

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS

DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN

Código: AI-1804

Título de investigación:

Caracterización morfoagronómica del cacao (*Theobroma cacao* L.) y su incidencia en la selección de germoplasma promisorio en áreas de presencia natural en El Salvador.

Título a obtener:

Ingeniero Agrónomo

Autores:

Nombres	Teléfono	E.mail	Firma
José Alexander López Hernández	7756 – 0106	barca_alexto@yahoo.com	
Fredy Noé Ortiz Mejía	7967 – 0063	ofredynoe@yahoo.com	

Nombres	Lugar de trabajo	Teléfono – E. mail	Firma
Ing. Agr. M.Sc. Fidel Ángel Parada Berrios	Universidad de El Salvador, Departamento de Fitotecnia. Final 25 Avenida Norte, San Salvador	7795-6408 faparadaberrios@yahoo.com	
Dr. Francisco Lara Ascencio	Universidad de El Salvador, Departamento de Protección Vegatal. Final 25 Avenida Norte, San Salvador	7071 – 0101 fcolaraa@yahoo.es	

Datos de los docentes directores:

Visto bueno:

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

Título: Caracterización Morfoagronómica del cacao (*Theobroma cacao* L.) y su incidencia en la selección de germoplasma promisorio en áreas de presencia natural en El Salvador. López-Hernández, JA¹; Ortiz-Mejía, FN²; Parada-Berrios, FA³; Lara-Ascencio, F⁴.

RESUMEN

Se realizó un proceso de caracterización morfoagronómica, entre el periodo de octubre 2013 a junio 2014, iniciando colectas de frutos y material vegetativo de cacao en áreas de presencia natural de la especie. En El Salvador el cultivo de cacao, se está proyectando con un buen potencial, constituyendo principalmente una oportunidad para el desarrollo económico de productores interesados en este cultivo. El objetivo fue identificar, *in situ* árboles para la caracterización morfoagronómica, por lo que se utilizó descriptores adaptados al catálogo de cultivares de cacao del Perú, CATIE, y FEDECACAO. Se identificaron zonas con presencia de la especie, distribuidos en diferentes municipios de El Salvador, entre ellos: Caluco, Sonsonate; El Salitre, Ciudad Delgado, Planes de Renderos, San Salvador; Tenancingo, Cuscatlán; San Pedro Nonualco, Santa María Ostuma, La Paz; Ciudad Victoria, Cabañas y Jucuapa, Usulután. Se Caracterizaron 21 árboles, cada uno con sus respectivos atributos cualitativos y cuantitativos como: altura del árbol, forma y tamaño de hojas, frutos, semillas y flores. Cada árbol muestreado, fue georeferenciado, con el fin de ubicarlo y generar el mapa de distribución de los mismos. En el laboratorio de Química Agrícola de la Facultad de Ciencias Agronómicas, UES, se realizó análisis bromatológicos a las muestras, determinando: Grasa, Proteína, Ceniza, Hierro, Zinc, Humedad Total, Humedad Parcial; además pérdida de H₂O y Materia Seca. Como resultados de esta investigación, se cuenta con 21 clones con atributos sobresalientes, los mayores porcentajes de grasa lo obtuvieron los árboles: UES-PDP-19, con 56.4%; UES-SPN-7 con 50.67% y UES-SPN-8 con 50.29%; y los mayores porcentajes de proteína se identificaron para los árboles, UES-SLT-16, con 27.38%; UES-TNG-18, con 23.36%; y UES-SAL-3 con 21.31%; además al ejecutar el análisis multivariado en los 21 árboles de cacao se encontraron ocho grupos los cuales muestran homogeneidad y heterogeneidad y diferencias entre ellos, se observan grupos donde se encontraron árboles con características más relevantes como peso, longitud de fruto y peso de la semilla en los árbol UES-SPN-7, UES-SPN-8, UES-SPN-9; y el árbol UES-JCP-21, donde los descriptores que más influyeron fueron peso de fruto, diámetro de semilla y principalmente la grasa, por tanto, es importantes hacer programas de producción y mejoramiento genético con características deseables para la preservación de estos materiales.

1. Estudiantes tesistas de la Facultad de Ciencia Agronómicas, Universidad de El Salvador (UES). E-mail barca_alexto@yahoo.com; ofredynoe@yahoo.com
2. Docente asesor del departamento de Fitotecnia, Facultad de Ciencias Agronómicas, UES. E – mail faparadaberrios@yahoo.com
3. Docente asesor del departamento de Protección Vegetal, Facultad de Ciencias Agronómicas, UES. E – mail fcolaraa@yahoo.es
4. Docente asesor del departamento de Química Agrícola, Facultad de Ciencias Agronómicas, UES. E – mail yani_linares@hotmail.com

Title: Morphagronomic characterization of cocoa (*Theobroma cacao L.*) and its incidence in the selection of promising germplasm in natural presence areas in El Salvador. López-Hernández, JA¹; Ortiz-Mejía, FN²; Parada-Berrios, FA³; Lara-Ascencio, F⁴.

ABSTRACT

In El Salvador the cultivation of cacao is being prospected with a good genetic potential in the national and international scope, constituting an opportunity for the economic development of producers interested in this crop; For that reason a process of morphoagronomic characterization of this crop was carried out, between the period of October 2013 to June 2014, Initiating collections of fruits and vegetative material of cacao in areas of natural presence of the species. The objective was to identify, in situ, trees for the morphoagronomic characterization, so that descriptors adapted to the catalog of cultivars of cacao of Peru were used; CATIE; And FEDECACAO, identified areas where the species was present, distributed in different municipalities of El Salvador, among them: Caluco, in Sonsonate; The Saltpeter, Slim City, Render Plans; San Salvador; Tenancingo, Cuscatlán; San Pedro Noualco, Santa Maria Ostuma, La Paz; Ciudad Victoria, Cabañas and Jucuapa, Usulután. 21 accessions were characterized; Each with their respective qualitative and quantitative attributes such as: height of the tree, shape and size of leaves, fruits, seeds and flowers. Each sampled tree was georeferenced, in order to locate it and generate the distribution map of the same at the national level. Also, in the laboratory of Agricultural Chemistry of the Faculty of Agronomic Sciences, was carried out bromatological analyzes to the samples, determining: Fat, Protein, Ash, Iron, Zinc, Total Humidity, Partial Humidity; Besides lost of H₂O and Materia Seca. As results of this research, there are 21 accessions with outstanding attributes, the highest percentage of fat was obtained by the trees: UES-PDP-19, with 56.4%; UES-SPN-7 with 50.67% and UES-SPN-8 with 50.29%; And the highest protein percentages were identified for the accessions, UES-SLT-16, with 27.38%; UES-TNG-18, with 23.36%; And UES-SAL-3 with 21.31%; Parameters that are important when making programs of production, genetic improvement with desirable characteristics and preservation of these materials.

1. Estudiantes tesistas de la Facultad de Ciencia Agronómicas, Universidad de El Salvador (UES).E-mail barca_alexto@yahoo.com; ofredynoe@yahoo.com
2. Docente asesor del departamento de Fitotecnia, Facultad de Ciencias Agronómicas, UES. E – mail faparadaberrios@yahoo.com
3. Docente asesor del departamento de Protección Vegetal, Facultad de Ciencias Agronómicas, UES. E – mail fcolaraa@yahoo.es
4. Docente asesor del departamento de Química Agrícola, Facultad de Ciencias Agronómicas, UES. E – mail yani_linares@hotmail.com

1. INTRODUCCIÓN

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

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

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

Con esta investigación se prospectó, caracterizó y seleccionó germoplasma de cacao considerado criollo, encontrando germoplasma de los tipos: trinitarios y principalmente el cacao criollo.

2. MATERIALES Y MÉTODOS.

2.1. Localización.

La caracterización morfológica de cacao (*Theobroma cacao* L.),se realizó de octubre 2013 a junio 2014, iniciando colectas de cacao en varios municipios del país,considerando aquellas áreas de presencia natural en El Salvador como: Panchimalco, Nejapa y Ciudad Delgado en el departamento de San Salvador; San Pedro Nonualco y Santa MariaOstuma en el departamento de La Paz; Tenancingo en el departamento de Cuscatlán; Caluco departamento de Sonsonate y Jucuapa en el departamento de Usulután (cuadro 1).

Cuadro 1. Acceso y códigos de los materiales de cacao en diferentes lugares de El

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

Salvador.

2.2. Material experimental.

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

2.3. Herramientas para la caracterización.

Se realizó una lista específica, tomando como referencia descriptores morfológicos y agronómicos para cacao de la cocoaresearchunit-university of West indians (Trinidad y Tobago, para el año 2012), adaptados al catálogo de cultivares de cacao del Perú (GarcíaCarriom, 2012), Catálogo de clones de cacao, seleccionados por el CATIE para

siembras comerciales y el Documento características de calidad del cacao de Colombia; Catalogo de 26 Cultivares. (Villamil, *et al.* 2013).

2.4 Datos de pasaporte y codificación

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

2.5 Variables en estudio

Las variables cualitativas fueron: forma del ápice de la hoja, forma de la base de la hoja, color de los brotes en la hoja, color del fruto inmaduro, forma del fruto, ápice del fruto, constricción basal del fruto, cascara del fruto, color de la semilla, color de los cotiledones, forma del corte longitudinal y transversal de la semilla, color de la estructura floral, variables cuantitativas fueron: edad del árbol, diámetro del tronco a la altura del pecho (DAP), altura de árbol, número de ramas, longitud del pecíolo, longitud de lámina foliar, ancho de lámina foliar, área foliar, número de frutos por árbol, longitud y diámetro del fruto, peso del fruto, número de surcos por fruto, separación del surco del fruto, profundidad del lomo y surco del fruto, número de semillas por fruto, longitud y diámetro de la semilla, peso de la semilla, número de óvulos por ovario.

2.6 Análisis Bromatológico

Este análisis se realizó en el laboratorio de Química Agrícola de la Facultad de Ciencias Agronómicas, (UES) a las semillas frescas de 21 árboles caracterizados, lo que comprende: determinación de pH, proteínas, grasa, humedad parcial y total, pérdida de agua, además se analizó el contenido de hierro, zinc y materia seca.

2.7 Metodología estadística

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

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Análisis de descriptores cualitativos

3.1.1. Descriptores cualitativos del fruto

3.1.1.1. Color del fruto inmaduro, forma del fruto y rugosidad del fruto

Al identificar el color de fruto inmaduro encontramos cuatro coloraciones diferentes, las cuales son: verde, verde pigmentado, verde rojizo y rojo. De los 21 árboles seleccionados el 47.62% presentaron un color verde; mientras que el 38.10% son verde pigmentado; seguido el 9.52% color rojo; por último, con 4.76% verde rojizo. Al respecto GarciaCarriom (2012), menciona que el color del fruto inmaduro puede encontrarse tres colores los cuales son: verde, verde pigmentado y rojo, como una nueva variable con respecto al descriptor; al punto de coincidir con los resultados obtenidos en la presente investigación, características que nos ayudaran a determinar qué tipo de variedad es la que puede ser denominada en este estudio.

Con respecto a la forma que presentaron los frutos se encontraron cuatro características las cuales son: oblongo, abovado, orbicular y ovado. Del total de los 21 árboles, se observó que el 47.62% son de características oblongos; mientras que el 28.57% son abovados; el 14.29% son de características ovado el 9.52% presentaron forma orbicular. GarciaCarriom (2012) y mora *et al* (2012), determinó que la forma del fruto posee seis características las cuales son: elíptico, oblongo, abovado, ovado, orbicular y oblado de acuerdo con el descriptor; confirmándose en la presente investigación, el estudio antes descrito nos determina que la principal característica oblonga y abovada nos determinan que la variedad a la que más se asemeja por su forma alargada, con punta más acentuada en el extremo inferior y con surcos muy profundos es la variedad acriollada.

La rugosidad del fruto está considerada en tres características, las cuales son: profunda, intermedia y superficial. El 47.62% del total de los árboles, presentaron rugosidad profunda; el 28.57%, son de rugosidad intermedia; mientras que 23.81% tienen rugosidad superficial. GarciaCarriom (2012) y mora *et al* (2012) determinó que la rugosidad del fruto posee tres características las cuales son: superficial, intermedio y profundo de acuerdo con esta variable, estos resultados coinciden con lo descrito por el autor, estos resultados coinciden con características intermedias entre criollos y forasteros, ya que posee rugosidad muy definida como en las de los criollos y con una robustez en los forasteros, los cuales puede definirse como una variedad trinitaria.

3.1.2 Descriptores cualitativos de la semilla

3.1.2.1 Sección longitudinal y transversal de la semilla, color del cotiledón de la semilla, color de la semilla (tabla de munsell).

Con respecto a la sección longitudinal de la semilla se encontraron cuatro características las cuales son: irregular, ovada, elíptica y oblonga. Se observó que el 47.62% de 21 árboles, son de características irregular; mientras que el 28.57% son de características ovada; además el 14.29% tienen características elípticas; por último el 9.52% de los 21 árboles presentaron una sección oblonga, coincidiendo con GarciaCarriom (2012) y Moraet al (2012); quienes establecen que la sección longitudinal de la semilla posee características oblonga, ovada, elíptica e irregular, a diferencia que el ultimo autor agrega la ovalada, se puede establecer una variedad con características mas definidas a los trinitarios.

Se determinaron tres características de la sección transversal de la semilla, las cuales son: intermedia, redondeada y aplanada. En donde, el 66.66% de los 21 árboles, presentaron sección intermedia, mientras que el 23.81% poseen características redondeadas; y por ultimo 9.52% representan características aplanadas. Las características encontradas coinciden con lo descrito por GarciaCarriom (2012) y Moraet al(2012) quienes describen que la sección transversal de la semilla posee característica aplanada, intermedia y redondeada, las cuales se pueden definir como polimorfos dando como resultados una variedad con características de criollos y forasteros los cuales dan como resultado variedades trinitarias.

Se determinó que en el color del cotiledón de la semilla, está considerada en cuatro características, las cuales son: rosada, blanco, morado y violeta. Donde el 28.57% del total de los árboles son de color morado; el 23.81% de estos son de color rosado; 23.81% poseen color blanco; y por último el 19.04% de los 21 árboles poseen color violeta, se puede considerar que existe una población hibrida con muchas características criollas y forasteras las cuales se puede definir como variedades trinitaria.

Se establecieron dos características de la variable color de la semilla, las cuales fueron: violeta y blanco. El 85.71% de los 21 materiales poseen color violeta; el 14.29% de los materiales poseen color blanco. Según Espinoza (2011), se realizó un estudio en donde se encontró granos de color morado a blanco. Por otra parte, Suárez y Hernández (2010) establece que al hacerse un corte longitudinal (semilla fresca) presenta almendras blancas y violetas, dando como resultado características de la variedad criolla y forasteras.

En la tabla de munsell, se encontraron dos características con sus códigos, sobresaliendo las semillas: Rojo-purpura y Amarillo. En donde el 85.71% de las semillason de color Rojo-purpura; por otro lado, el 14.29% de las semillason de color blanco, como conclusión se puede considerar que en este estudio se puede observar poblaciones polimorfos con caracteres de variedades criollas, con colores blancos en la semilla, con forma aplanadas y alargadas. En la variedad forastera, con color en la semilla violeta, con forma redondeada y tamaño pequeño, dando como resultado variedades muy parecidas a un híbrido conocido como cacao trinitario, los cuales son conocidos de esa manera por ser un cruce entre variedades criollas y forasteros.

3.2. Análisis de descriptores cuantitativos

3.2.2. Descriptores cuantitativos del fruto

3.2.2.1. Número de frutos por árbol, número de semillas por fruto y peso del fruto.

En la figura 1, se observa que los árboles UES-SLT-16 y UES-SLT-17 presentaron los mayores números de frutos, con un total de 200 frutos, y el material UES-TNG-18, mostró el menor número de frutos, con un total de 12. Asimismo, el número de frutos promedio fue de 57 por árbol. Según GarciaCarriom (2012) de los árboles seleccionados, en las variedades trinitarios se obtuvo un índice de fruto por árbol de 20-23; mientras que en las variedades forasteras se encontró de 25-31 frutos por árbol. En las variedades criollas reporta un índice de fruto por árbol entre 23-28.

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

De los 21 árboles que se tomó el número de semillas por fruto, el UES-CAL-15 presentó el mayor valor, el cual es de 75 semillas, mientras que el árbol UES-TNG-18, mostró el menor valor con 21 semillas como se muestra en la figura 2, se observó también que el promedio de semilla por frutos fue de 41 semillas. Asimismo, el 100% de los árboles se encontró dentro del rango de 21-75 semillas por fruto. Por otra parte, Moraetal(2012), en el catálogo de clones de cacao del CATIE, los resultados de las investigaciones, para esta variable, fueron de 27-37 números de semillas por fruto. Según GarciaCarriom (2012), en los resultados obtenidos en el catálogo de clones de Perú, se puede ver un rango promedio de

22-27 semillas por fruto, estos resultados son inferiores a los encontrados en nuestra investigación.

El fruto del árbol que presentó mayor peso fue el UES-SL-5 con 1.24 kg, mientras que el menor valor lo mostró el fruto del árbol UES-SAL-1 con 0.17 kg, (Figura 3). El peso promedio de frutos de los 21 árboles fue de 0.53 kg. Asimismo, el 100% de los árboles se encontraron dentro de un rango de 0.173-1.24 kg, según Gutiérrez Hernández (2011) considera que, en la investigación proporcionada en el estudio agronómico y fisicoquímico de los ecotipos, se encontró árboles con un rango de 0.45-1.13 kg. en el peso del fruto.

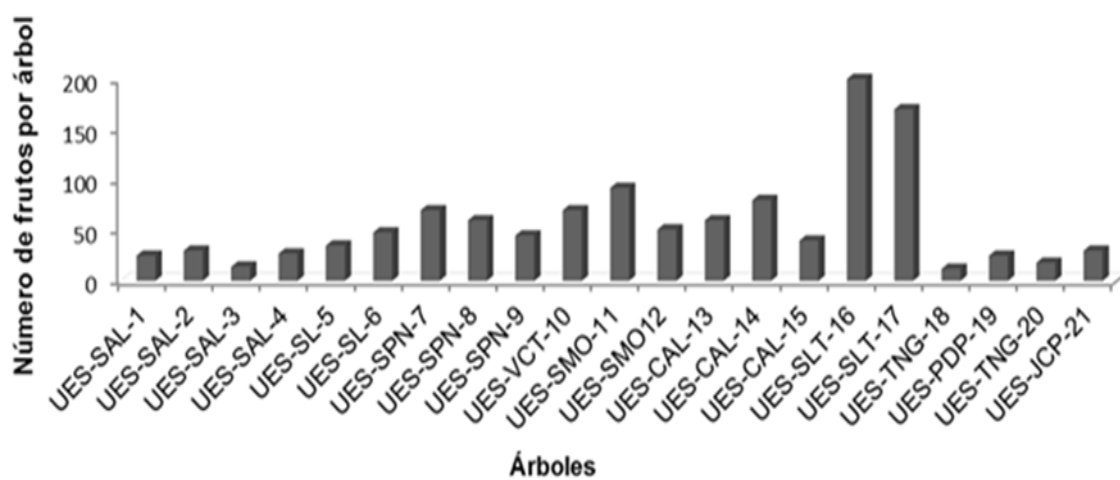


Figura 1. Número de frutos por Árbol de cacao.

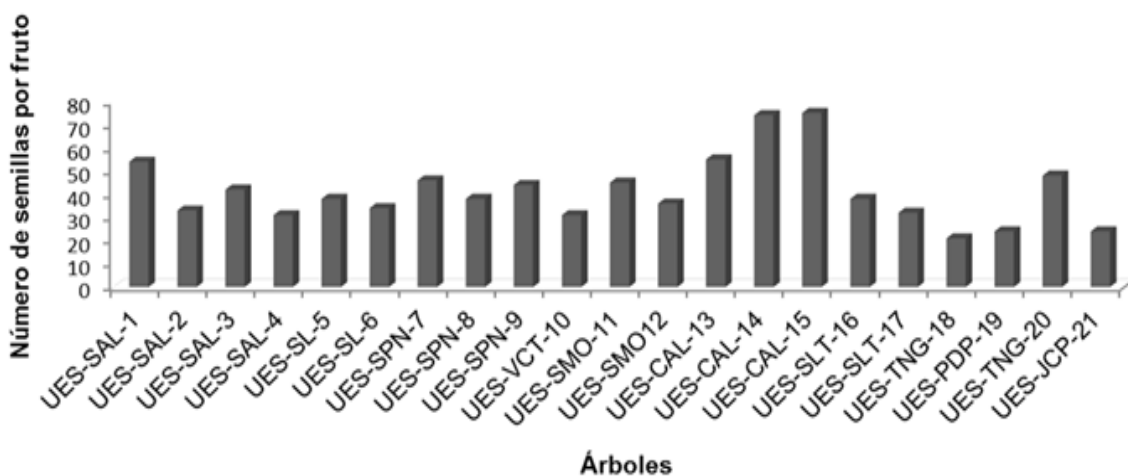


Figura 2. Número de semillas por fruto de cacao.

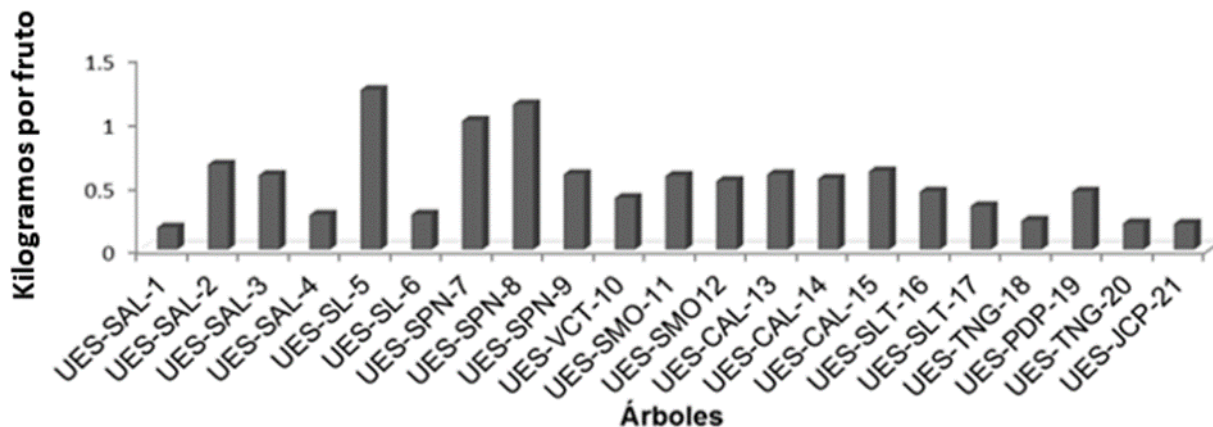


Figura 3. Peso del Fruto de cacao.

3.2.2.2. Longitud y Diámetro del fruto

En la figura 4, se muestra que el fruto del árbol UES-SL-5, presentó los mayores valores, con 27 cm (longitud de fruto) y 10.52 cm (diámetro de fruto), respectivamente; por otra parte, los menores valores los presentaron el UES-TNG-20 que van de 11.3 cm (longitud de fruto) y el UES-SAL-1, que es de 5.73 cm (diámetro de fruto). Por otra parte se observó que la Longitud promedio de los 21 frutos fue de 19.05 cm. Así mismo el 100% de los frutos se encuentra dentro del rango 11.3-27 cm (Longitud del fruto); mientras que el diámetro promedio fue 8.0 cm, por otra parte el 100% de los frutos se encuentra en el rango 5.73-10.52 cm (Diámetro del fruto).

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

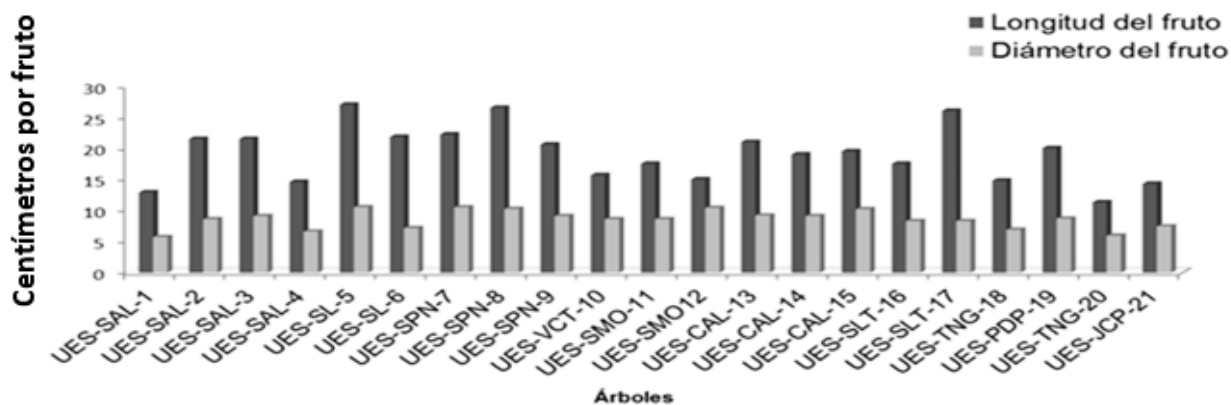


Figura 4. Longitud y Diámetro del fruto de cacao.

3.2.3. Descriptores cuantitativos de la semilla.

3.2.3.1. Longitud, diámetro y peso de la semilla

Se observa en la figura 5, que la semilla del UES-PDP-19, presentó los mayores valores de longitud con valores de 2.95 cm y diámetro de 1.68 cm, por otra parte, los menores valores los presentaron el UES-SLT-17 que van de 2.09 cm para la longitud de la semilla y el UES-SAL-4, que es de 1.11 cm para el diámetro de la semilla, y para el largo promedio de los 21 árboles fue de 2.37 cm. El 100% de los árboles se encuentran dentro del rango 2.09-2.95 cm para la longitud de la semilla; mientras que el diámetro promedio de la semilla fue de 1.34 cm, y el 100% de las semillas se encuentran en el rango 1.11-1.68 cm de diámetro.

Morán *et al* (2012) indica que los valores para la longitud de la semilla se encuentran en un rango de 2.1 a 2.6 cm y que el diámetro es de 0.80 a 1.1 cm para este descriptor. Gutiérrez Hernández (2011), menciona que el rango para la longitud de la semilla fue de 2.14-2.50 cm y que para el diámetro de semilla fue de 1.15-1.26 cm, por lo tanto, los datos, reportados por ambos actores son similares a los encontrados en nuestra investigación.

La semilla del árbol UES-PDP-19, presentó el mayor valor con 3.18 g. mientras que el menor valor lo mostró el UES-SAL-4 con 0.95 g. Asimismo, se observa que el peso promedio de las 21 semillas fue de 1.76 g. Por otra parte el 100% de las semillas se encuentran dentro del rango de 0.95-3.18 g. (Figura 6).

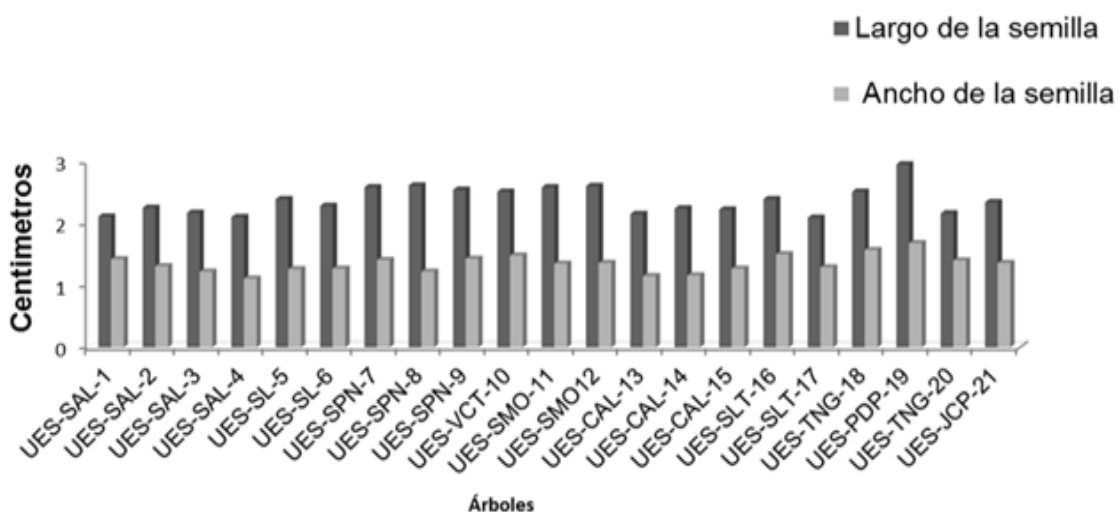


Figura 5. Longitud y diámetro de la semilla de cacao.

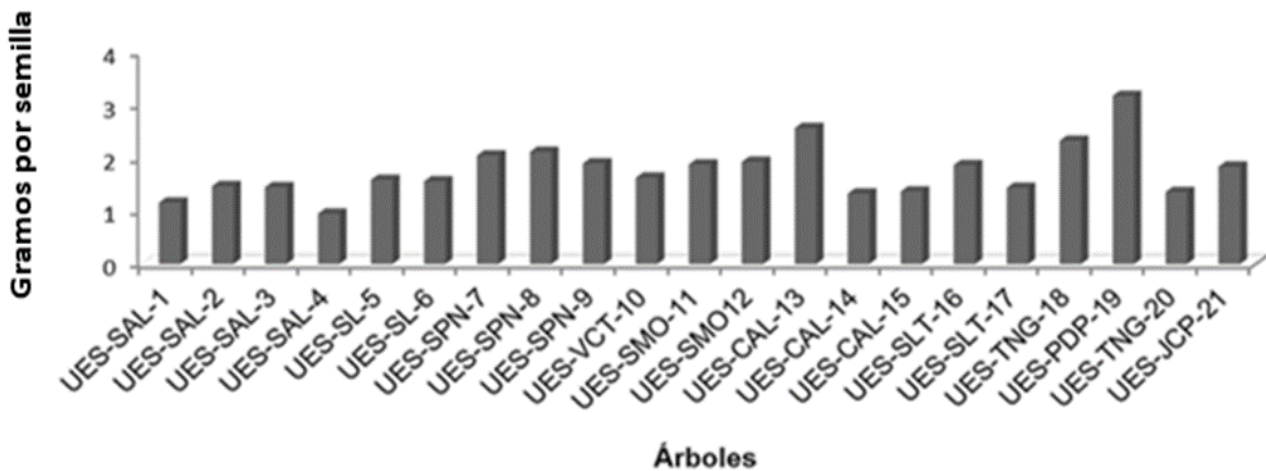


Figura 6. Peso de la semilla de cacao.

3.3. Análisis bromatológicos

3.3.1. Contenido de grasa y proteína.

Al analizar el contenido de grasa el UES-PDP-19, presentó el mayor valor con 56.4% de grasa, mientras que el menor valor lo mostró el árbol UES-SAL-3, con 21.8%. El contenido promedio de grasa en las semillas de 21 árboles fue de 38.67% (Figura 7). Asimismo, el 100% de los árboles se encontraron dentro del rango 21.8-56.4%.

Estos resultados son congruentes con los encontrados por Ramírez Díaz (2011), quien obtuvo resultados entre 21.09-46.52% para el contenido de grasa y GarciaCarriom (2012), con valores entre 45 a 59% para la misma variable.

En la figura 7, se observa que la semilla del árbol UES-SLT-17, presentó mayor valor de proteína con 27.38%, y que la semilla del árbol UES-VCT-10, mostró el menor valor, con 7.17%, estableciendo un intervalo entre el 7.17-17.04% y contenido promedio de 17.04%. El contenido promedio de proteína en las semillas de 21 árboles fue de 17.04%. Ramírez Díaz (2011) estableció valores entre 12.16-17.11% que, aunque están en el mismo intervalo encontrado en esta investigación, presenta valores inferiores.

La semilla del árbol UES-VCT-10, presentó el mayor valor, con 9.03% de ceniza, mientras que el menor valor lo mostro la semilla del árbol UES-CAL-15, con 3.1%. Asimismo el contenido promedio de ceniza en las semillas de los 21 árboles fue de 4.54%, (Figura 19). Además el 100% de los árboles se encontró dentro del rango 3.10-9.03%.

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

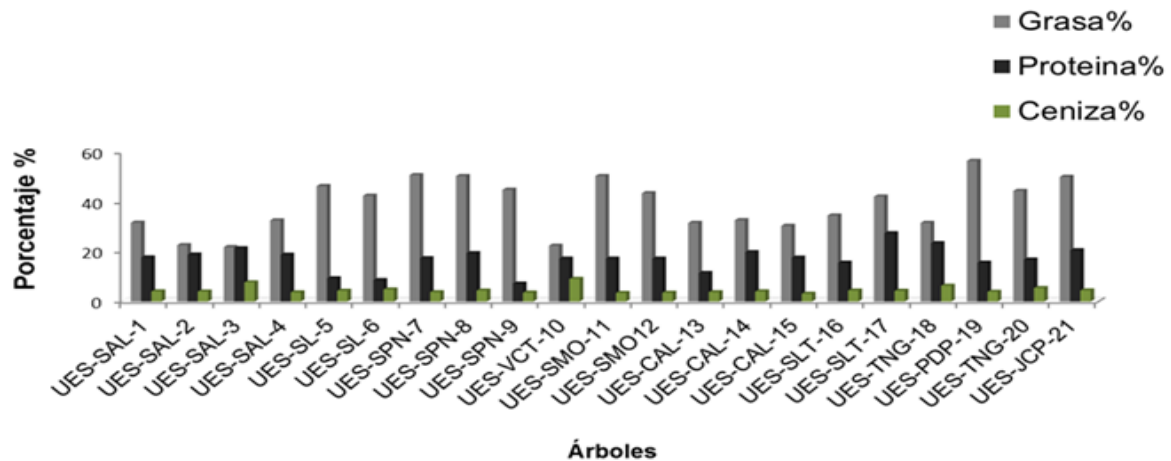


Figura 7. Contenido de grasa, proteína y ceniza de la semilla de cacao.

3.3.2. Contenido de hierro y zinc.

Para el contenido de hierro, la semilla del árbol UES-SAL-1, presentó el mayor valor con 4.52 mg. l⁻¹, mientras que el menor valor lo mostro el UES-CAL-13 con 3.12 mg. l⁻¹ (Figura 8). El contenido promedio de hierro en las semillas de los 21 árboles fue de 3.88 mg.l⁻¹. El 100% de los árboles se encontraron dentro del rango 3.12-4.52 mg.l⁻¹.

Para el contenido de zinc, la semilla del árbol UES-CAL-15, presento el mayor valor con 3.92 mg. l⁻¹, mientras que el menor valor lo mostro el UES-SMO-11 con 2.12 mg. l⁻¹ (Figura 8). El contenido promedio de zinc en las semillas de los 21 árboles fue de 3.02 mg.l⁻¹. El 100% de los árboles se encontraron dentro del rango 2.12-3.97mg.l⁻¹.

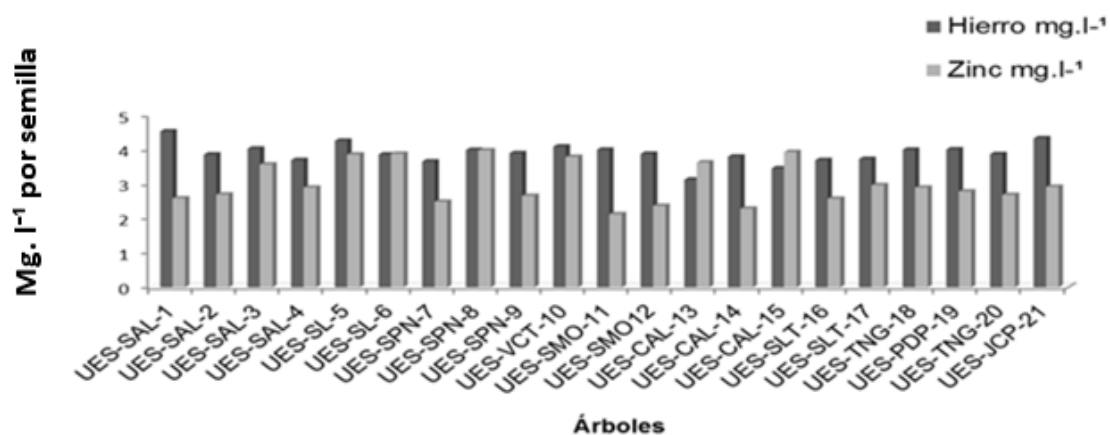


Figura 8. Contenido de hierro y zinc de la semilla de cacao.

3.4. Análisis de correlación

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

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

3.5. Análisis de conglomerados

Al ejecutar el análisis multivariado en los 21 árboles de cacao caracterizados, se encontraron ocho grupos, los cuales mostraron homogeneidad y similitud dentro de ellos, y a su vez heterogeneidad y diferencias entre grupos.

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

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

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

agrupación a la similitud existente a dimensiones del fruto y semilla. Por otra parte, este grupo se caracterizó por presentar el mayor peso del fruto y el mayor contenido de grasa; además este grupo presentó un coeficiente de variación promedio de 23.00%.

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

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

El sexto grupo, está conformado por los árboles: UES-CAL-13, UES-14 y UES-CAL-15. Para la formación de este grupo, influyeron los descriptores hierro y zinc. Caracterizándose por mostrar el valor más alto en el diámetro del fruto y para los valores más bajos, el diámetro de la semilla y contenido de hierro, mientras que el coeficiente de variación para este grupo fue de 15.21%.

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

El grupo ocho, está formado por dos árboles, los cuales son; UES-TNG-18, UES-TNG-20. Para la formación de este grupo, influyó el contenido de proteína. Este grupo se caracterizó por presentar el mayor valor en los siguientes descriptores: diámetro de la semilla; el resto de las variables muestran menores valores los cuales son: altura de árbol, edad de los

árboles, longitud de la hoja, longitud, diámetro y peso del fruto, diámetro de la semilla, mientras que el coeficiente de variación para el grupo fue de 17.89%.

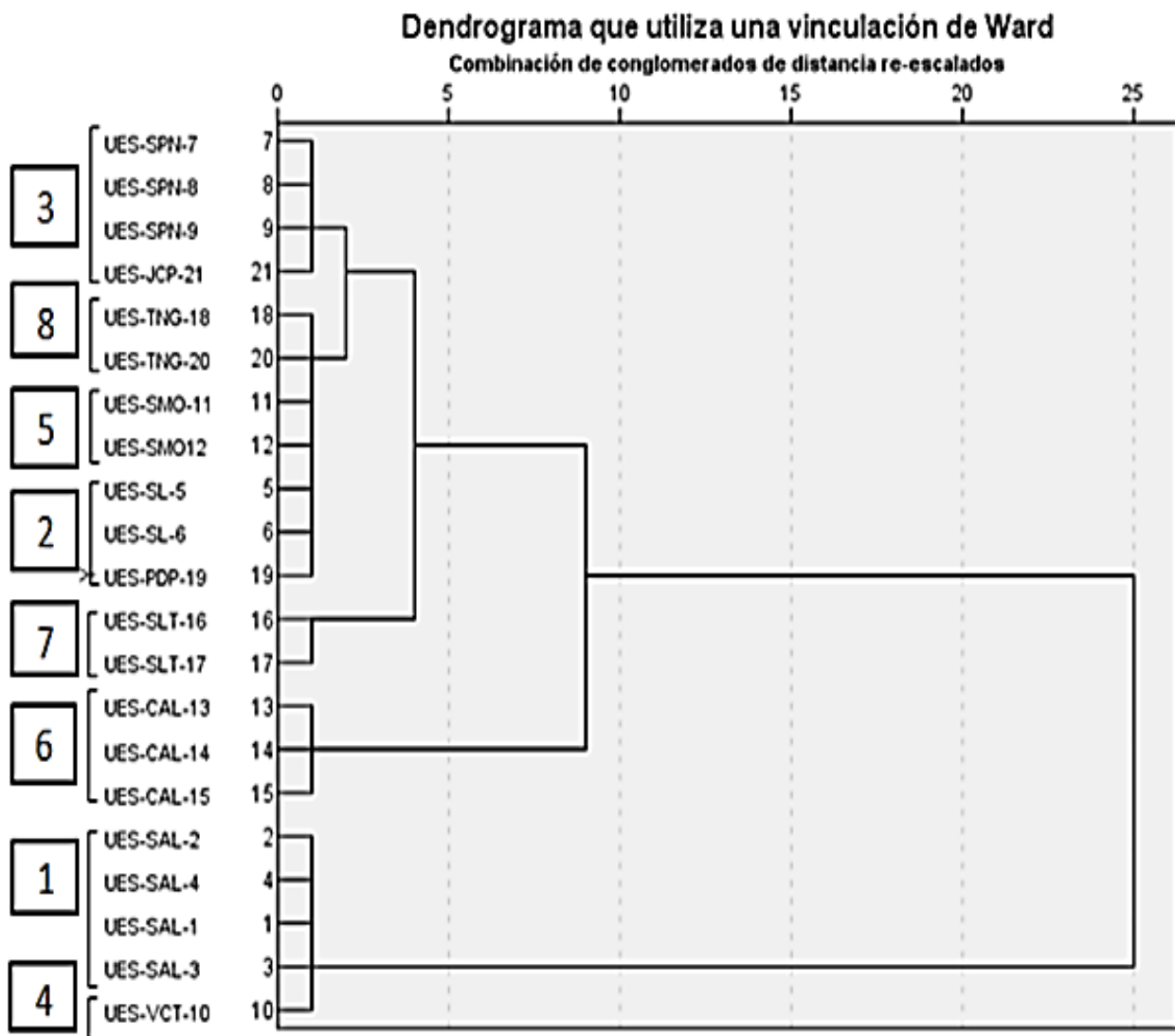


Figura 9. Dendrograma de distancias entre 21 materiales de germoplasma de cacao.

4. CONCLUSIONES

Se han obtenido datos importantes en este estudio con la caracterización morfoagronómica de variables importante, identificando que para los descriptores de la semilla se obtuvo que el 85.71% de los 21 materiales son de color Rojo-purpura, por otro lado el 14.29% de las semillas presentan color blanco, lo cual se puede considerar que existe una población polimorfa, con variedades criollos (semilla blanca), forma aplanada y alargada y variedades forasteros (semilla violeta), forma redondeada y

pequeña . Además de los 21 árboles caracterizados, las semillas que obtuvieron el mayor contenido de grasa son:

UES-SPN-8 (50.29%); UES-SMO-11 (50.30%); UES-SPN-7 (50.67%); y el material que sobresalió con el mayor porcentaje fue: UES-PDP-19 (56.4%), ubicado en el cantón plan del pino, municipio de Ciudad Delgado, Departamento de San Salvador.

Una de las principales características de los cacao criollos es la semilla de color blanco que identifica a estos materiales, y que para esta investigación se encontraron cuatro árboles que cumplen estas condiciones las cuales son: UES-SL-6; UES-VCT-10; UES-TNG-18 y UES-TNG-20.

Se elaboró un catálogo ilustrado con 21 materiales colectados en campo con el propósito de seleccionar materiales promisorios, que poseen características deseables y que provienen de áreas de presencia natural en El Salvador.

5. RECOMENDACIONES

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

6. BIBLIOGRAFÍA.

- Batista, L. 2009. Guía Técnica El Cultivo del Cacao. (En línea). Santo domingo, DO. CEDAF. Consultado 29 de ago. 2012. Disponible en http://foroagroindustria.files.wordpress.com/2010/02/presentacion_cacao_ujmd_el_salvador.pdf
- Braudeav, J. 1970. El cacao: técnicas agrícolas y producciones tropicales. Barcelona, ES. Colección agricultura tropical. 297 p.
- CONACYT (Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología).2011. caracterización genética de los tipos de cacao establecidos en el cultivar “cooperativa hacienda la carrera” Usulután, El Salvador. El Salvador Ciencia y Tecnología. 16 (21): 12-18.
- Denys, H. 1962. El Cultivo de cacao y algunos trabajos y observaciones llevados a cabo en El Salvador. Tesis. Ing Agr. San Salvador, SV. UES. 134p.
- Dubón, A. 2011. Manual de producción de cacao. Lima, Cortez, HN. FHIA. 208 p.
- Espinal, CF. 2005. Cadena de cacao en Colombia. Bogota, EC. MADROAC. 51 p.
- Espinoza, E. 2011. Cacao blanco una especialidad del Perú. FAIRTRADE; Ibérica. Piura, PE. (En línea). Consultado 5 mar. 2016. Disponible en http://www.sellocomerciojusto.org/news/es_ES/2011/06/20/0001/cacao-blanco-una-especialidad-de-peru
- Franco, L; Hidalgo, R. 2003. Análisis estadístico de datos de caracterización de recursos fitogenéticos. Cali, col. IPGRI. 4 p.
- Fuentes Fernández, S. 2011. Análisis de componentes principales. Madrid, ES. UNAM. p 3
- GarciaCarriom, LF. 2012. Catálogo de cultivares del cacao del peru. (En línea). Lima, PE. Consultada 8 sep. 2013. Disponible en http://www.regionhuanuco.gob.pe/grde/.../cultivares_2012.pdf.
- Gutiérrez Hernández, BE. 2011. “Estudio Agronómico y Físicoquímico de los eco tipos de cacao cultivados en los Municipios de Izalco y Nahulingo, en el Departamento de Sonsonate en El Salvador”. Tesis. Ing. Alimento. Antiguo Cuscatlán, SV. UMD. 116 p.
- Martínez Botello, D. 2013. Nuevos materiales de siembra en cacao para apoyar los retos de producción y calidad del cacao en Colombia. Federación nacional de cacao en Colombia. Córdoba, CO. 34 p.

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

Mora, WP; Leal, AA; Quirós, AM. 2012. Catálogo de clones de cacao. CATIE. Turrialba, CR. 70 p.

Ramos Pérez, DM. 1994. Determinación de Materiales Promisorios de cacao (*Theobroma cacao* L.) en la hacienda cooperativa "La Carrera" Usulután. Tesis. Ing. Agr. San Salvador, SV. UES. 65p.

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

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

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

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

Zambrano Pazmiño, LA. 2010. "establecimiento, manejo y capacitación en vivero de cacao (*Theobroma cacao* L) utilizando dos tipos de injertos en la comunidad de naranjal ii del cantón quininde provincia de esmeraldas" (en línea). Tesis Ing. Agr. MANABI, EC. UTEMA. 92p. Consultado 6 sep. 2012. Disponible en

<http://repositorio.utm.edu.ec/bitstream/123456789/238/1/TESIS%20CACAO%20LUIS%20ZAMBRANO.pdf>

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