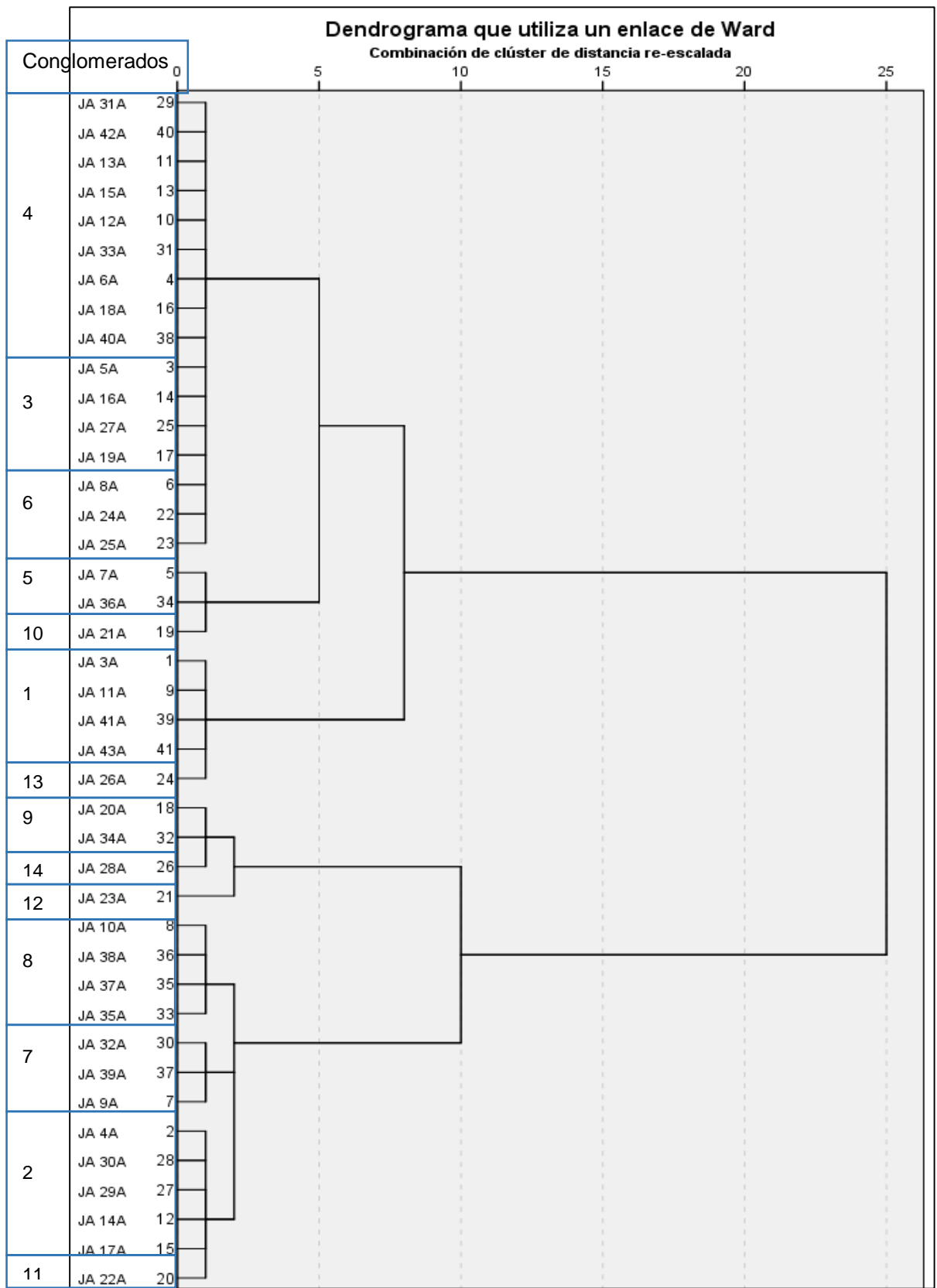


Figura 14. Dendrograma de distancias entre variables cuantitativas provenientes de los 41 árboles de cacao criollo caracterizados en Cangrejera, Izalco, Sonsonate, El Salvador

CONCLUSIONES

- Se cuenta con los primeros 41 árboles de cacao en la finca del productor caracterizados morfoagronómicamente, colectados en Cantón Cangrejera municipio de Izalco, Departamento de Sonsonate, El Salvador, demostrando la presencia de alta variabilidad genética confirmada por la formación de 14 conglomerados con una alta heterogeneidad entre grupos y homogeneidad en los subgrupos basada en el ordenamiento de los descriptores.
- La mayoría de las variables cuantitativas presentaron un coeficiente muy homogéneo, indicando una alta confiabilidad en la información recolectada y los análisis realizados, probablemente al origen de la mayoría de árboles caracterizados que fueron seleccionados por el productor y propagados por semillas. Generando diferencias entre ellos debido a la segregación genética.
- Se encontraron 12 árboles con almendras de color total y parcialmente blanca (JA 3A, JA 5A, JA 6A, JA 9A, JA 11A, JA 12A, JA 21A, JA 25A, JA 32A, JA 33A, JA 41A, JA 43A) clasificándolos preliminarmente como criollos y el resto (29 árboles) con almendras en tonalidades de violeta a completamente morado, demostrando que su origen en su mayoría es trinitario.
- Los mayores valores relación al contenido de grasa, para los 41 materiales caracterizados fueron, JA 4A, JA 10A, JA 12A, JA 26A, JA 29A, JA 33A, JA 37A, donde indica que esta arriba del 50% de grasa, considerado como germoplasma de interés para la agroindustria.

RECOMENDACIONES

- Continuar la prospección y colecta de germoplasma en el ámbito nacional, estableciendo bancos de germoplasma y jardines clonales, con el objetivo de propagarlos masivamente en sistemas de producción de cacao en apoyo a los agricultores y programas de mejoramiento genético.
- Se recomienda la propagación vegetativa del germoplasma caracterizado con mejores atributos de rendimiento y calidad.
- Realizar una caracterización molecular para poder conocer el porcentaje de características de cacao criollo que tiene cada árbol de la finca del productor.

BIBLIOGRAFÍA

- (AOAC) Association Of Official. Analytical Chemistry. 1970.** Official Analytical Chemists. 11 th. Ed. Whington DC. Published By. The Association oficial chemists 70 p.
- Ayesta Villega, ED. 2009.** Caracterización morfológica de cien árboles promisorios de *Theobroma cacao* L. en Waslala, RAAN. Tesis. Ing. A. Managua, NI, UNA. 58 P.
- Bartley D. 1989.** Manejo de Germoplasma de Cacao (en línea). Turrialba. IICA. Consultado 10 oct. 2018. Disponible en <https://books.google.com.sv/books?id=wbdCxx->
- CENTA (Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal). 2018.** Cacao Diversidad de El Salvador Ministerio de Agricultura y Ganadería. 102 p.
- Choussy, F. 1950.** Economía Agrícola Salvadoreña, volumen XVIII, p 75-84, San Salvador, El Salvador.
- Cote Flóres, MS; Jiménez Betacourt, JH. 2005.** Caracterización de Clones de Cacao Promisorios con énfasis en el contenido de micronutrientes. Tesis MSc. Química. Universidad industrial de Santander, Facultad de Fisicoquímicas Escuela de Ingeniería Química Bucaramanga. Colombia. 102 p.
- CRS (Catholic Relief Services, El Salvador). 2014.** Estrategia de Trabajo de la Alianza Cacao El Salvador. San Salvador. 41 p.
- Dostert, N; Roque, J; Cano, A; Torre, M y Weigend, M. 2012.** Hoja Botánica: Cacao. Trad Luebert, F. Lima, Perú. GmbH. 19 p.
- Duarte Hernández, D. 2014.** Caracterización morfoagronómica de 26 materiales regionales e introducidos de cacao (*Theobroma cacao* L.) en San Vicente Chucuri, Santander. Tesis. Ing. A. CO. UFPS. 139 p.
- Dubón, A. y Sánchez, J. 2011.** Manual de producción de cacao. Lima, Cortéz, Honduras. FHIA. 208 p.
- García Carrión, LF. 2012.** Catálogo de cultivares del cacao del Perú (en línea). Lima, PE. Consultada 15 oct. 2013. Disponible en http://www.regionhuanuco.gob.pe/grde/.../cultivares_2012.pdf.
- IICA (Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas). 1957.** Manual del cultivo de cacao. Turrialba, CR. OEA. 233p.
- INIA (Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas). 1980.** Descriptor de Caracteres Morfológicos en Cacao. Campo Experimental de San Juan Lagunillas-Mérida. Venezuela. Basado en Engels.
- INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícola y Pecuaria). 2014.** Manual grafico de descriptores varetales de cacao (*Theobroma cacao* L). Chiapas, México. 72p.

Medina, ZC. 1950. Informe final sobre el cultivo del cacao. Tesis especialista en cacao. Costa Rica. Turrialba. 40 p.

Quiroz, J; Soria, J. 1994. Caracterización Fenotípica del cacao Nacional de Ecuador. Ecuador. INIAP. 125p

Phillips, W. 2012. Cacao Cultura Moderna. CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigaciones y Enseñanzas). Turrialba, Costa Rica. 68p.

Sari, Al; Susilo, AW. 2011. Indikasi Pengaruh Xenia pada Tanaman Kakao (Theobroma cacao L.). (en línea). Pelita Perkebunan 27(3), 181-190. Consultado 24 jul.2016. Disponible en <https://www.ccrjournal.com/index.php/ccrj/article/download/155/pdf>.

Vargas, T. 1995. Caracterización Fenotípica de cacao nacional de la colección la Buseta de la zona de Tenguel. Tesis. Ing. A. Guayaquil, EC. Universidad Agraria del Ecuador. 38p.

Vega, C; Munguia, R; Astorga C; Orosco, L; Ayesta, E. 2013. Caracterización de árboles promisorios de cacao en fincas orgánicas de Waslala. Nicaragua. 25p

Vicencio Jácome, AV. 2001. Caracterización química del nivel de fermentación y estudio de los parámetros de calidad del cacao (Theobroma cacao L.). Quito, EC. 2ed. INIAP. 75p.