

Caracterización morfoagronómica *in situ* de cacao criollo (*Theobroma cacao* L.) en lugares de prevalencia natural y su incidencia en la selección de germoplasma promisorio

Deras-Guardado, EC; López, M; Parada-Berríos, FA; Lara-Ascencio, F; Vásquez-Osegueda, EA; Lovo-Lara, LM.

RESUMEN

Con el objetivo de identificar árboles de cacao criollo con alto potencial genético, se inició una búsqueda sistemática de germoplasma de cacao *in situ* entre los meses de abril de 2017 y julio de 2018, para tal fin se efectuaron giras de prospección y colecta en lugares de prevalencia natural de la especie, en diversas localidades de El Salvador, realizando caracterización morfoagronómica de 47 árboles de cacao localizados en los municipios de San Luis Talpa y San Pedro Nonualco, La Paz; Arcatao, Chalatenango; Tenancingo, Cuscatlán y Ciudad Delgado, San Salvador. Se analizaron atributos cualitativos y cuantitativos de cada árbol y de sus segmentos: hojas, flores, frutos, y semillas. Para la caracterización se utilizaron descriptores morfoagronómicos propuestos por la Cocoa Research Centre at the University of West Indies (Trinidad y Tobago), el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) y el Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA). La interpretación de datos se hizo a través de estadística simple y análisis multivariado utilizando el programa IBM SPSS® Statistics Software V.23. El análisis de componentes principales generó 11 conglomerados que reunieron características de 27 árboles. Se encontraron 10 árboles de cacao con características del tipo “criollo de aroma fino”, con frutos con formas angoleta y cundeamor, el 100% de semillas de color blanco y contenidos de grasa menores al 50%. También sobresalieron cuatro árboles con contenidos mayores al 50% de grasa en las semillas, estas características encontradas demuestran que dichos árboles deberían incluirse en programas de producción, alimentación humana y mejoramiento genético. Finalmente se elaboró un catálogo de los árboles caracterizados con semillas de almendra blanca y los clones denominados Santa Clara.

Palabras claves: Morfología, caracterización, genética, fenotipos, germoplasma promisorio, descriptor, cacao criollo.

INTRODUCCIÓN

En El Salvador existen árboles de cacao con muy buenas características productivas, adaptabilidad y de buena calidad que podrían contribuir al desarrollo de la actividad cacaotera que cada día está tomando mayor interés entre los agricultores en El Salvador. Este cultivo como rubro no ha sido de importancia en el país; sin embargo, en el ámbito mundial es de los rubros con mayor comercio, la demanda mundial, representada por las molineras que reporta la ICCO, ha pasado de 1.0 millón de toneladas a un estimado de 4.3 millones de toneladas durante el período 1961 - 2014, una tasa compuesta anual del 2.7 por ciento (United Cacao Limited, 2015). El cacao se cultiva exclusivamente en una banda geográfica muy estrecha cerca del Ecuador debido a las exigencias climáticas y de lluvias, esta banda se extiende por África occidental, partes de Centro y Sudamérica y el Sudeste de Asia, representando una oportunidad para el desarrollo de un nuevo sector y la generación de empleo en el país, debido a que el mercado consumidor extiende cada vez más su demanda y diversidad de consumo.

El cacao (*Theobroma cacao* L.) pertenece a la familia Sterculiaceae, es un árbol de tamaño mediano, aunque puede alcanzar alturas de hasta 20 metros cuando crece libremente bajo sombra. También, se diferencia de otras especies por ser cauliflora, ya que forma flores y frutos en el tronco y ramas (Dubón y Sánchez 2011). Asimismo, Veraz (1993) citado por Peña (2003), revela que las flores de cacao son pequeñas, carecen de nectarios, son de color rosado a blanco y hermafroditas, pentámera, de ovario súpero. Los frutos de cacao son bayas con tamaños que oscilan de 10 – 42 cm, de forma variable (oblonga, elíptica, ovada, obovada, esférica y oblata); de superficie lisa o rugosa, y de color rojo o verde al estado inmaduro (García Carrión, 2007 citado por APPCACAO, 2008).

En la actualidad se conocen tres grupos de cacao: forasteros, criollos y trinitarios. Los cacaos forasteros se agrupan según la forma del fruto que pueden ser amelonados y calabacillos de cáscara lisa y de cotiledones oscuros. Los cacaos de tipo criollo sobresalen por la forma angoleta y cundeamor, cáscara rugosa y cotiledones blancos; los frutos o mazorcas presentan una cierta variabilidad en su forma generalmente alargada, con una punta muy acentuada en el extremo inferior. Los cacaos de tipo trinitarios corresponden a la población híbrida derivada de criollos y forasteros, los cuales crecieron juntos en un mismo país o región siendo los más importantes (Graziani *et al.* 2002).

Según el INIA (2005) a través de programas de mejoramiento genético se puede seleccionar cultivares que presenten características de alta calidad, producción y adaptabilidad a las condiciones ambientales de un determinado lugar. Por tal razón, la prospección, la caracterización morfológica y el rescate de germoplasma es fundamental para estudiar la variabilidad genética, identificar plantas y conservar los recursos genéticos a fin de garantizar la seguridad alimentaria y nutricional de la humanidad. Hernández (2013), menciona que la caracterización es el primer paso en el mejoramiento de los cultivos y programas de conservación.

Por ello, el objetivo principal de esta investigación se orienta en la prospección, caracterización y conservación del cacao criollo de aroma fino y de almendra blanca, el cual se encuentra al borde de la extinción en El Salvador, debido a la introducción de cacaos foráneos. Por lo tanto, los resultados obtenidos son un gran aporte a la comunidad científica de nuestro país, su rescate y el comienzo de nuevas investigaciones.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización

La investigación se desarrolló entre los meses de abril de 2017 a julio de 2018, en los municipios de San Luis Talpa y San Pedro Nonualco, La Paz; Arcatao, Chalatenango; Tenancingo, Cuscatlán y Ciudad Delgado San Salvador. Los árboles se encontraron a una elevación entre los siete y los 575 metros sobre el nivel del mar (msnm).

Material experimental

Se caracterizaron 47 árboles de cacao *in situ*: 27 en la cooperativa hacienda Santa Clara en San Luis Talpa y tres en San Pedro Nonualco departamento de La Paz; 11 en el cantón Cerro

Grande, Arcatao, Chalatenango; tres en Tenancingo, Cuscatlán y tres en Ciudad Delgado, San Salvador. La caracterización de frutos y semillas se realizó solamente a 28 árboles ya que el resto no se le encontraron frutos en la época de las visitas al lugar (Tabla 1).

Número correlativo Árbol	Código	Abreviatura	Lugar de recolección	Altitud (msnm)
23	Tenancingo 1	TG 1	Tenancingo, Cuscatlán	544
24	Tenancingo 2	TG 2		545
25	Tenancingo 3	TG 3		546

Tabla 1. Codificación y ubicación de los árboles de cacao caracterizados.

27	Santa Clara 1	ST 1		7
28	Santa Clara 2	ST 2		7
29	Santa Clara 3	ST 3		7
30	Santa Clara 4	ST 4	Hacienda Santa Clara, San	7
31	Santa Clara 5	ST 5	Luis Talpa, La Paz	7
32	Santa Clara 6	ST 6		7
33	Santa Clara 7	ST 7		7
34	San José Cortez 1	CD 1	Cantón San José Cortez,	562
35	San José Cortez 2	CD 2	Ciudad Delgado, San	562
36	San José Cortez 3	CD 3	Salvador	562
38	Santa Clara 8	ST 8		7
41	Santa Clara 9	ST 9		7
43	Santa Clara 10	ST 10		7
55	Santa Clara 11	ST 11		7
56	Santa Clara 12	ST 12		7
62	Santa Clara 13	ST 13		7
63	Santa Clara 14	ST 14		7
78	Santa Clara 15	ST 15		7
81	Santa Clara 16	ST 16		7
82	Santa Clara 17	ST 17	Cooperativa	7
92	Santa Clara 18	ST 18	Hacienda Santa Clara, San	7
102	Santa Clara 19	ST 19	Luis Talpa, La Paz.	7
106	Santa Clara 20	ST 20		7
112	Santa Clara 21	ST 21		7
117	Santa Clara 22	ST 22		7
123	Santa Clara 23	ST 23		7
146	Santa Clara 24	ST 24		7
151	Santa Clara 25	ST 25		7
169	Santa Clara 26	ST 26		7
170	Santa Clara 27	ST 27		7
195	Arcatao 1	ARC 1		519
196	Arcatao 2	ARC 2		519
197	Arcatao 3	ARC 3		519
198	Arcatao 4	ARC 4		519
199	Arcatao 5	ARC 5		519
201	Arcatao 6	ARC 6	Cantón Cerro Grande,	519
202	Arcatao 7	ARC 7	Arcatao, Chalatenango.	519
203	Arcatao 8	ARC 8		519
204	Arcatao 9	ARC 9		519
205	Arcatao 10	ARC 10		519
207	Arcatao 11	ARC 11		519
209	San Pedro Nonualco 1	SPN 1		574
210	San Pedro Nonualco 2	SPN 2	San Pedro Nonualco, La	574
211	San Pedro Nonualco 3	SPN 3	Paz.	575

Evaluación del germoplasma de cacao

Para caracterizar y generar identidad de los cultivares registrados se utilizaron los descriptores de cacao propuestos por García y Carrión (2012), del INIA (2005) y del INIFAP (2014), ya que presentan diferentes características y parámetros para ser aplicados en los árboles encontrados en la investigación, además cada árbol fue georreferenciado utilizando GPS. A cada árbol se le asignó un código estructurado por el primer nombre del lugar de colecta y el número con base al orden correlativo encontrado. Posteriormente, se identificaron atributos cualitativos y cuantitativos de mayor interés tales como: frutos con ápice apiculado, alta rugosidad, cáscara delgada semillas de color blanco y contenidos de grasa en la semilla.

Variables en estudio

Las variables cualitativas fueron: arquitectura, forma de ramificación y vigor del árbol; forma y color de hojas, frutos y semillas; color de flores y pubescencia de brotes tiernos; las variables cuantitativas fueron: edad, altura, diámetro, número de frutos, número de cojinetes y número de flores por cojinete, longitud y ancho de hojas, frutos y semillas, espesor de cáscara en frutos, espesor de semillas, peso de frutos, índice de semillas y frutos, longitud y ancho de sépalos, ovario y estilo de la flor y análisis bromatológico de las semillas.

Análisis bromatológico

Para el análisis de las muestras de semilla colectadas de los 28 árboles, se siguió los procedimientos propuestos por la *Association of Official Analytical Chemists* (AOAC). 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 y minerales (calcio, fósforo y potasio).

Metodología estadística

Para el análisis de los datos o atributos cualitativos se utilizó estadística descriptiva a partir de tablas, y para los datos cuantitativos se aplicó estadística simple (desviación estándar, media y coeficiente de variación) y análisis multivariado, específicamente componentes principales, análisis de correlación, análisis de comunalidades y conglomerados; estos permitieron resumir la información de un número grande de casos, agrupándolos con base a similitudes, cercanías o distancia, para lo cual se utilizó el programa IBM SPSS® Statistics Software V.23.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Descripción de variables cualitativas

Arquitectura, forma de ramificación y vigor de árbol

El 85.1% de los árboles caracterizados presentaron arquitectura erecta, 10.6% arquitectura intermedia como consecuencia de la falta del manejo agronómico adecuado y el 4.3% arquitectura pendular. El 59.6% poseen ramificación intermedia, 23.4% simple y 17.0% verticilada.

En cuanto al vigor: el 70.2% presentaron vigor intermedio, 19.2% vigor débil, donde destacaron los árboles Tenancingo (TG 1 – TG 3) por encontrarse en abandono y 10.6% fueron árboles vigorosos. 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. Es importante destacar que la mayoría de árboles caracterizados se encontraron en condiciones rústicas, sin ningún tipo de manejo agronómico creciendo libres y con sus ramas desorganizadas en plena competencia con su entorno inmediato, encontrando el primer crecimiento ortotrópico

típico de un árbol de semilla que según Dubón y Sánchez (2011), un poco debajo de la horqueta o verticilo, se forma un chupón o nuevos tallos que a su debido tiempo forma un segundo verticilo de ramas laterales y este proceso se repite, si esto no se controla se termina dificultando el manejo del árbol, cosecha y control de enfermedades. Como producto del libre crecimiento en muchos árboles donde no se encontraron frutos fue debido a que la producción que se encuentra en ellos no es reflejo de su genotipo, pues su potencial no se expresa en las condiciones mencionadas de mal manejo. Phillips *et al.* (2014) indica que un cacaotal con exceso de sombra no forma flores y por tanto no forma frutos. En los primeros años de sembrado el cacao requiere de mayor sombra, un 60% o más, valor que va disminuyendo a medida que la planta crece. No obstante para fines de investigación y colectas para establecer bancos de germoplasma y garantizar el rescate de esos genotipos no es de trascendencia que no hayan tenido un buen manejo de hecho una de las estrategias de prospección en esta investigación fue dirigir la colecta hacia árboles de más de 40 años considerando que es en ellos que se pueda encontrar los árboles criollos y que generalmente son pocos los que se encuentran y generalmente son de traspatio, exceptuando los árboles encontrados en la Cooperativa Santa Clara, que fueron remanentes de una plantación de los antiguos dueños y se encontraron en una reserva boscosa de la cooperativa.

Color de brotes tiernos

El 44.6% de los árboles presentaron brotes de color verde claro, 31.5% brotes rojo claro, 11.1% brotes de color rojo medio, 8.8% brotes de color marrón y el 4% brotes color rojo oscuro. El INIA (2005) 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, principalmente con el germoplasma colectado en San José Cortez. Las hojas jóvenes son flácidas, quebradizas y presentan coloraciones variadas desde café claro, morado o rojizo, a verde pálido (Rojas *et al.* 2012). El mismo autor Rojas *et al.* (2012) afirma que las semillas del cacao blanco de Piura, al germinar, emiten cotiledón color verde, asimismo, el cogollo de la plántulas es verde claro con pubescencia; mientras que las otras semillas (violetas), al germinar, originan cotiledones violetas y cogollo del mismo color.

Pubescencia en brotes terminales

El 96% de los árboles caracterizados presentaron pubescencia débil, 3.5% pubescencia fuerte y 0.6% pubescencia moderada. Sobresalió la característica fenotípica de pubescencia fuerte en los árboles San José Cortez (CD 1 – CD 3) y Tenancingo (TG 1 – CD 3), que tienen alta tendencia a cacaos de tipo criollo. Marcano (2007) citado por Duarte (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 San José Cortez, Ciudad Delgado y en Tenancingo, La Paz, 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.

Forma del Fruto

El 77.4% de la población de árboles seleccionados poseen frutos con forma ovada, 19.4% frutos de forma oblonga y 3.2% forma obovada. Estas características encontradas en la mayoría de frutos coinciden con las planteadas por el descriptor de García Carrión (2012), sin embargo la forma obovada fue la menos encontrada pero con mayor tendencia fenotípica a los cacaos de aroma fino. Dubón (2011), mencionan que el tamaño y formas de los frutos varían según los tipos regionales de cacao, destacándose las formas amelonada y

calabacillo para los tipos forasteros y los angoleta y cundeamor en los criollos de aroma fino.

Color del Fruto

Se encontraron cinco colores de frutos maduros: 80.6% son frutos de color amarillo verde; 6.4% color púrpura, 6.4% anaranjado, 3.2% color amarillo y 3.2% presentaron color rojo medio. Sobresalió 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, cuando completan su madurez se vuelven amarillos y anaranjados respectivamente.

Morfología de la superficie del fruto y resistencia de cáscara

El 87.1% de los árboles que se caracterizaron presentaron superficie moderadamente rugosa; 9.7% morfología lisa o ligeramente rugosa, y 3.2% muy rugosos, representativo del árbol San José Cortez 1. Con respecto a la resistencia de la cáscara, el 58.1% de los árboles poseen frutos con resistencia fuerte al tacto; 25.8% presentaron resistencia moderada, estos fueron: Arcatao 1, Santa Clara 11, San José Cortez 1, 2, y 3; 16.1% poseen frutos con resistencia débil. Según Medina (1950), una de las clasificaciones de los cacaos es por la rugosidad, tipificando cuatro formas: angoleta y cundeamor con superficie rugosa a verrugosa; surcos bien pronunciados y cáscara delgada y blanda para los tipos criollos; calabacillo y amelonado con superficie verrugosa o lisa y cáscara más resistente para los forasteros. Dubón y Sánchez (2011) después de muchos años ratifican esta clasificación de Medina (1950), ubicando a los criollos con los tipos angoleta y cundeamor, confirmando que son de forma alargada y puntiaguda y a los forasteros como calabacillo y amelonado de apariencia ovalada, cáscara lisa surcos apenas perceptibles.

Color de semillas

El 41.4% de los árboles caracterizados presentaron semillas de color púrpura, 27.6% semillas de color blanco, 20.7% semilla de color jaspeado, 3.4% semillas de color rosado y 3.4% de color morado. Asimismo, se encontraron semillas con matices de color blanco, rosado y púrpura a las cuales se les denominó color jaspeado en un mismo fruto. Al respecto Bartley (1989), menciona que los cotiledones manifiestan una gran variedad de colores, sin embargo, se reportan con mayor frecuencia los cotiledones púrpura 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. Con estos resultados se deduce que en El Salvador la entrada de cacaos forasteros pudieron haber contaminado nuestros criollos nativos y generar híbridos en la primera generación filial (F1) de ambos tipos los que se conocen como trinitarios o la simple introducción de semillas de trinitarios los cuales han generado una diversidad de segregantes al ser multiplicados por semilla. No obstante, cualquiera que fuera la fuente lo cierto es que los tipos criollos están en peligro de extinción en nuestro país por lo que es urgente su rescate.

Con respecto a la presencia en una misma mazorca de semillas de diferentes colores Sari y Susilo (2011), en una investigación realizada en Tailandia con plantas de cacao autoincompatibles demostraron la presencia de granos de cacao con alta calidad determinando que la fuentes de polen de otros árboles influyen directamente en características como el color y tamaño de los granos, fenómeno conocido como "Xenia". Ellos realizaron el experimento en dos etapas utilizando polinización manual en diferentes clones con semillas de color oscuro demostrando que el efecto de la Xenia incrementa el tamaño en su longitud y ancho de mazorca, por el efecto del incremento del peso de los granos con y sin pulpa en el clon TSH 858 como planta donadora de polen y Sulawesi 1

como planta madre o receptora; esto podría explicar los resultados obtenidos en esta investigación referente a la coloración de los granos, principalmente en los clones Santa Clara.

Descripción de variables cuantitativas

Número de semillas por fruto

El árbol Santa Clara 2, reportó el valor máximo con 57 semillas por fruto y el árbol Arcatao 2 presentó el valor mínimo con 12 semillas, los demás árboles tenían entre 18 y 56 semillas. El promedio es de 34 semillas, desviación estándar es de 11.9 semillas y el coeficiente de variación de 35%, mostrando así heterogeneidad en el comportamiento de dicha variable. Los árboles San José Cortez (CD 1 – CD 3); los Arcatao (ARC 1 – ARC 5), reportaron de 14 a 24 semillas por fruto. Al respecto Pérez (2009) en su investigación, menciona que los cacaos de fenotipos criollos conservaron la mínima cantidad de semilla por mazorca, en comparación a los fenotipos forasteros y trinitarios. FEDECACAO (2013), en su catálogo de 26 cultivares de cacao reporta los clones ICS 1, ICS 6, ICS 39, ICS 60 e ICS 95 con un número de semillas entre 33 y 39 por fruto, por lo que en esta variable los cacaos en estudio fueron muy similares; a pesar de no contar con manejo agronómico adecuado y estar en condiciones consideradas prácticamente rústicas.

Índice de frutos

El mayor número de mazorcas para obtener un kilogramo de semillas secas lo reportó el árbol Arcatao 1 (ARC 1) con 139.8 frutos y el número mínimo de frutos lo registró el árbol Santa Clara 6 (ST 6) con 14.6 frutos. Se obtuvo un promedio de 37.4 frutos, una desviación estándar de 27 frutos y un coeficiente de variación de 72.2%, es decir que los índices de frutos entre cada árbol presentaron alta variabilidad. Además, esta característica es de mucha importancia ya que entre menor cantidad de frutos se requieran para formar un kilogramo de semilla seca se vuelva más relevante para la producción y comercialización. Sin embargo, los árboles muestreados provienen de áreas sin manejo en condiciones totalmente rústicas. FEDECACAO (2013) reporta para esta variable en los clones ICS entre 11 y 20 frutos para formar un kilogramo de semillas secas, bajo excelentes condiciones de manejo.

Peso seco de semilla

El árbol ARC 5 reportó el peso máximo de semilla seca con 2.26 g y el árbol ST 13 el peso mínimo con 0.54 g, los restantes oscilan entre 0.56 y 2.06 g (Figura 1). El promedio es de 1.05 g, desviación estándar de 0.47 g y el coeficiente de variación 43.5%. Esto indica que esta variable es altamente heterogénea. Estos resultados se encuentran cercanos a los valores reportados por Arciniegas (2005) citado por Ayesta (2009), quien registró un peso de semillas promedio de 1.2 g en clones de cacao. Además, los pesos de semillas secas iguales o mayores a un gramo es un parámetro relevante para la selección de árboles élite.

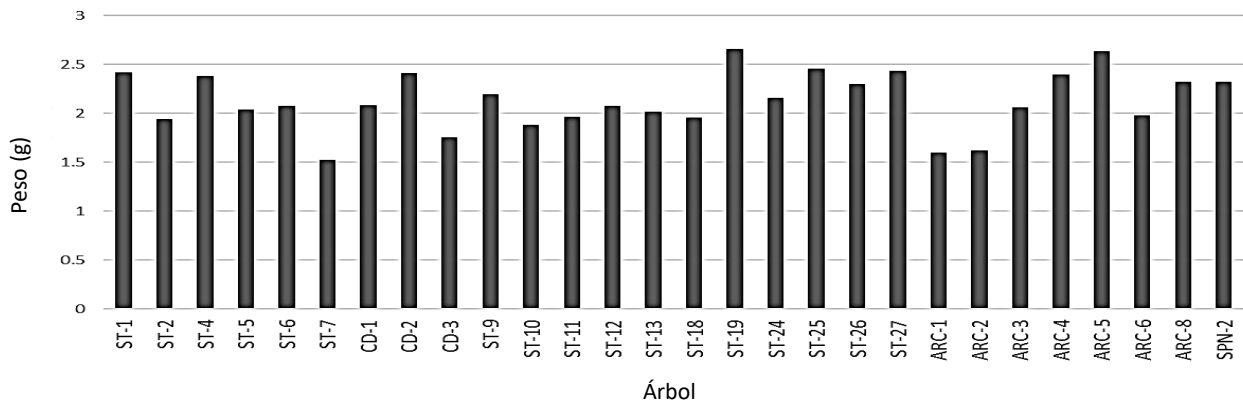


Figura 1. Peso seco de semillas de cacao de 28 árboles caracterizados *in situ*.

Análisis bromatológico

Contenido de grasa y fibra cruda en la semilla de cacao

El árbol ST 22 presentó el mayor valor en grasa con 62.6 %, mientras que el menor valor lo mostró el árbol ARC 5 con 30.2%. (Figura 2). El contenido promedio de grasa en las semillas de los 28 árboles fue de 44.1%, la desviación estándar fue de 7.9%, y el coeficiente de variación fue de 18%, lo que implica que existe homogeneidad en los árboles respecto a dicho contenido.

Enríquez (1994) citado por Vicencio (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 24 de los árboles caracterizados se asemejan a los criollos, porque presentaron semillas con porcentajes de grasa menores al 52.9% y los árboles ST 7, 10 y 22 presentaron 56.7%, 59.7% y 62.6% característico del tipo forastero. En la clasificación de García (2009) citado por García Carrión (2012), debajo de 50% los describe como muy bajos y arriba de 59% muy altos en grasa, una clasificación muy parecida a la que presenta FEDECACAO (2005), respecto a los cacaos colombianos. Respecto a la fibra cruda se reporta el mayor valor de 24.9% en el árbol ST 10 y el menor valor de 2.4% para ST 4 (Figura 2), sin embargo, el promedio fue de 13% con una desviación estándar de 6.5%

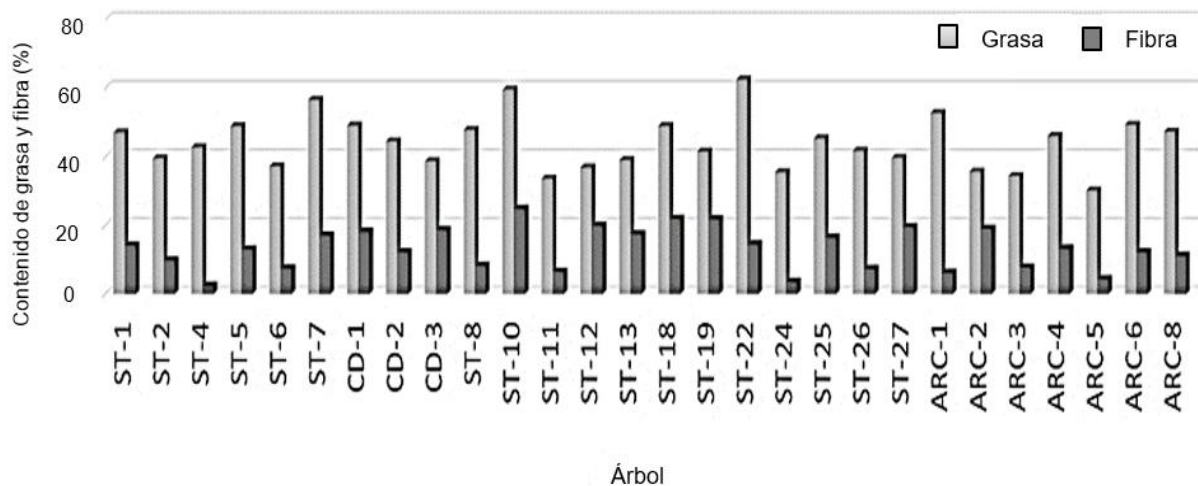


Figura 2. Porcentaje de grasa y fibra en la semilla de cacao de 28 árboles de cacao *in situ*.

Contenido de ceniza en la semilla

En cuanto a contenido de ceniza, el árbol CD 3 presentó el mayor valor con 7.1% de ceniza, mientras que el menor valor lo mostró el árbol ST 5 con 3.5%, los restantes oscilan entre 3.6-6.4% (Figura 3). El contenido promedio de ceniza en las semillas de los 28 árboles fue de 5%, la desviación estándar fue de 1% y el coeficiente de variación fue de 20.2% es decir un comportamiento homogéneo. Enríquez (1994) citado por Vicencio (2001) en su estudio de los parámetros de la calidad del cacao, menciona que el porcentaje de ceniza del grano es uno de los componentes que permite distinguir al cacao común con menos de 2.5% de ceniza del criollo de aroma fino con porcentajes superiores al 3%. Esto nos hace confiar que entre los 28 árboles caracterizados sus atributos se asemejan mucho a los cacaos criollos de aroma fino ya que todos reportaron valores superiores al 3%.

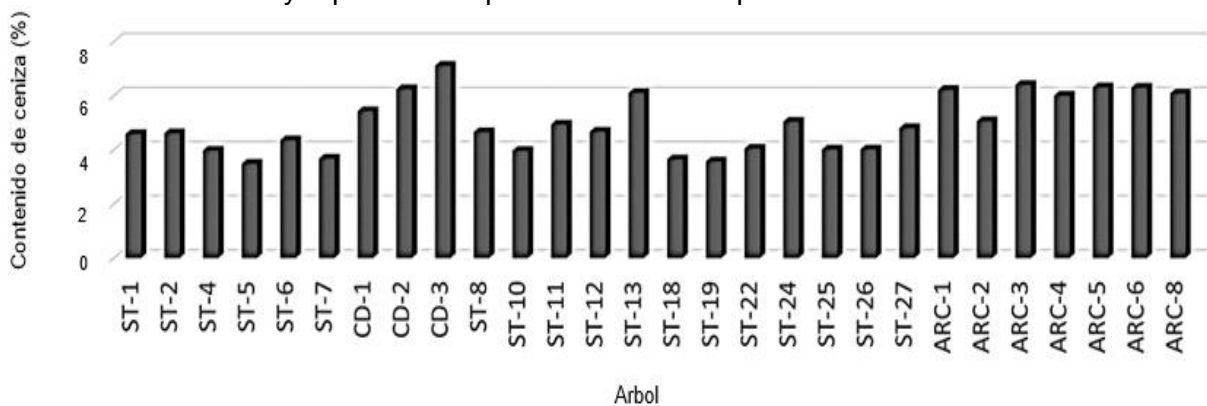


Figura 3. Concentración de ceniza en la semilla de cacao de 28 árboles caracterizados *in situ*.

Fósforo (P), calcio (Ca) y potasio (K)

Con respecto al contenido de fósforo el árbol ST 13 presentó el mayor valor con 2.1%, el menor valor lo mostró el árbol ST 5 con 0.8%. El contenido promedio de fósforo en las semillas de los 28 árboles fue de 1.4%, la desviación estándar fue de 0.3% y el coeficiente de variación de 21%, lo que indica que un comportamiento moderadamente homogéneo en los árboles (Figura 4). En cuanto al contenido de calcio el árbol ST 2 presentó el mayor valor con 0.9%, el menor valor lo mostró el árbol ARC 2 con 0.4% los restantes se mantienen en un rango entre 0.4 y 0.8%.

El contenido promedio de calcio en las semillas de los 28 árboles fue de 0.5%, la desviación estándar fue de 0.13%, y el coeficiente de variación fue de 24.6%, lo que implica que dicho contenido tuvo un comportamiento moderadamente homogéneo (Figura 4). Salysburi y Ross (1994), explican que el calcio es esencial para las funciones normales de la

membrana en todas las células, probablemente como enlazador de los fosfolípidos entre sí o a proteínas de membranas. El mismo autor insiste que es probable que el calcio cumpla con una función de activador enzimático, sobre todo cuando el ión Ca^{+2} está unido a la calmodulina o a proteínas muy afines. Los mismos autores mencionan además, sobre la importancia de este elemento por ser parte esencial de muchos glucosfosfatos que participan en la fotosíntesis, la respiración y otros procesos metabólicos, formando parte además de nucleótidos y de fosfolípidos presentes en las membranas.

El árbol ST 14 presentó el mayor valor con 1.9% de potasio, el menor valor lo mostró el árbol ST 5, con 1%, los restantes oscilan entre 1.0 - 1.8% (Figura 4), el contenido promedio de potasio en las semillas de los 28 árboles fue de 1.3%, la desviación estándar fue de 0.2% y el coeficiente de variación de 18.6%, es decir, que existe homogeneidad con respecto a dicho contenido.

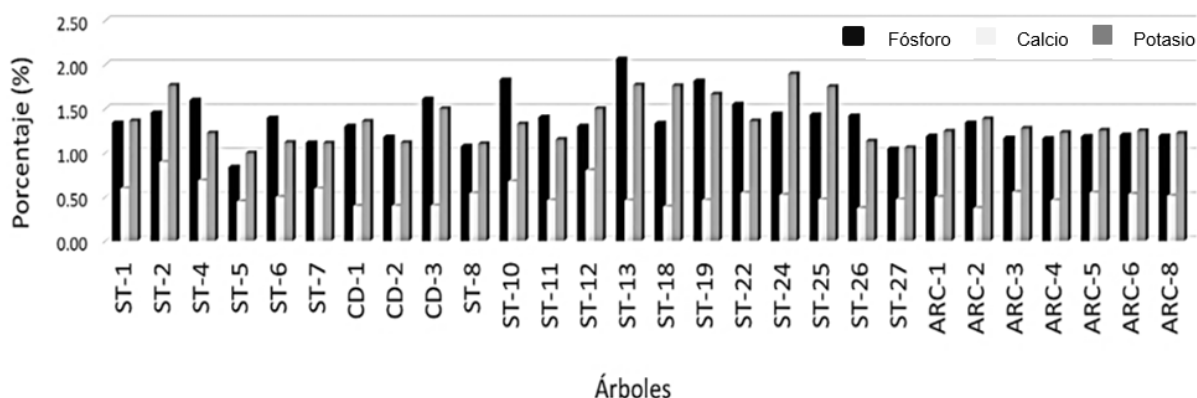


Figura 4. Concentración de fósforo, calcio y potasio en la semilla de 28 árboles de cacao caracterizados *in situ*.

Estimación de variabilidad genética

Los árboles caracterizados mostraron alta heterogeneidad, con coeficientes de variación que oscilan entre 40 y 87.1%, lo cual revela un amplio rango de dispersión de las características, por lo que la variabilidad genética en la especie es alta para las variables altura, diámetro a altura del pecho (DAP), número de chupones, frutos por árbol, número de cojinetes, flores por cojinete, peso seco e índice de fruto y de semilla, humedad total y porcentaje de fibra en la semilla.

Análisis de correlación

Los resultados indicaron que al menos 35 correlaciones resultaron ser altamente significativas estadísticamente.

Tabla 2. Comunalidades de los descriptores cuantitativos de cacao.

Sección	Descriptor	Extracción	Porcentaje (%)
Hoja	Longitud	0.967	96.7
	Longitud Media	0.966	96.6
	Ancho	0.914	91.4
Árbol	Altura	0.804	80.4
	Diámetro altura de pecho	0.880	88.0
	Número de chupones	0.854	85.4
	Número de cojinetes	0.918	91.8
	Número de flores	0.809	80.9
	Número de frutos	0.767	76.7
	Edad	0.874	87.4
Flor	Sépalos	0.721	72.1

	Ancho de sépalos	0.816	81.6
	Longitud de estaminodios	0.864	86.4
	Longitud de ovario	0.795	79.5
	Ancho de ovario	0.900	90.0
	Longitud de estilo	0.842	84.2
Fruto	Longitud de fruto	0.864	86.4
	Ancho de fruto	0.821	82.1
	Grosor de cáscara	0.915	91.5
	Profundidad de surco	0.848	84.8
	Altura de caballete	0.827	82.7
	Peso de fruto	0.896	89.6
	Número semilla	0.938	93.8
	Índice de fruto	0.866	86.6
Semilla	Longitud de semilla	0.826	82.6
	Ancho de semilla	0.934	93.4
	Espesor de semilla	0.890	89.0
	Peso seco de semilla	0.972	97.2
	Índice de semilla	0.972	97.2
	Número de semillas por kg	0.960	96.0
Análisis bromatológico	Ceniza	0.914	91.4
	Grasa	0.764	76.4
	Proteína	0.771	77.1
	Fósforo	0.843	84.3
	Calcio	0.859	85.9
	Potasio	0.898	89.8
	Fibra	0.820	82.0
	Humedad parcial	0.831	83.1
	Humedad total	0.896	89.6

Al analizar la matriz de correlación (Tabla 2), se observó que existen correlaciones lineales altamente significativas entre los descriptores y la mayor correlación positiva la tienen los descriptores: peso seco de semilla e índice de semilla con valores de $r = 0.97$; la longitud de hoja y longitud media de la hoja también tienen una fuerte correlación lineal positiva ($r = 0.93$), grosor de cáscara con la altura de caballete $r = 0.79$ y la longitud media de la hoja con el ancho de hoja ($r = 0.77$). Dichas asociaciones fueron altamente significativas; ya que al aumentar el peso de semilla también aumenta el índice de semilla y similar comportamiento para las demás variables.

Además, se observaron correlaciones lineales negativas del número de chupones y número de semillas por fruto con el contenido de cenizas en la semilla ($r = -0.57$), longitud de estilo con longitud de ovario ($r = -0.59$), longitud y ancho de semilla con el índice de fruto ($r = -0.59$ y -0.73), espesor de semillas con número de semillas.kg⁻¹ ($r = -0.61$), y peso seco con número de semillas.kg⁻¹ ($r = -0.91$). Al analizar estas correlaciones negativas podemos entender que al aumentar la cantidad de chupones y la cantidad de semillas por fruto, el contenido de ceniza y los microelementos podrían disminuir tanto en la semilla como en las demás secciones de la planta y similar dinámica para el resto de descriptores, no obstante este comportamiento se debe confirmar en otros estudios, ya que los mismos no son suficientes para aseverar que esa será siempre la respuesta de dichas variables.

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

En la figura 5 se observa que los primeros 11 componentes expresan la variabilidad existente total en la especie con 86.7% de confiabilidad, de igual manera a través de los autovalores iniciales que presentaron un valor menor que uno a partir del componente 11 (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 11, donde al menos con una característica participa de la varianza total.

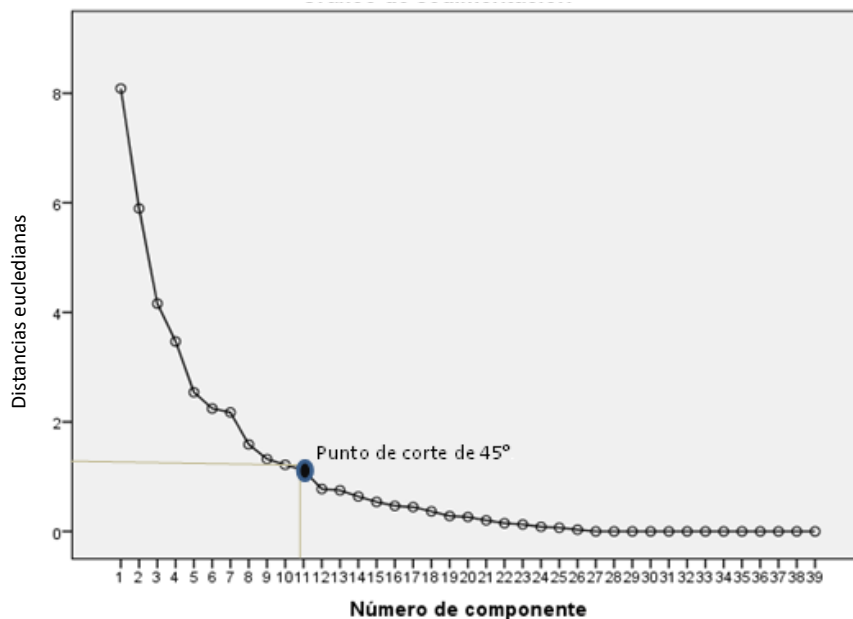


Figura 5. Proporción de la varianza explicada por cada componente principal en la caracterización de cacao.

Análisis de conglomerados

El fenograma (Figura 6), muestra el proceso de agrupamiento entre los casos y la distancia en la que se formó cada agrupamiento. En tal sentido, un fenograma es la representación gráfica del historial de conglomerados que proporciona información muy valiosa sobre el número final de conglomerado.

El conglomerado uno se formó por los árboles: ST 1, ST 12 y ST 18; estos materiales fueron influenciados por las variables: longitud y ancho de semilla, grosor de cáscara, peso seco, y el índice de semilla. Estas variables están estrechamente relacionadas debido a la similitud y homogeneidad existente entre las mismas. Este grupo sobresalió por presentar el mayor promedio en cuanto a humedad total en la semilla (5.6%).

El conglomerado dos lo integró el árbol ST 2 y fue influenciado por las variables longitud, longitud media y ancho de hoja, número de chupones y edad del árbol. Este grupo sobresalió por tener promedios mayores de diámetro a la altura de pecho (DAP = 19.1 cm), número de cojinetes por metro lineal (45 cojinetes), ancho de fruto (8.9 cm), grosor de cáscara (1.2 cm), altura de caballete (1.3 cm), peso de fruto (563.9 g), porcentaje de calcio (0.9%) y potasio (1.8%).

El conglomerado tres, se conformó por los árboles: ST 4, ST 6 y ST 25; estos materiales fueron influenciados por las variables número de flores por cojinete y ancho de fruto, espesor de cáscara y altura de caballete. Este grupo sobresalió de los demás conglomerados por poseer mayor promedio en cuanto a número de chupones por árbol (7 chupones), número de semilla (45 semillas) y longitud de semilla (2.3 cm).

El conglomerado cuatro se integró por los árboles: ST 5, ST 10, ST 11, ST 24 y ST 26.; estos materiales fueron influenciados por las variables número de chupones, longitud de estilo y proteína. Este grupo sobresalió por presentar el mayor promedio de longitud de hoja (37 cm), longitud media (20.1 cm) y ancho de hoja (12.8 cm).

El conglomerado cinco, agrupó las características de los árboles ARC 1, ARC 8 y ST 7. Estos materiales fueron influenciados por las variables: número de cojinetes por metro lineal y número de semillas por fruto. Dicho grupo sobresalió por presentar los mayores promedios en cuanto a: ancho de sépalos (2.2 mm), longitud de sépalos (7 mm), longitud de estaminodios (6 mm), longitud de ovario (2.1 mm) y grasa (52.3%).

El conglomerado seis juntó los árboles: CD 1 y ST 19; estos materiales fueron influenciados por las variables longitud de ovario y humedad parcial. Además, se caracterizó por presentar la mayor longitud promedio de fruto (17.8 cm), proteína (31.6%) y fibra (20%).

El conglomerado siete, se formó por los árboles: ARC 6 y CD 2; estos materiales fueron influenciados por las variables contenido de fósforo y potasio. Este grupo se resaltó por mostrar el mayor ancho de ovario (1.5 mm) y ceniza (6.3%).

El conglomerado ocho, agrupó los caracteres de los árboles CD 3 y ST 27, estos materiales fueron influenciados por las variables ancho de sépalos, longitud de estaminodios y calcio.

El conglomerado nueve, agrupó los caracteres del árbol: ST 9 y ST 13; estos materiales fueron influenciados por las variables: longitud de fruto, contenido de grasa y contenido de fibra. Este grupo sobresalió por presentar el mayor promedio de edad de árbol (80 años) información recopilada con base a la experiencia de los productores, número de flores por cojinetes (10.2 flores), longitud de estilo (2.3 mm), número de semilla por kilogramo (1822.2 semillas) y fosforo (1.6%).

El conglomerado diez, agrupó únicamente las características de árbol ARC 2, fue influenciado por las variables altura de árbol y número de frutos. Sobresalió por presentar la profundidad promedio mayor de surco (0.6 cm) e índice de fruto (139.8).

El conglomerado 11, agrupó los arboles ARC 3 - ARC 5 y fueron influenciados por la variable diámetro a la altura de pecho. Este grupo sobresalió por presentar la mayor altura promedio del árbol (9.3 m), número de frutos por árbol (65.7), ancho de semilla (1.4 cm), grosor de semilla (1.1 cm), peso seco semilla (2.1 g), índice de semilla (2.1 g) y humedad parcial (44.3%).

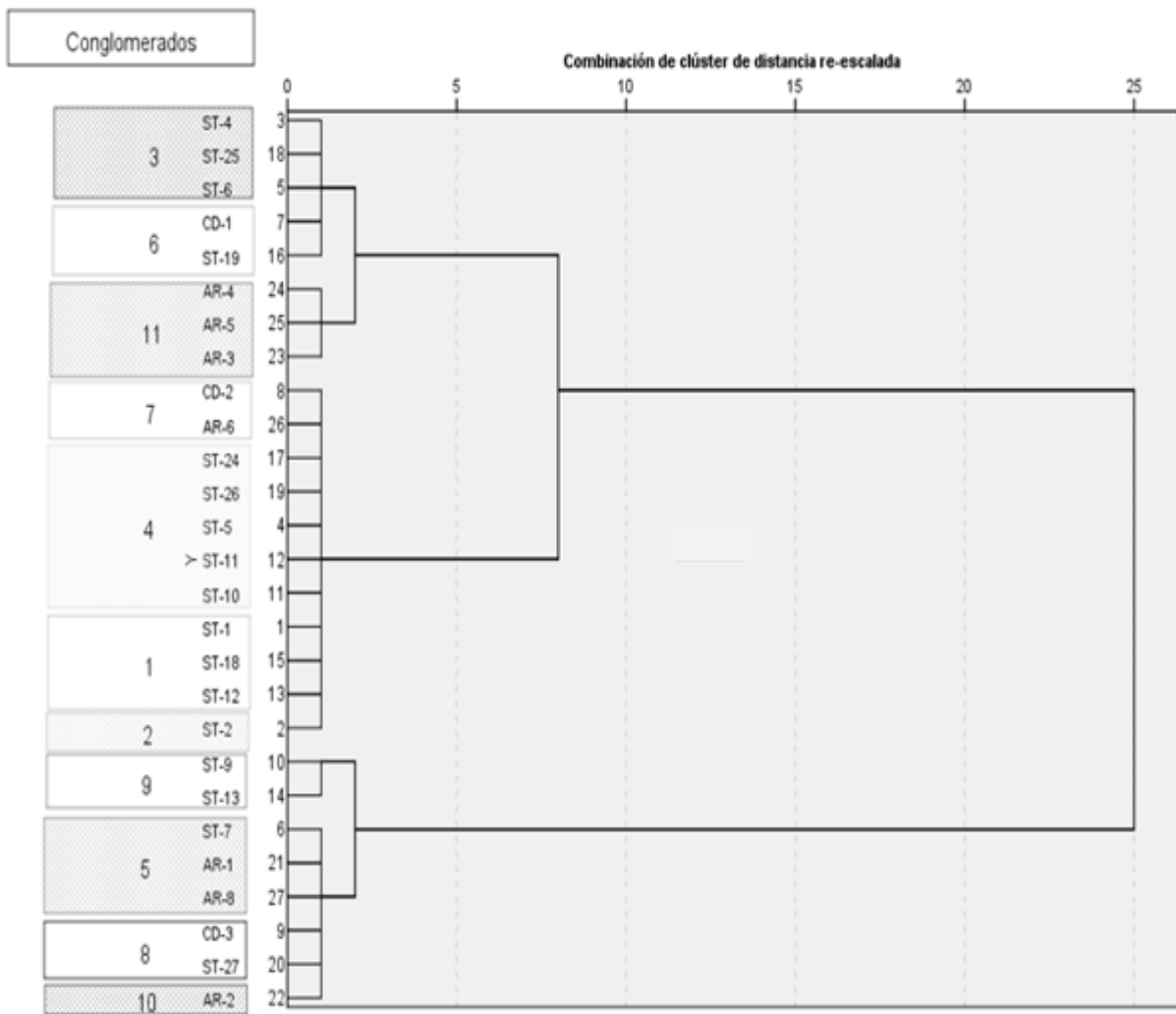


Figura 6. Fenograma de 27 árboles de cacao.

CATÁLOGO DE SELECCIONES DE CACAO CRIOLLO DE ALMENDA BLANCA

San José Cortez 1 (CD 1)



Ubicación: Cantón San José Cortez, Ciudad Delgado, San Salvador, latitud 89°09'10.9", Nombre de la finca "Mónico", longitud 13°45'22.2", altitud 562 msnm. Propietario José Emilio Mónico Juárez.

Descripción del árbol: edad 45 años, forma erecta, ramificación intermedia, vigor intermedio, altura 25.48 m, diámetro a la altura del pecho (DAP) 12.45 cm, sin chupones, número de cojinetes por metro lineal 25.48, número de flores por cojinete 12.45, número de frutos por árbol 60.

Descripción de fruto: forma ovado, color amarillo verde, forma ápice entallado, constricción basal fuerte, rugosidad muy rugosa, resistencia de cáscara débil, color de la pulpa blanco, longitud 16.5 cm, ancho 7.3 cm, grosor cáscara 1 cm, profundidad de surco 0.54 cm, caballete 0.64 cm, peso 518.67 g, número de semilla 28, índice de fruto 22.

Descripción de semilla: color de semilla blanco, forma de sección longitudinal irregular, forma de sección transversal intermedia, longitud 2.08 cm, ancho 1.11 cm, grosor 0.63 cm, peso seco 1.65 g, índice de semilla 61, número de semilla seca por kg 606.06

Análisis bromatológico: ceniza 5.43%, grasa 49.21%, proteína 19.55%, fósforo 1.30%, calcio 0.39%, potasio 1.36%, fibra 18.15%, humedad parcial 37.50%, humedad total 2.21%.

San José Cortez 2 (CD 2)



Ubicación: Cantón San José Cortez, Ciudad Delgado, San Salvador, latitud 89°09'10.8", nombre de la finca "Mónico", longitud 13°45'22.2", altitud 562 msnm. Propietario José Emilio Mónico Juárez.

Descripción del árbol: edad 45 años, forma erecta, ramificación intermedia, vigor débil, altura 3 m, DAP 18.5 cm, sin chupones, número de cojinetes por metro lineal 12, número de frutos por árbol 20.

Descripción de fruto: forma ovado, color amarillo verde, forma de ápice entallado, constricción basal débil, rugosidad moderadamente rugosa, resistencia de cáscara débil, color de la pulpa crema claro, longitud 14.25 cm, ancho 7.15 cm, grosor de cáscara 0.55 cm, profundidad de surco 0.55 cm, caballete 0.94 cm, peso 323.27 g, número de semillas 26, índice de fruto 39.40,

Descripción de semilla: color de semilla blanco, forma de sección longitudinal ovada, forma de sección transversal aplanada, longitud 2.42 cm, ancho 1.44 cm, grosor 0.89 cm, peso seco 0.98 g, índice de semilla 102, número de semilla seca por kg 1020.41.

Análisis bromatológico: ceniza 6.24%, grasa 44.60%, proteína 19%, fósforo 1.18%, calcio 0.40%, potasio 1.11%, fibra 12.23%, humedad parcial 34.50%, humedad total 1.78%.

San José Cortez 3 (CD 3)



Ubicación: Cantón San José Cortez, Ciudad Delgado, San Salvador, latitud 89°09'10.8", Nombre de la finca "Mónico", longitud 13°45'22.2", altitud 562 msnm. Propietario José Emilio Mónico Juárez.

Descripción del árbol: edad 45 años, forma erecta, ramificación simple, vigor intermedio, altura 3 m, DAP 17.2 cm, sin chupones, número de cojinetes por metro lineal 14, número de frutos por árbol 60.

Descripción de fruto: forma ovado, color amarillo verde, forma de ápice entallado, constricción basal débil, rugosidad moderadamente rugosa, resistencia de cáscara débil, color de la pulpa crema oscura, longitud 15.05 cm, ancho 6.65 cm, grosor cáscara 0.5 cm, profundidad de surco 0.2 cm, caballete 0.5 cm, peso 389.14 g, número de semilla 29, índice de fruto 53.88.

Descripción de semilla: color de semilla blanco, forma de sección longitudinal ovada, forma de sección transversal intermedia, longitud 1.75 cm, ancho 0.90 cm, grosor 0.46 cm, peso seco 0.64 g, índice de semillas 156.25, número de semilla seca por kg 1562.50.

Análisis bromatológico: ceniza 7.11%, grasa 38.77%, proteína 18.93%, fósforo 1.61%, calcio 0.40%, potasio 1.50%, fibra 18.71%, humedad parcial 40.12%, humedad total 2.74%.

Arcatao 1 (ARC 1)



Ubicación: Cantón Cerro Grande, Arcatao, Chalatenango, latitud 14°05'11.8", longitud 88°46'52.9", altitud 519 msnm. Propietaria Marina Melgar.

Descripción del árbol: edad 80 años, forma erecta, ramificación intermedia, vigor intermedio, altura 6 m, DAP 9.7 cm, sin chupones, número de cojinetes por metro lineal 9, número de flores por cojinete 6.6, número de frutos por árbol 45.

Descripción de fruto: forma ovado, color amarillo verde, forma de ápice entallado, constricción basal ausente, rugosidad moderadamente rugosa, resistencia de cáscara débil, color de pulpa blanco, longitud 12 cm, ancho 5 cm, grosor cáscara 0.5 cm, profundidad de surco 0.3 cm, caballete 0.9 cm, peso 325.69 g, número de semilla 14, índice de fruto 105.04.

Descripción de semilla: color de semilla blanco, forma de sección longitudinal ovada, forma sección transversal intermedia, longitud 1.6 cm, ancho 0.6 cm, grosor 0.34 cm, peso seco 0.68 g, índice de semilla 147.06, número de semilla por kg 1470.59.

Análisis bromatológico: ceniza 6.21%, grasa 52.85%, proteína 17.97%, fósforo 1.18%, calcio 0.50%, potasio 1.24%, fibra 6.26%, humedad parcial 28.50%, humedad total 2.06%.

Arcatao 2 (ARC 2)



Ubicación: Cantón Cerro Grande, Arcatao, Chalatenango, latitud 14°05'11.8", longitud 88°46'52.9", altitud 519 msnm. Propietaria Marina Melgar.

Descripción del árbol: edad 80 años, forma erecta, ramificación intermedia, vigor intermedio, altura 7 m, DAP 12.6 cm, sin chupones, número de cojinetes por metro lineal 16, número de flores por cojinete 3.8, número de frutos por árbol 50.

Descripción de fruto: forma ovado, color amarillo verde, forma de ápice entallado, constricción basal débil, rugosidad moderadamente rugosa, resistencia de cáscara media, color de pulpa blanco, longitud 14.25 cm, ancho 6 cm, grosor cáscara 0.65 cm, profundidad de surco 0.6 cm, caballete 1.1 cm, peso 348.25 g, número de semillas 12, índice de fruto 139.

Descripción de semilla: color de semilla blanco, forma de sección longitudinal ovada, forma de sección transversal intermedia, longitud 1.62 cm, ancho 0.64 cm, grosor 0.38 cm, peso seco 0.60 g, índice de semilla 166.66, número de semilla por kg 1666.66.

Análisis bromatológico: ceniza 5.05%, grasa 35.79%, proteína 19.15%, fósforo 1.34%, calcio 0.37%, potasio 1.39%, fibra 19.15%, humedad parcial 36.52%, humedad total 1.11%.

Arcatao 3 (ARC 3)



Ubicación: Cantón Cerro Grande, Arcatao, Chalatenango, latitud 14°05'11.8", longitud 88°46'52.9", altitud 519 msnm. Propietaria Marina Melgar.

Descripción del árbol: edad 80 años, forma erecta, ramificación verticilada, vigor intermedio, altura 10 m, DAP 8.3 cm, número de chupones 5, número de cojinetes por metro lineal 11, número de flores por cojinete 4.2, número de frutos por árbol 74.

Descripción de fruto: forma ovado, color amarillo verde, forma de ápice entallado, constricción basal débil, rugosidad moderadamente rugosa, resistencia de cáscara media, color de pulpa blanco, longitud 10 cm, ancho 5 cm, grosor de cáscara 0.6 cm, profundidad de surco 0.18 cm, caballete 0.8 cm, peso 369.24 g, número de semilla 24, índice de fruto 20.22.

Descripción de semilla: color de semilla blanco, forma de sección longitudinal ovada, forma sección transversal intermedia, longitud 2.06 cm, ancho 1.28 cm, grosor 1.09 cm, peso seco 2.06 g, índice de semillas 48.54, número de semilla por kg 485.44

Análisis bromatológico: ceniza 6.40%, grasa 34.46%, proteína 17.24%, fósforo 1.17%, calcio 0.55%, potasio 1.28%, fibra 7.83%, humedad parcial 41.76%, humedad total 3.29%.

Arcatao 4 (ARC 4)



Ubicación: Cantón Cerro grande, Municipio de Arcatao Departamento Chalatenango, latitud 14°05'11.8", longitud 88°46'52.9", altitud 519 msnm. Propietaria Marina Melgar.

Descripción del árbol: edad 80 años, forma erecta, ramificación intermedia, vigor intermedio, altura 8 m, DAP 10.6 cm, número de chupones 3, número de cojinetes por metro lineal 15, número de flores por cojinete 8.4, número de frutos por árbol 67.

Descripción de frutos: forma ovado, color amarillo verde, forma ápice entallado, constricción basal ausente, rugosidad moderadamente rugosa, resistencia de cáscara fuerte, color de pulpa blanco, longitud 19.5 cm, ancho 8.4 cm, grosor cáscara 1.4 cm, profundidad de surco 0.4 cm, caballete 2 cm, peso 450.03 g, número de semilla 21, índice de fruto 23.12.

Descripción de semilla: color de semilla blanco, forma sección longitudinal elíptica, forma sección transversal intermedia, longitud 2.4 cm, ancho 1.4 cm, grosor 1.16 cm, peso seco 2.06 g, índice de semillas 48.54, número de semilla por kg 485.43.

Análisis bromatológico: grasa 46.06%, proteína 11.48%, humedad parcial 51.99%, humedad total 2.83%.

Arcatao 5 (ARC 5)



Ubicación: Cantón Cerro Grande, Arcatao, Chalatenango, latitud 14°05'11.8", longitud 88°46'52.9", altitud 519 msnm. Propietaria Marina Melgar.

Descripción del árbol: edad 80 años, forma erecta, ramificación intermedia, vigor intermedio, altura 10 m, DAP 9 cm, número de chupones 1, número de cojinetes por metro lineal 11, número de flores por cojinete 7.6, número de frutos por árbol 56.

Descripción de frutos: forma ovado, color amarillo verde, forma ápice entallado, constricción basal débil, rugosidad moderadamente rugosa, resistencia de cáscara fuerte, color de pulpa blanco, longitud 14.33 cm, ancho 6.73 cm, grosor cáscara 0.56 cm, profundidad de surco 0.15 cm, caballete 0.83 cm, peso 460.3 g, número de semilla 18, índice de fruto 24.58 g.

Descripción de semilla: color de semilla blanco, forma sección longitudinal ovada, forma sección transversal intermedia, longitud 2.64 cm, ancho 1.4 cm, grosor 1.18 cm, peso seco 2.26 g, índice de semillas 44.24, número de semilla seca por kg 442.48.

Análisis bromatológico: ceniza 6.31%, grasa 30.20%, proteína 16.30%, fósforo 1.18%, calcio 0.55%, potasio 1.26%, fibra 4.36% humedad parcial 39.17%, humedad total 2.83%.

CLONES SANTA CLARA (COOPERATIVA SANTA CLARA)

Santa Clara 1 (SC 1)



Ubicación: cantón San Francisco Amatepes, municipio San Luis Talpa, La Paz, latitud norte 13°23'23.5", longitud norte 89°04'38.4", altitud 7 msnm.

Árbol: 80 años de edad, arquitectura erecta, vigor debil, altura 10 m, DAP 6.8 cm, flores por cojinete 4.8 y 80 frutos por árbol.

Fruto: forma ovado, color amarillo verde, forma del ápice agudo, contricción basal ausente, rugosidad moderada, cáscara fuerte, color de pulpa blanca, longitud 17.45 cm, Ancho 8.36 cm, grosor de cáscara 0.84 cm, profundidad de surco 0.1 cm, caballete 0.6 cm, peso 573.86 g, número de semilla 44, índice de fruto 18.783.

Semilla: color púrpura, sección longitudinal ovada, sección transversal intermedia, longitud 2.38 cm, Ancho 1.36 cm, Grosor 0.84 cm, peso seco 1.21 g, índice de semilla 82.64, número de semilla seca por kg 826.45.

Análisis bromatológico: ceniza 3.97%, grasa 42.87%, proteína 17.07, fosforo 1.59%, calcio 0.69%, potasio 1.22%, fibra 2.39%, humedad parcial 40.20%, humedad total 1.21 %.

Santa Clara 2 (SC 2)



Árbol: 80 años de edad, forma erecta, ramificación simple, vigor intermedio, altura 7 m , DAP 19.1 cm, chupones 5, flores por cojinete 7, cojinetes por metro 45, frutos por árbol 47.

Fruto: forma ovado, color amarillo verde, ápice obtuso, contricción basal moderada, cáscara lisa o ligeramente rugosa, resistencia fuerte, color de pulpa blanco,

longitud 15.6 cm, ancho 8.9 cm, grosor cáscara 1.2 cm, profundidad de surco 0.1 cm, caballete 1.3 cm, peso 563.8 g, número de semilla 45, índice de fruto 28.490,

Semilla: color jaspeada, sección longitudinal ovada, sección transversal aplanada, longitud 1.94 cm, ancho 1.2 cm, grosor 0.52 cm, peso seco 0.78 g, índice de semillas 128.20, número de semilla seca por kg 1282.05.

Análisis bromatológico: ceniza 4.61%, grasa 39.57%, proteína 17.34%, fosforo 1.45%, calcio 0.89%, potasio 1.76%, fibra 9.92%, humedad parcial 36.29%, humedad total 1.85 %.



Santa Clara 4 (SC 4)

Árbol: edad 80 años, forma erecta, ramificación intermedia, vigor intermedio, altura 6 m, DAP 12.4 cm, número de chupones 10, cojinetes por metro 25, flores por cojinete 8.8, frutos por árbol 43.5.

Fruto: color amarillo verde, forma ovado, apice agudo, contricción basal ausente, moderadamente rugoso, cáscara fuerte, color de pulpa blanca, longitud 17.45 cm, ancho 8.36 cm, grosor cáscara 0.5 cm, profundidad de surco 0.1 cm, caballete 0.6 cm, peso 573.86 g, número de semilla 44, índice de fruto 18.78

Semilla: color púrpura, forma sección longitudinal ovada, forma sección transversal intermedia, longitud 2.38 cm, Ancho 1.36 cm, grosor 0.84 cm, peso seco 1.21 g, índice de semillas 82.64, numero de semilla seca por kg 826.45.

Análisis bromatológico: Ceniza 3.97%,grasa 42.87%, proteína 17.14%, fósforo 1.59%, calcio 0.69%, potasio 1.22%, fibra 2.39%, humedad parcial 40.20%, humedad total 1.21%.



Santa Clara 5 (SC 5)

Descripción de árbol: 80 años de edad, alta vigorosidad, forma intermedio, ramificación intermedia, altura 6 m, DAP 12.4 cm, número de chupones 10, cojinetes por metros 25, número de flores por cojinete 8.8, número de frutos por árbol 43.5.

Fruto: color amarillo verde, forma ovado, forma ápice obtuso, contricción basal ausente, rugosidad moderadamente rugosa resistencia de cáscara fuerte, longitud 17.45 cm, ancho 8.36 cm, grosor cáscara 0.5 cm, profundidad de surco 0.1 cm, caballete 0.6 cm, peso 573.86 g, número de semilla 44, índice de fruto 18.783

Semilla: color púrpura, forma sección longitudinal ovada, forma sección transversal intermedia, longitud 2.38 cm, ancho 1.36 cm, grosor 0.84 cm, peso seco 1.21 g, índice de semilla 82.64, número de semillas seca por kg 826.45.

Análisis bromatológico: ceniza 3.97%, grasa 42.87%, proteína 18.57%, fósforo 1.59%, calcio 0.69%, potasio 1.22%, fibra 2.39%, humedad parcial 40.2%, humedad total 1.21%.

Santa Clara 6



Árbol: 80 años de edad, vigor intermedio, forma erecta, ramificación intermedia, altura 7.5 m, DAP 10.85 cm, 7 chupones, 21 cojinetes florales por metro lineal, flores por cojinete 7.2, frutos por árbol 90.

Fruto: color amarillo verde, forma oblonga, ápice obtuso, contricción basal ausente, rugosidad moderada, cáscara fuerte, color de pulpa crema claro, longitud 15.5 cm, ancho 8.45 cm, grosor cáscara 0.53 cm, profundidad de surco 0.465 cm, caballete 0.665 cm, peso 504.72 g, número de semilla 57, índice de fruto 14.62.

Semilla: color púrpura, sección longitudinal ovada, sección transversal intermedia, longitud 2.08 cm, ancho 1.204 cm, grosor 0.78 cm, peso seco 1.2 g, índice de semilla 83.33, número de semilla seca por kg 833.33.

Análisis bromatológico: ceniza 4.35%, grasa 37.28%, proteína 28.48%, fósforo 1.40%, calcio 0.50%, potasio 1.12%, fibra 7.49%, humedad parcial 35.30%, humedad total 1.59%.

Santa Clara 7 (SC 7)



Árbol: 80 años de edad, vigor intermedio, forma erecta, ramificación intermedia, altura 9 m, DAP 7 cm, 3 chupones, 21 cojinetes florales por metro lineal, frutos por árbol 25.

Fruto: color anaranjado, forma ovado, ápice entallado, contricción basal fuerte, rugosidad moderada, cáscara fuerte, color de pulpa blanco, longitud 15.575 cm, ancho 6.35 cm, grosor cáscara 0.7 cm, profundidad de surco 0.27 cm, caballete 0.84 cm, peso 314.97 g, número de semilla 37, índice de fruto 38.610.

Semilla: color rosado, sección longitudinal ovada, sección transversal ovada, longitud 1.524 cm, ancho 0.708 cm, grosor 0.218 cm, peso seco 0.7 g, índice de semilla 142.86, número de semilla seca por kg 1428.57.

Análisis bromatológico: ceniza 3.67%, grasa 56.67%, proteína 20.02%, fósforo 1.11%, calcio 0.59%, potasio 1.11%, fibra 17.16%, humedad parcial 32.38 %, humedad total 1.56%.

Santa Clara 9 (SC 9)



Árbol: 80 años de edad, vigor intermedio, forma erecta, ramificación intermedia, altura 7 m, DAP 17.09 cm, chupones 5, 17 cojinetes por metro lineal, 10.8 flores por cojinete, frutos por árbol 26.

Fruto: color anaranjado, forma ovado, ápice obtuso, contricción basal moderada, rugosidad moderada, cáscara fuerte, color de pulpa blanco, longitud 17 cm, ancho 8 cm, grosor cáscara 1.1 cm, profundidad de surco 0.3 cm, caballete 1.3 cm, peso 452.8 g, número de semilla 36, índice de fruto 49.603.

Semilla: color púrpura, sección longitudinal ovada, sección transversal intermedia, longitud 2.2 cm, ancho 1.16 cm, grosor 0.82 cm, peso seco 0.56 g, índice de semilla 178.57, número de semilla seca por kg 1785.71.

Análisis bromatológico: ceniza 4.65%, grasa 47.93%, proteína 23.21%, fósforo 1.07%, calcio 0.54%, potasio 1.10%, fibra 8.28%, humedad parcial 27.50%, humedad total 1.33%.

Santa Clara 11 (SC 11)



Árbol: 80 años de edad, vigor intermedio, forma intermedia, ramificación verticilada, altura 9 m, DAP 14.02 cm, 6 chupones, 20 cojinetes por metro lineal, 10.2 flores por cojinete, 25 frutos por árbol.

Fruto: color amarillo verde, forma ovado, ápice obtuso, contricción basal débil, cáscara ligeraente rugosa y debil, color de pulpa blanco, longitud 12.675 cm, ancho 6.975 cm, grosor de cáscara 0.6 cm, profundidad de surco 0.2 cm, caballete 1.1 cm, peso 438.7 g, número de semilla 30, índice de fruto 36.364.

Semilla: color púrpura, sección longitudinal, sección transversal intermedia, longitud 1.967 cm, ancho 1.133 cm, grosor 0.600 cm, peso seco 0.917 g, índice de semillas 109.1, número de semilla seca por kg 1090.91.

Análisis bromatológico: ceniza 4.94%, grasa 33.69%, proteína 17.93%, fósforo 1.40%, calcio 0.46%, potasio 1.15%, fibra 6.50%, humedad parcial 35.29%, humedad total 2.07%.



Santa Clara 12 (SC 12)

Árbol: 80 años de edad, vigor intermedio, forma pendulosa, ramificación intermedia, altura 4 m, DAP 6 cm, 6 chupones, 19 cojinetes por metro lineal, 11.25 flores por cojinete, 15 frutos por árbol.

Fruto: color amarillo verde, forma ovado, apice agudo, constricción basal débil, rugosidad de cáscara moderada, cáscara de resistencia fuerte, pulpa blanca, longitud 17.575 cm, ancho 8.6 cm, grosor de cáscara 0.5 cm, profundidad de surco 0.15 cm, caballete 0.6 cm, peso 572.3 g, numero de semilla 30, indice de fruto 32.68.

Semilla: color jaspeado, sección longitudinal ovada, sección transversal aplanada, longitud 2.08 cm, ancho 1.16 cm, grosor 0.72 cm, peso seco 1.02 g, indice de semillas 98.04, número de semilla seca por kg 980.39.

Análisis bromatológico: ceniza 4.67%, grasa 36.98%, proteína 22.59%, fósforo 1.30%, calcio 0.80%, potasio 1.50%, humedad parcial 24.38%, humedad total 1.96%.

Santa Clara 13 (SC 13)



Árbol: 80 años de edad, vigor débil, forma erecta, ramificación verticilada, altura 5 m, DAP 6.49 cm, 6 chupones, 23 cojinetes florales por metro lineal, 9.6 flores por cojinete, frutos por árbol 9.

Fruto: color amarillo verde, forma ovado, ápice obtuso, contricción basal ausente, rugosidad de cáscara moderada, cáscara de resistencia media, pulpa blanca, longitud 9.5 cm, ancho 6.6 cm, grosor de cáscara 0.77 cm, profundidad de surco 0.16 cm, caballete 0.66 cm, peso 456.4 g, número de semilla 40, índice de fruto 46.468.

Semilla: color jaspeado, sección longitudinal ovada, sección transversal intermedia, longitud 2.02 cm, ancho 1.1 cm, grosor 0.78 cm, peso seco 0.538 g, indice de semilla 185.87, número de semilla seca por 1858.74 kg.

Análisis bromatológico: ceniza 6.10%, grasa 39.12%, proteína 18.54%, fósforo 2.06%, calcio 0.46%, potasio 1.77%, humedad parcial 34.20%, humedad total 3.25%.

Santa Clara 18 (SC 18)



Árbol: 80 años de edad, vigor débil, forma erecta, ramificación intermedia, altura 5 m, DAP 5.5 cm, 3 chupones, 19 cojinetes florales por metro lineal, 4.6 flores por cojinete, 25 frutos por árbol.

Fruto: color amarillo verde, forma obovado, ápice agudo, contricción basal moderada, moderadamente rugoso, resistencia de cáscara fuerte, pulpa blanca, longitud 19.8 cm, ancho 7.7 cm, grosor cáscara 0.7 cm, profundidad de surco 0.5 cm, caballete 1.2 cm, peso 564.32 g, número de semilla 35, indice de fruto 31.

Semilla: color púrpura, sección longitudinal oblonga, sección transversal intermedia, longitud 1.96 cm, ancho 1.02 cm, grosor 0.6 cm, peso seco 0.92 g, índice de semilla 108.69, número de semilla por kg 1086.96.

Análisis bromatológico: grasa 49.05%, proteína 18.41%, humedad parcial 9.54%, humedad total 13.031%



Santa Clara 19 (SC 19)

Árbol: 80 años de edad, vigor intermedio, forma intermedia, ramificación intermedia, altura 5 m, DAP 15.6 cm, 3 chupones, 21 cojinetes florales por metro lineal, número de frutos por árbol 40.

Fruto: color amarillo verde, forma oblonga, ápice obtuso, contricción basal débil, cáscara moderadamente rugosa, cáscara de resistencia fuerte, pulpa de color blanco longitud 19 cm, ancho 7.9 cm, grosor cáscara 0.5 cm, profundidad de surco 0.5 cm, caballete 1 cm, peso 577.65 g, número de semilla 40, índice de fruto 17.857.

Semilla: color púrpura, sección longitudinal ovada, sección transversal intermedia, longitud 2.66 cm, ancho 1.4 cm, grosor 0.64 cm, peso seco 1.4 g, indice de semilla 1.4 g, número de semilla por kg 1400.

Análisis bromatológico: ceniza 3.57%, grasa 41.56%, proteína 21.48%, fósforo 1.81%, calcio 0.46%, potasio 1.66%, humedad parcial 28.07%, humedad total 1.91%.



Santa Clara 24 (SC 24)

Árbol: 80 años de edad, vigor intermedio, forma erecta, ramificación intermedia, altura 9 m, DAP 9.5 cm, 3 chupones, 23 cojinetes florales por metro lineal, 7.28 flores por cojinete, frutos por árbol 90.

Fruto: color amarillo verde, forma ovado, ápice obtuso, contricción basal débil, rugosidad moderada, cáscara de resistencia fuerte, pulpa blanca, longitud 14.1 cm, ancho 7.2 cm, grosor cáscara 0.8 cm, profundidad de surco 0.2, caballete 1 cm, peso 455.68 g, número de semilla 43, índice de fruto 24.225.

Semilla: color morado, sección longitudinal ovada, sección transversal intermedia, longitud 2.16 cm, ancho 1.138 cm, grosor 0.792 cm, peso seco 0.96 g, índice de semilla 104.16, número de semilla por kg 1041.67.

Análisis bromatológico: ceniza 5.04%, grasa 35.54%, proteína 28.72%, fósforo 1.44%, calcio 0.52%, potasio 1.89%, fibra 3.59% humedad parcial 36.07%, humedad total 2.96%.



Santa Clara 25 (SC 25)

Árbol: 80 años de edad, vigor intermedio, forma erecta, ramificación intermedia, altura 9 m, DAP 13.75 cm, número de chupones 5, 19 cojinetes florales por metro lineal, 13.2 flores por cojinete, frutos por árbol 60.

Fruto: color amarillo verde, forma ovado, ápice agudo, contricción basal débil, ligeramente liso, cáscara de resistencia fuerte, pulpa blanca, longitud 18 cm, ancho 9 cm, grosor cáscara 1.1 cm, profundidad de surco 0.2 cm, caballete 1.3 cm, peso 580.62 g, número de semilla 34, índice de fruto 24.510.

Semilla: color jaspeado, sección longitudinal ovada, sección transversal intermedia, longitud 2.458 cm, ancho 1.122 cm, grosor 0.796 cm, peso seco 1.2 g, índice de semilla 83.33, número semilla por kg 833.33

Análisis bromatológico: grasa 45.46%, proteína 19.55%, humedad total 2.28%, humedad parcial 29.86%.



Santa Clara 26 (SC 26)

Árbol: 80 años de edad, vigor intermedio, forma erecta, ramificación simple, altura 10 m, DAP 8.9 cm, 8 chupones, 14 cojinetes florales por metro lineal, 6.75 flores por cojinete, frutos por árbol 120.

Fruto: color amarillo verde, forma oblonga, ápice obtuso, contricción basal débil, moderadamente rugoso, cáscara de resistencia fuerte, pulpa blanca, longitud 16 cm, ancho 8.5 cm, grosor cáscara 1.08, profundidad de surco 0.32 cm, caballete 1.2 cm, peso 456.52, número de semilla 40, índice de fruto 26.042.

Semilla: color jaspeado, sección longitudinal ovada, sección transversal intermedia, longitud 2.304 cm, ancho 1.28 cm, grosor 0.802 cm, peso seco 0.96 g, índice de semilla 104.16, número de semilla por kg 1041.67.

Álisis bromatológico: grasa 41.81%, proteína 14.81%, humedad parcial 38.54%, humedad total 2.73%

CONCLUSIONES

Con la caracterización dirigida en campo se descubrieron materiales con características agronómicas deseables encontrando 27 árboles en la Cooperativa Santa Clara, destacándose el árbol codificado como ST 7 y ST 22 con los mayores contenidos de grasa; 11 árboles de Arcatao, Chalatenango de los cuales 5 presentaron semilla blanca y sus frutos clasificados por su forma como cundeamor y angoleta; 3 árboles en San Pedro Nonualco, La Paz, con el 95% de las semillas de color blanco y 3 árboles en San José Cortez, Ciudad Delgado con atributos más acentuados a los cacaos criollos finos de aroma, siendo estas características típicas de cacaos criollos ancestrales.

La variabilidad genética cuantitativa de los árboles seleccionados estuvo determinada por el 36.36% de los descriptores, y mostraron coeficientes de variación mayores del 30%. Además el método de análisis multivariado permitió agrupar 11 componentes o conglomerados por características afines o similitudes de las variables árbol, hojas, flores, frutos y semillas de 27 árboles de cacao caracterizados.

El germoplasma caracterizado *in situ* se ha colectado clonalmente y se ha propagado sexualmente en bancos de germoplasma a fin de generar segregantes de alto valor genético a fin de disponer a futuro material de propagación a productores interesados en propagar clonalmente como una oferta tecnológica propia de la Universidad de El Salvador.

RECOMENDACIONES

Los resultados obtenidos permiten recomendar que se debe continuar con la selección de genotipos con características especiales, además de evaluar el comportamiento de la colecta formada en diferentes sitios y completar la caracterización morfoagronómica realizada con una caracterización molecular.

Agradecimientos

Esta publicación forma parte de la Investigación científica Titulada: "Conservación de recursos fitogenéticos de café y cacao criollo en sistemas agroecológicos productivos de El Salvador frente al cambio climático", el cual es financiado a través del Proyecto de Educación Superior para el Crecimiento Económico, entre el proyecto de USAID y la Universidad de El Salvador (UES) con Acuerdo de Cooperación Número 0214405-G2018-003-00. Los autores también agradecen a la Dra. Dora López por los comentarios y ediciones de este manuscrito.

BIBLIOGRAFIA

APPCACAO (Asociación Peruana de Productores de Cacao). 2008. Estudio de Caracterización del Potencial Genético del Cacao en el Perú. M y O Consulting S.A.C (Empresa Consultora). Lima, Peru. UE-PERU/PENX. 152 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 mar. 2017. Disponible en <https://books.google.com.sv/books?id=wbdCxx->

Cote Flores, 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.

Duarte Hernández, D. 2014. Caracterización Morfo agronómica de 26 materiales regionales e introducidos de cacao (*Theobroma cacao* L.) en San Vicente Chucuri, Santander. Tesis. Ing. A. CO. UFPS. 139p.

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

FEDECACAO 2005. El beneficio y características físico químicas del cacao (*Theobroma cacao* L.). Bogotá; Produmedios.

García Carrión, LF. 2012. Catálogo de cultivares del cacao del Perú (en línea). Lima, PE. Consultada 8 sep. 2016. Disponible en: http://www.regionhuanuco.gob.pe/grde/.../cultivares_2012.pdf.

Graziani de Faríñas, L; Ortiz de Bertorelli, L; Angulo, J; Parra, P. 2002. Características físicas del fruto de cacaos tipos criollo, forastero y trinitario de la localidad de cumboto, Venezuela. Aragua, UCV. Consultado 2 mar.2017. Disponible en http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0002-192X2002000300006.

Hernández Villarreal, AE. 2013. Caracterización Morfológica de Recursos Filogenéticos. Bio Ciencias. 2(3): 113-118.

INIA (Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas). 2005. Descriptor de Caracteres Morfológicos en Cacao. Campo Experimental de San Juan Lagunillas-Mérida. Venezuela. Basado en Engels, *et al* (1980).

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.

Peña Monserrate, GR. (2003). Caracterización Morfológica de 57 Accesiones de Cacao (*Theobroma Cacao* L.) Tipo Nacional de Banco de Germoplasma de la estación experimental tropical pichilingue. Tesis. Ing. A. Universidad Técnica de Manabí Facultad de Ingeniería Agronómica Escuela de Agronomía. Ecuador. 134p.

Pérez Zuñiga, JI. 2009. Evaluación y caracterización de selecciones clonales de cacao (*Theobroma cacao* L.) del Programa de Mejoramiento del CATIE. Tesis MSc. Agricultura Ecológica. CATIE (Centro Agronómico Tropical De Investigación y Enseñanza). Costa Rica. 149p.

Phillips, W; Echeverri, J; Say, E. 2014. Curso Nacional de Cacaocultura Moderna. 56 p.

Rojas, JC; Olgúin, U; Cruz, Reynaldo. 2012. Manual del cultivo de cacao blanco de Piura. Primera edición Piura, Perú, septiembre 2012. Hecho el depósito legal en la Biblioteca Nacional del Perú. 60 p.

Salisbury, FB.; Ross, CW. 1992. Fisiología Vegetal. Traducción al Español. Grupo Editorial Iberoamérica, S.A de C.V. México, D.F.

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

United Cacao Limited, 2015. <http://www.unitedcacao.com/index.php/es/corporate-profile-es/global-cocoa-market-es>

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