



# Revista MINERVA

Plataforma digital de la revista: <https://minerva.sic.ues.edu.sv>



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

### **Morphoagronomic characterization of Creole cocoa (*Theobroma cacao* L.) and its incidence in the selection of promising germplasm in areas of natural presence in El Salvador**

José Alexander López-Hernández<sup>1</sup>, Fredy Noe Ortiz-Mejía<sup>1</sup>, Fidel Ángel Parada-Berríos<sup>1</sup>, Francisco Lara-Ascencio<sup>2</sup>, Elías Antonio Vásquez-Osegueda<sup>1</sup>

#### **RESUMEN**

En El Salvador el cultivo de cacao, se proyecta como un rubro nuevo de producción agrícola, tanto en el ámbito nacional como internacional, constituyendo una oportunidad para el desarrollo económico de productores interesados en este cultivo; por tal motivo se realizó un proceso de prospección de esta especie entre el período de octubre 2013 a junio 2014, iniciando colectas de frutos y material vegetativo de cacao en áreas de presencia natural de la especie. El objetivo fue identificar *in situ* árboles de cacao para la caracterización morfoagronómica, utilizando descriptores adaptados al catálogo de cultivares de cacao del Perú, CATIE y FEDECACAO; por medio del cual se identificaron zonas donde había presencia de la especie, en los municipios de Caluco, en Sonsonate; el Salitre, Ciudad Delgado y Planes de Renderos, San Salvador; Tenancingo, Cuscatlán; San Pedro Nonualco y 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 a nivel nacional. Asimismo, en el laboratorio de Química Agrícola de la Facultad de Ciencias Agronómicas, se realizó análisis bromatológicos a muestras de frutos, determinando: grasa, proteína, ceniza, hierro, zinc, humedad total, humedad parcial y materia seca. Como resultados de esta investigación, se inició una colección de cacao con atributos sobresalientes, los mayores porcentajes de grasa lo obtuvieron los árboles codificados como: 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 las accesiones, UES-SLT-16, con 27.38%; UES-TNG-18, con 23.36%;

1 Departamento de Fitotecnia, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador.

2 Departamento de Protección Vegetal, Facultad de ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador.

y UES-SAL-3 con 21.31%; parámetros que son importantes al momento de hacer programas de producción, mejoramiento genético y en la preservación de este germoplasma.

**Palabras Clave:** cacao criollo, caracterización morfoagronómica, preservación, germoplasma.

## ABSTRACT

In El Salvador, the cultivation of cocoa is projected as a new category of agricultural production both nationally and internationally. It constitutes an opportunity for the economic development of producers interested in this crop. For this reason, a process of prospecting of this species was carried out between the period of October 2013 to June 2014, starting collections of fruits and vegetative material of cocoa in areas of natural presence of the species. The objective was to identify cocoa trees *in situ* for morphoagronomic characterization, using descriptors adapted to the catalog of cocoa cultivars from Peru, CATIE and FEDECACAO. Areas where the species was present were identified, in the municipalities of Caluco, in Sonsonate; El Salitre, Ciudad Delgado and Renderos Plans, San Salvador; Tenancingo, Cuscatlán; San Pedro Nonualco and Santa María Ostuma, La Paz, Ciudad Victoria, Cabañas y Jucuapa, Usulután. 21 trees were characterized; each with their respective qualitative and quantitative attributes such as: tree height, 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 them nationally. Also, in the Agricultural Chemistry laboratory of the Faculty of Agronomic Sciences, bromatological analyzes were carried out on fruit samples, determining: fat, protein, ash, iron, zinc, total humidity, partial humidity and dry matter. As a result of this investigation, a cocoa collection with outstanding attributes was initiated, the highest percentages of fat were obtained by trees coded as: UES-PDP-19, with 56.4%; UES-SPN-7 with 50.67% and UES-SPN-8 with 50.29%; and the highest percentages of protein were identified for 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 production programs, genetic improvement and in the preservation of this germplasm.

**Keywords:** creole cocoa, morphoagronomic characterization, preservation, germplasm.

## INTRODUCCIÓN

El cultivo del cacao es una actividad que está nuevamente estimulando el interés de productores, advirtiéndole su potencial a futuro, constituyéndose en una oportunidad de desarrollo de un nuevo rubro para la generación de trabajo, ingresos y promover otro cultivo de exportación en la agricultura salvadoreña. Esto se debe a que el mercado consumidor extiende 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 de aroma fino y

almendra blanca está consolidándose cada vez más, razón por la cual, muchos fitomejoradores dirigen sus esfuerzos en aumentar el cacao como producto, lo que requiere según Ramos Pérez (1994), la selección de árboles con características idóneas.

La prospección de germoplasma de cacao criollo es una actividad que debemos emprender como investigadores a fin de rescatar aquel germoplasma con las características deseadas en el mercado mundial, como es la demanda de cacao criollo de aroma fino, del cual internacionalmente solo se abastece un 5% de la producción, dominando el cacao forastero y trinitario con un 95%.

En El Salvador la producción de cacao prácticamente fue desplazada por otros rubros

como el café, algodón, caña de azúcar, entre otros, lo que generó durante más de 80 años el olvido del cacao y la erosión genética de las variedades criollas de almendra blanca, proliferando en mayor cantidad los cacaos trinitarios. Desafortunadamente, el cacao ya no se encuentra como cultivo comercial en las fincas, por haber sido sustituido por otros cultivos. Entre las causas que provocaron el desinterés por el cacao se menciona la erupción del volcán de Izalco, cuyas cenizas esparcidas dañaron la mayor parte de zonas cacaoteras en Sonsonate y zonas aledañas. Otro evento relevante fue el despojo de las últimas tierras ejidales y tierras comunales que se poseían entre 1881 y 1982, que por decreto de ley fueron arrebatadas para destinarse al añil en la zona plana y café en las lomas y para otras actividades agrícolas. En esa misma región, en 1932 se registró un evento sangriento que culminó con la muerte de aproximadamente 30,000 indígenas (Anderson, 2001).

Con relación al germoplasma de cacao, en la época de conquista y colonización se contaba con excelente material genético en cuanto a la productividad y calidad, por el impacto de la conquista y colonización se alteró la forma de vida de los pueblos originarios en todos los aspectos incluyendo la parte productiva como la tenencia de la tierra, cultivos, prácticas de manejo, comercio, entre otros, lo cual incidió en la disminución de las áreas de cacao, que en un principio era mayor a 10,000 ha y que a finales del siglo XX se redujeron a menos de 500 ha, influyendo en la disminución proporcional de la riqueza genética (Escalante Arce, 1992).

Por otra parte, debido a un proceso de endogamización en el área de domesticación como es conocido Mesoamérica, los cacaos criollos presentan baja capacidad de adaptación a condiciones variadas del clima, pues tienen como características que son, poco vigorosos y susceptibles a plagas y enfermedades; por ello

se selecciona germoplasma, que proporcionen mejor adaptabilidad a las condiciones de las diferentes zonas de Centro América (Dubón y Sánchez 2011).

Con la investigación se reconoció, caracterizó y seleccionó germoplasma de cacao considerado criollo, encontrando germoplasma de tipos trinitarios y criollos de almendra blanca.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de estudio

La caracterización morfológica de cacao (*Theobroma cacao* L.), se realizó en el periodo comprendido de octubre 2013 a junio 2014, iniciando giras de colecta en el ámbito nacional considerando, aquellas áreas de presencia natural en El Salvador como: Panchimalco, Nejapa y Ciudad Delgado en el departamento de San Salvador; San Pedro Nonualco y Santa María Ostuma en el departamento de La Paz; Tenancingo en el departamento de Cuscatlán; Caluco departamento de Sonsonate y Jucuapa en el departamento de Usulután (Cuadro 1).

### Material experimental

Se caracterizaron 21 árboles de cacao (Cuadro 1), obteniendo muestras de frutos, hojas y flores para su caracterización de gabinete y varetas para su respectiva clonación. Para la obtención de muestras, fue necesario utilizar herramientas como: bolsas plásticas, tijeras de podar, cosechadoras y navajas para injertar.

### Herramientas para la caracterización

La caracterización se realizó utilizando una lista específica, tomando como referencia descriptores morfológicos y agronómicos para cacao de la Cocoa Research Unit-University of West Indians de Trinidad y Tobago, adaptados al catálogo de cultivares de cacao del Perú (García Carrión 2012); catálogo de clones de cacao, seleccionados por el CATIE para siembras comerciales y el documento características de

**Cuadro 1.** Localización y códigos asignados a los materiales de cacao.

Códigos	Lugar de colecta	Latitud Norte	Longitud Oeste	Altura SNM
UES-SAL-1	Hospital Nacional Dr. José Antonio Saldaña, San Salvador.	13.64689°	89.19563°	957
UES-SAL-2	Hospital Nacional Dr. José Antonio Saldaña, San Salvador	13.64683°	89.19548°	961
UES-SAL-3	Hospital Nacional Dr. José Antonio Saldaña, San Salvador	13.64585°	89.19551°	953
UES-SAL-4	Hospital Nacional Dr. José Antonio Saldaña, San Salvador	13.64709°	89.19547°	956
UES-SL-5	San Laureano, Ciudad Delgado, San Salvador.	13.76861°	89.15142°	500
UES-SL-6	San Laureano, Ciudad Delgado, San Salvador.	13.76617°	89.15208°	528
UES-SPN-7	San Pedro Nonualco, Departamento de La Paz.	13.60036°	88.93135°	662
UES-SPN-8	San Pedro Nonualco, Departamento de La Paz.	13.60018°	88.93122°	648
UES-SPN-9	San Pedro Nonualco, Departamento de La Paz.	13.60009°	88.93143°	642
UES-VCT-10	Ciudad Victoria, Municipio de Ilobasco, Cabañas.	13.95128°	88.63352°	896
UES-SMO-11	Santa María Ostuma, Departamento de La Paz.	13.72065°	89.20480°	554
UES-SMO12	Santa María Ostuma, Departamento de La Paz.	13.623872°	88.94567°	553
UES-CAL-13	Finca, Tecoma, Municipio de Caluco, Sonsonate.	13.71547°	89.67445°	323
UES-CAL-14	Finca, Tecoma, Municipio de Caluco, Sonsonate.	13.71547°	89.67451°	295
UES-CAL-15	Finca, Tecoma, Municipio de Caluco, Sonsonate.	13.69511°	89.65012°	363
UES-SLT-16	Municipio de Nejapa, Cantón el Salitre, San Salvador.	13.78720°	89.25519°	739
UES-SLT-17	Municipio de Nejapa, Cantón El Salitre, San Salvador.	13.78710°	89.25508°	737
UES-TNG-18	Corral Viejo, Caserío La Rincona, Tenancingo, Cuscatlán.	13.71955°	89.20290°	562
UES-PDP-19	Plan del pino, El Naranjito, Ciudad Delgado, San Salvador.	13.74370°	89.14978°	520
UES-TNG-20	Rosario Tablón, Tenancingo, Cuscatlán.	13.80104°	88.96557°	573
UES-JCP-21	Cantón Tepesquillo alto, Jucuapa, Usulután.	13.48110°	88.39176°	672

calidad del cacao de Colombia, catálogo de 26 cultivares (Villamil, *et al.* 2013).

### Datos de pasaporte y codificación

Los datos de pasaporte, incluyeron nombre del propietario, nombre de la comunidad, municipio, departamento, coordenadas geográficas y altura sobre el nivel del mar. Para identificar adecuadamente cada árbol caracterizado, se asignó un código, el cual está

estructurado como se cita a continuación: nombre de la institución (UES), nombre del lugar de colecta (fincas, comunidades o cantones) y el número con base al orden correlativo de encuentro y caracterización (Cuadro 1).

### Variables en estudio

Se estudiaron variables cualitativas: 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, cáscara del fruto, color de la semilla, color de los cotiledones, forma del corte longitudinal y transversal de la semilla, color de la estructura floral. Entre las variables cuantitativas: edad del árbol, diámetro del tronco a la altura del pecho (DAP), altura del 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, profundidad del lomo y surco, número de semillas por fruto, longitud y diámetro de la semilla, peso de la semilla, número de óvulos por ovario.

### **Análisis bromatológicos**

Se realizaron los análisis bromatológicos respectivos a las semillas de cada uno de los frutos de cacao por árbol caracterizado, en el laboratorio de Química Agrícola de la Facultad de Ciencias Agronómicas, determinando pH, proteína, grasa, humedad parcial y total, hierro, zinc y materia seca.

### **Análisis de datos**

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

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **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%, verde pigmentado; el 9.52% color rojo; y por último con un valor de 4.76%, verde rojizo. Al respecto García Carrión (2012), menciona que el color del fruto inmaduro puede encontrarse en tres colores: verde, verde pigmentado y rojo; sin embargo, en la investigación se reporta el color verde rojizo como una coloración adicional de frutos inmaduros con respecto al descriptor original.

Con respecto a la forma que presentaron los frutos se encontraron cuatro formas: oblongo, abovado, orbicular y ovado. Del total de frutos evaluados, se observó que el 47.62% son de características oblongos; el 28.57% abovados; el 14.29% ovados; y el 9.52% forma orbicular. García Carrión (2012) describe dos formas adicionales que puede encontrarse en los frutos de cacao, el elíptico y el oblado, no reportados en la presente investigación, posiblemente por el número de árboles muestreados.

La rugosidad del fruto está considerada en tres tipos: profunda, intermedia y superficial, reportando el 47.62%, con rugosidad profunda; el 28.57%, con rugosidad intermedia; mientras que 23.81% tienen rugosidad superficial. García Carrión (2012) reporta de igual forma los tres tipos de rugosidad coincidiendo en este aspecto con el autor.

### **Sección longitudinal y transversal de la semilla, color del cotiledón de la semilla, color de la semilla y color de la semilla**

Referente a la sección longitudinal de la semilla se encontraron cuatro tipologías: irregular, ovada, elíptica y oblonga, se encontró un 47.62% de los frutos con semillas irregulares; el 28.57% ovadas; el 14.29% elípticas; y 9.52% oblongas, coincidiendo con García Carrión (2012) y Mora (2012); quienes establecen que la sección

longitudinal de la semilla posee los mismos tipos oblonga, ovada, elíptica e irregular, a diferencia que el último autor agrega la forma ovalada.

Al describir la sección transversal de la semilla con base a los tipos: intermedia, redondeada y aplanada del descriptor, se reporta que el 66.66% de los frutos, presentaron sus semillas con sección intermedia; 23.81% redondeadas; y 9.52% aplanadas estos tipos encontrados coinciden igualmente con lo descrito por García Carrión (2012) y Mora (2012), quienes describen la sección transversal de la semilla con los mismos tipos: aplanada, intermedia y redondeada.

El color del cotiledón de la semilla, está considerada según los descriptores en cuatro colores: rosado, blanco, morado y violeta, encontrando que el 28.57% de los frutos, sus semillas fueron de color morado; el 23.81% de color rosado; 23.81% color blanco; y 19.04% color violeta. Espinoza (2011) en su estudio encontró granos de color morado a blanco, asimismo, Suárez (2010) establece que al hacerse un corte longitudinal de frutos con su semilla fresca se encuentran en muchos casos cotiledones blancos y violeta en diferentes proporciones. Sari y Susilo (2011), demostraron la presencia de granos de cacao con fuente de polen de otros árboles que influyen directamente en características como el color y tamaño de los granos, fenómeno conocido como “Xenia”, lo

que explica la proporcionalidad en los colores de los granos en un fruto cuando hay fuentes de polen de árboles con almendras de diferentes colores.

### Número de frutos por árbol, peso de frutos y número de semillas por fruto

Al analizar las variables cuantitativas, el número de frutos por árbol nos refleja en primer orden el rendimiento potencial de los mismos, en árbol codificado como UES-SLT-16 presentó el mayor número de frutos (200 frutos), y el UES-TNG-18, mostró el menor número de frutos (12 frutos) en el momento del muestreo, con un valor promedio de 57 frutos; asimismo, el 100% de los árboles muestreados se encontraron dentro del intervalo de 12-200 frutos. Según García Carrión (2012), para obtener el índice de mazorca o fruto en el germoplasma trinitario se requieren de 20-23 mazorcas; mientras que en las variedades forasteras de 25-31 frutos y en las variedades criollas de 23-28 frutos, por lo tanto, árboles arriba de 57 de frutos por árbol se consideran con buen índice de mazorca. Según Martínez Botello (2013), en las investigaciones realizadas para la Federación Nacional de Cacaoteros de Colombia (FEDECACAO), de los clones regionales y universales seleccionados en su investigación, se encontró árboles con un índice de fruto por árbol de 12-21, siendo un rango relativamente menor a los encontrados en la presente investigación (Figura 1).

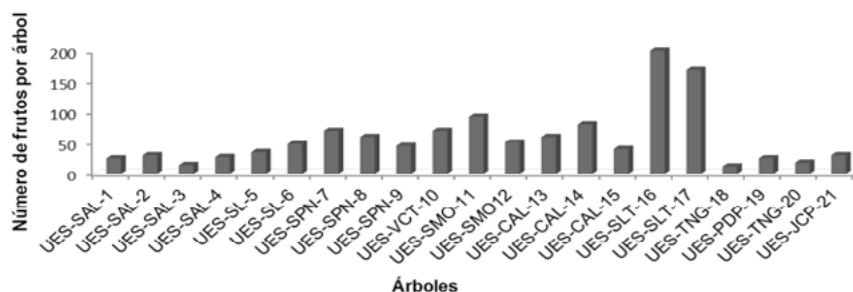


Figura 1. Frutos por árbol.

Los frutos del árbol que presentó mayor peso fue el UES-SL-5 con 1.25 kg, y el de menor valor, los frutos del árbol UES-SAL-1 con 0.173 kg, (Figura 2). El peso promedio de frutos de los 21 árboles fue de 0.53 kg; Asimismo, el 100% de los árboles se encontraron con valores entre 0.17-1.25 kg; Gutiérrez Hernández (2011), reportó en su estudio agronómico y fisicoquímico de los ecotipos, frutos con valores de peso entre 0.45-1.13 kg.

Al contar el número de semillas por fruto, el árbol codificado como UES-CAL-15 presentó el mayor valor con 75 semillas y el árbol UES-

TNG-18, expresó el menor valor con 21 semillas (Figura 3), el valor promedio de 41 semillas. En el 100% de los árboles, surgió una variable en cuanto a que el número de semillas fluctuó en un intervalo de 21-75 semillas por fruto. Al respecto Mora (2012), en el catálogo de clones de cacao del CATIE, los resultados de sus investigaciones para esta variable, fueron de 27-37 semillas por fruto. García Carrión (2012), en su catálogo de clones de Perú, presenta un intervalo de 22-27 semillas por fruto, estos resultados son inferiores a los encontrados en la presente investigación.

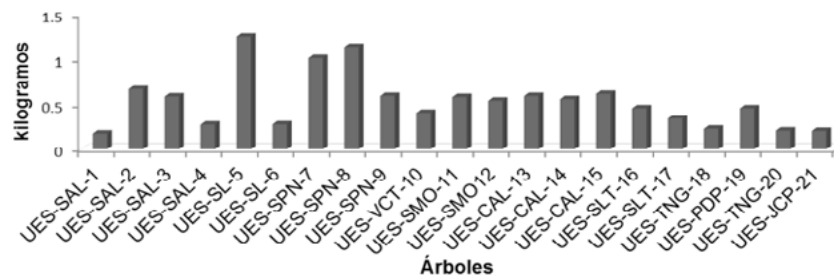


Figura 2. Peso del fruto.

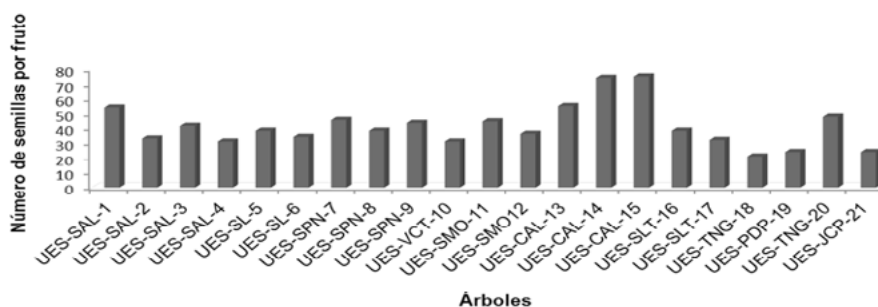


Figura 3. Número de semillas por fruto.

### Longitud y diámetro del fruto

Otras variables cuantitativas de importancia, lo representan la longitud y diámetro de la mazorca o fruto. El árbol codificado como UES-SL-5, presentó los mayores valores de longitud de fruto con 27 cm y 10.52 cm de diámetro;

registrando los menores valores el UES-TNG-20 de 11.3 cm de longitud de fruto y el UES-SAL-1, con 5.73 cm de diámetro, siendo la longitud promedio de 19.05 cm y el diámetro promedio de 8.0 cm. El 100% de los frutos se encuentra dentro del intervalo de 11.3-27 cm de longitud

del fruto y 5.73-10.52 cm diámetro del fruto. Mora (2012), encontró que en la longitud del fruto posee un nivel de 14.3-19.7 cm, mientras, el diámetro se considera un intervalo de 8.5-9.6 cm, estos resultados son congruentes con los encontrados por Ramírez Díaz (2011), quien obtuvo una longitud del fruto entre 14-15 cm

y un diámetro entre 7.5-8.7 cm (Figura 4). Se reporta una alta correlación positiva entre la longitud del fruto/ peso del fruto y diámetro del fruto/ peso del fruto con valores ( $r= 0.74$ ) y ( $r= 0.84$ ) respectivamente, implicando dependencia entre las variables.

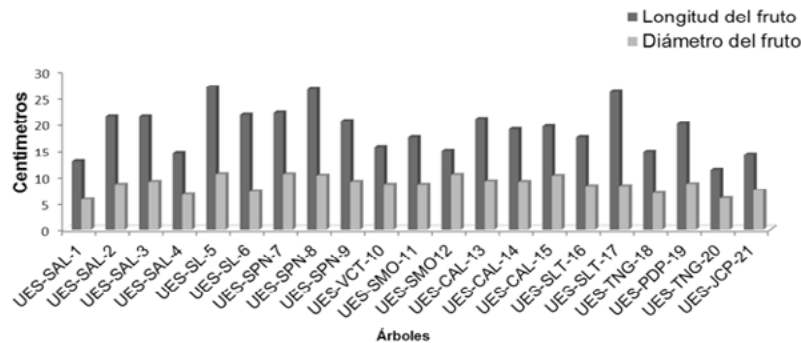


Figura 4. Longitud y diámetro del fruto.

### Longitud, diámetro y peso de la semilla

Las variables relacionadas con la semilla, nos pueden apoyar en la definición de los mejores árboles para propagar, en este sentido las semillas del árbol codificado como UES-PDP-19, mostró los mayores valores de longitud con 2.95 cm y 1.86 cm de diámetro; los menores valores los mostró el UES-SLT-17 con 2.09 cm de longitud y el UES-SAL-4, con 1.11 cm de diámetro de la semilla. La longitud y diámetro promedio fue de 2.37 cm y 1.34 cm

respectivamente, reportando además que el 100% de los árboles fluctúan entre 2.09-2.95 cm de longitud de semilla y 1.11-1.68 cm de diámetro. Al respecto Morán (2012), encontró que los valores para longitud de la semilla se encuentran en un intervalo de 2.1 a 2.6 cm y que el diámetro fluctúa de 0.80 a 1.1 cm para este descriptor; Gutiérrez Hernández (2011) reporta una longitud de la semilla de 2.14-2.50 cm y 1.15-1.26 de diámetro, estos valores son muy similares a los encontrados en la presente investigación (Figura 5). Al referirnos al peso

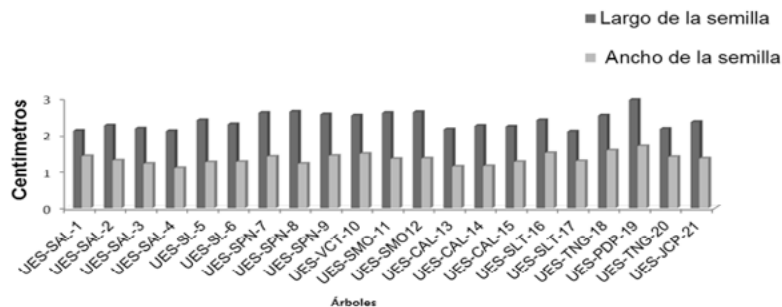


Figura 5. Largo y ancho de la semilla.



de la semilla los frutos 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, el peso promedio de las semillas de los

21 frutos fue de 1.76 g. Por otra parte, el 100% de las semillas el peso fluctuó entre 0.95-3.18 g (Figura 6).

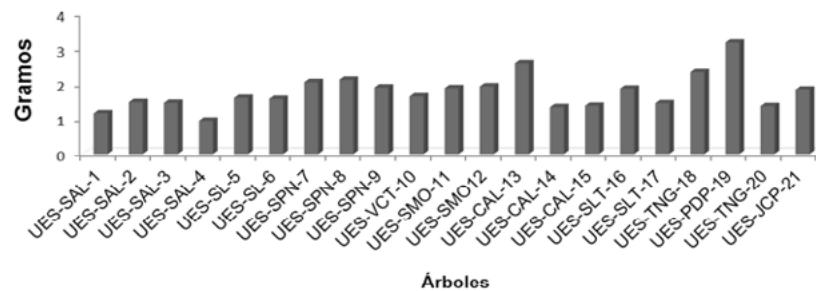


Figura 6. Peso de la semilla.

### Contenido de grasa y proteína

En el cacao, el contenido de grasa es muy importante para la industria y conocer su contenido puede ayudar a definir al agricultor el germoplasma a propagar, siendo, una de las razones que motivó a realizar estas determinaciones, obteniendo como resultado que frutos del árbol codificado como 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%; del 100% de las semillas provenientes de los 21 árboles, los valores de grasa fluctuaron entre 21.8-56.4%. Estos resultados coinciden con los encontrados por Ramírez Díaz (2011), quien obtuvo resultados entre 21.09-46.52% y García Carrión (2012), con valores entre 45 a 59% para el contenido de grasa, lo cual se ajusta con lo reportado para el análisis de esta variable (Figura 7). Se encuentra correlación positiva entre la longitud de la semilla y el contenido de grasa ( $r= 0.57$ ), indicando una probable dependencia de ambas variables.

Con respecto a los valores de proteína, las semillas del árbol UES-SLT-17, exhibieron los mayores valores con un contenido de 27.38%

y el UES-VCT-10, el menor valor, con 7.17%, mostrando la totalidad de las muestras un promedio de 17.04%, encontrando además en el 100% de los árboles fluctuaciones de 7.17 a 27.38% de proteína. Ramírez Díaz (2011), establecen que para el contenido de proteína se tiene valores entre 12.16-17.11% para esta variable (Figura 7).

Las semillas del árbol UES-VCT-10, presentaron el mayor valor de ceniza con 9.03% y el menor valor lo mostraron las semillas del árbol UES-CAL-15, con 3.1%, siendo el contenido promedio 4.54%, al respecto Gutiérrez Hernández (2011) y Martínez Botello (2013), reportan contenidos entre 3.19 a 4.42% y de 3.77-4.63%, respectivamente (Figura 7).

### Contenido de hierro y zinc

Las semillas de los árboles UES-SAL-1 y UES-CAL-15, presentaron los mayores valores con  $4.52 \text{ mg.l}^{-1}$  y  $3.92 \text{ mg.l}^{-1}$  de hierro y zinc respectivamente, los menores lo registraron los árboles UES-CAL-13 y UES-SMO-11 con  $3.12 \text{ mg.l}^{-1}$  y  $2.12 \text{ mg.l}^{-1}$  para hierro y zinc respectivamente (Figura 8). El contenido promedio de hierro en las semillas fue de  $3.88 \text{ mg.l}^{-1}$  y de zinc  $3.02 \text{ mg.l}^{-1}$ .

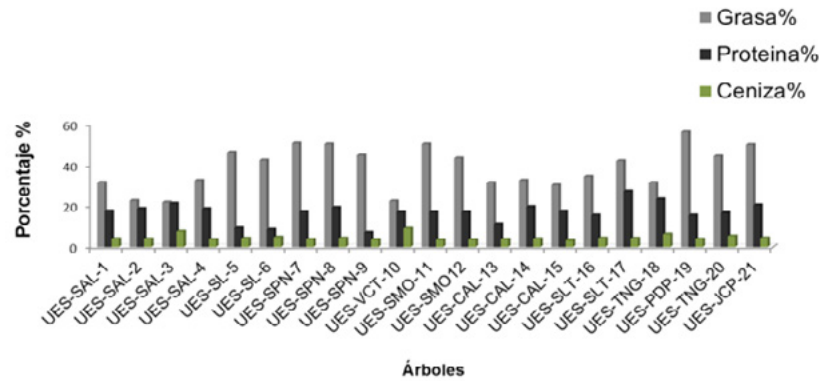


Figura 7. Contenido de grasa, proteína y ceniza de la semilla de cacao.

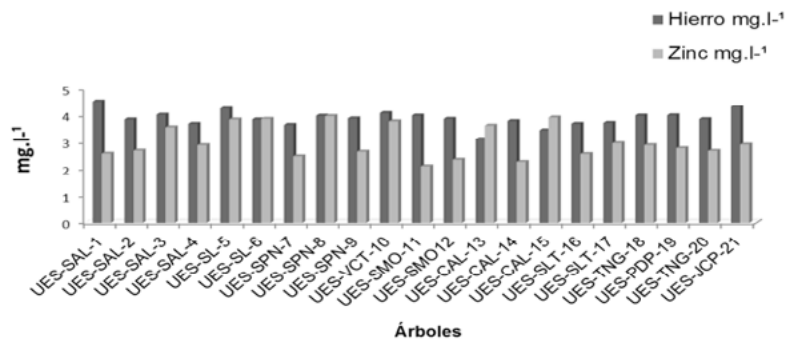


Figura 8. Contenido de hierro y zinc de la semilla de cacao.

### Análisis de conglomerados

Al ejecutar el análisis multivariado en los 21 árboles de cacao caracterizados (Cuadro 2), se encontraron ocho grupos, los cuales mostraron homogeneidad y similitud dentro de ellos, y a su vez heterogeneidad y diferencias entre grupos (Figura 9).

El grupo uno, está formado por los árboles: UES-SAL-1, UES-SAL-2, UES-SAL-3, UES-SAL-4; estos materiales fueron influenciados por los descriptores, altura de árbol y edad, debido a similitud y homogeneidad existente entre las variables, correspondientes a estructura, simetría y arquitectura del árbol. En cuanto a los lugares de colecta, fueron encontrados en el Hospital Nacional Dr. José Antonio Saldaña, Municipio de Panchimalco, Departamento de San Salvador. Asimismo, este grupo mostró, las menores dimensiones de semilla (longitud y peso); en cuanto al 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, grasa y zinc, de igual forma este grupo, se caracterizó por presentar los mayores valores en longitud del fruto, peso de la semilla y zinc con los mayores datos y el menor contenido fue para la proteína con 11.15%; además, 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; 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; el coeficiente de variación promedio fue 23%.

El cuarto grupo está formado únicamente por un árbol, el UES-VCT-10 con los 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. De igual forma este grupo se caracterizó por presentar los valores más altos en las variables de edad de los árboles, diámetro de la semilla, 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 grupo cinco, está formado por 2 árboles, UES-SMO-11, UES-SMO-12. Para la formación de este grupo, influyó el descriptor: edad de los árboles y número de frutos por árbol. Este grupo se caracterizó por presentar los mayores valores en las variables diámetro del fruto y longitud de la semilla; el resto de las variables muestran menores valores como el contenido de ceniza y zinc. El coeficiente de variación para el grupo fue de 7.69%.

El sexto grupo, está formado por los árboles UES-CAL-13, UES-14 y UES-CAL-15, influyendo los descriptores: contenido de hierro y zinc. Este grupo se caracterizó por mostrar los valores más altos en diámetro del fruto y los valores más bajos fueron del diámetro de la semilla y hierro. El coeficiente de variación para este grupo fue de 14.71%.

El séptimo grupo está formado únicamente por dos árboles, los cuales son: UES-SLT-16 y UES-SLT-17, mostró similitud en los siguientes descriptores: número de frutos por árbol, ceniza y zinc, caracterizándose por presentar los valores más altos en las variables de altura del árbol, número de frutos por árbol y contenido de proteína; asimismo, el coeficiente de variación promedio para este fue de 12.30%.

El grupo ocho, está formado por dos árboles UES-TNG-18 y UES-TNG-20, para su agrupación, influyó el contenido de proteína; caracterizándose además por presentar el mayor valor en diámetro de la semilla; el resto de las variables muestran menores valores como la edad de los árboles, longitud, diámetro y peso del fruto, diámetro de la semilla, mientras que el coeficiente de variación para el grupo fue de 17.89%.

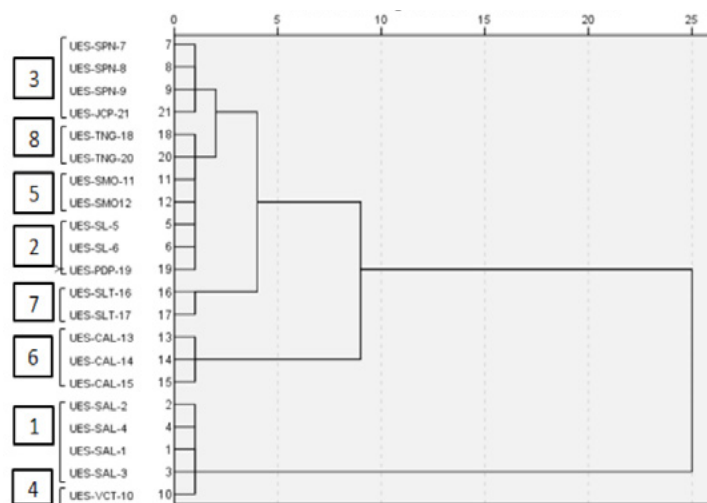
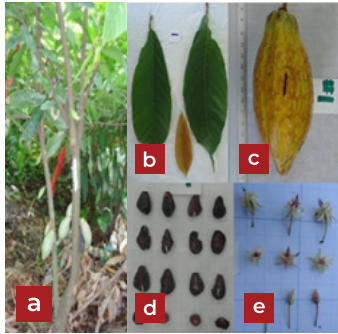


Figura 9. Dendrograma de distancias entre 21 árboles de cacao.

**Cuadro 2.** Catálogo de selecciones de cacao criollo y trinitario.

**ÁRBOL 1 (UES-SAL-1)**



**Figura 10.** Árbol 1 (UES-SAL-1); a) árbol; b) hojas; c) fruto; d) semillas; e) flores.

**Localización:** Encontrado en el Hospital Nacional Dr. José Antonio Saldaña, Panchimalco, San Salvador, 13°64'68.9" latitud norte, 89°19'56.3" longitud oeste, a una elevación de 957 msnm.

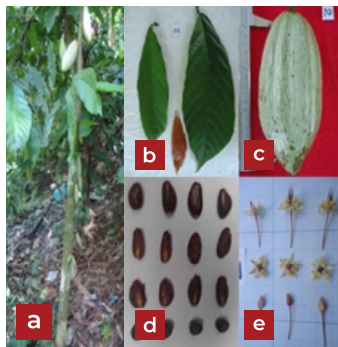
**Descripción del árbol:** Árbol de aproximadamente 20 años de edad (Figura 10), que posee un DAP de 6.15 cm, con una altura de 3 m, y dos ramas principales.

**Descripción de fruto:** El color del fruto inmaduro es verde, forma del fruto oblongo, forma del ápice apezonado, rugosidad ligera y constricción basal intermedia, con un número de 25 frutos al momento de levantar la información, número de semillas por frutos de 54, peso de fruto de 0.17 kg., longitud de fruto de 12.9 cm, diámetro de 5.73 cm, número de surcos de 5, separación de surco de 3.25 cm, altura de caballete 0.70 cm y una profundidad de surco de 0.55 cm.

**Descripción de la semilla:** Color violeta, sección longitudinal irregular, sección transversal intermedia, longitud de 2.11 cm, diámetro de 1.42 cm, y un peso promedio de 1.16 g

**Análisis bromatológico:** pH mucilago 3.9, ceniza 4.02%, grasa 31.58%, proteína 17.65%, humedad parcial 38.26%, humedad total 3.94%, materia seca 57.80%, zinc 2.68 mg.l<sup>-1</sup> y hierro 4.52 mg.l<sup>-1</sup>.

**ÁRBOL 2 (UES-SAL-2)**



**Figura 11.** Árbol 2 (UES-SAL-2); a) árbol; b) hojas; c) fruto; d) semillas; e) flores.

**Localización:** Encontrado en el Hospital Nacional Dr. José Antonio Saldaña, Panchimalco, San Salvador, 13°64'68.3" latitud norte, 89°19'54.8" longitud oeste, a una elevación de 961 msnm.

**Descripción del árbol:** Árbol de aproximadamente 20 años de edad (Figura 11), que posee un DAP de 7.5 cm, con una altura de 2.5 m, y con una rama principal.

**Descripción de fruto:** El color del fruto inmaduro es verde, forma del fruto oblongo, forma del ápice apezonado, rugosidad intermedia y constricción basal ausente, con un número de 14 frutos al momento de levantar la información, número de semillas por frutos de 42, peso de fruto de 0.58 kg., longitud de fruto de 21.5 cm, diámetro de 9.1 cm, número de surcos de 10, separación de surco de 3 cm, altura de caballete 1.65 cm y una profundidad de surco de 1.4 cm.

**Descripción de la semilla:** Color violeta, sección longitudinal irregular, sección transversal intermedia, longitud de 2.17 cm, diámetro de 1.22 cm, y un peso promedio de 1.45 g.

**Análisis bromatológico:** pH mucilago 3.53, ceniza 7.62%, grasa 21.8%, proteína 21.31%, humedad parcial 66.17%, humedad total 4.21%, materia seca 29.62%, zinc 3.56 mg.l<sup>-1</sup> y hierro 4.02 mg.l<sup>-1</sup>.

**ÁRBOL 3 (UES-SAL-3)**



**Figura 12.** Árbol 3 (UES-SAL-3); a) árbol; b) hojas; c) fruto; d) semillas; e) flores.

**Localización:** Encontrado en el Hospital Nacional Dr. José Antonio Saldaña, Panchimalco, San Salvador, 13°64'68.3" latitud norte, 89°19'54.8" longitud oeste, a una elevación de 961 msnm.

**Descripción del árbol:** Árbol de aproximadamente 20 años de edad (Figura 12), que posee un DAP de 7.5 cm, con una altura de 2.5 m, y con una rama principal.

**Descripción de fruto:** El color del fruto inmaduro es verde, forma del fruto oblongo, forma del ápice apezonado, rugosidad intermedia y constricción basal ausente, con un número de 14 frutos al momento de levantar la información, número de semillas por frutos de 42, peso de fruto de 0.58 kg., longitud de fruto de 21.5 cm, diámetro de 9.1 cm, número de surcos de 10, separación de surco de 3 cm, altura de caballete 1.65 cm y una profundidad de surco de 1.4 cm.

**Descripción de la semilla:** Color violeta, sección longitudinal irregular, sección transversal intermedia, longitud de 2.17 cm, diámetro de 1.22 cm, y un peso promedio de 1.45 g.

**Análisis bromatológico:** pH mucilago 3.53, ceniza 7.62%, grasa 21.8%, proteína 21.31%, humedad parcial 66.17%, humedad total 4.21%, materia seca 29.62%, zinc 3.56 mg.l<sup>-1</sup> y hierro 4.02 mg.l<sup>-1</sup>.

#### ÁRBOL 4 (UES-SAL-4)



Figura 13. Árbol 4 (UES-SAL-4); a) árbol; b) hojas; c) fruto; d) semillas; e) flores.

**Localización:** Encontrado en el Hospital Nacional Dr. José Antonio Saldaña, Panchimalco, San Salvador, 13°64'70.9" latitud norte, 89°19'54.7" longitud oeste, a una elevación de 956 msnm.

**Descripción del árbol:** Árbol de aproximadamente 20 años de edad (Figura 13), que posee un DAP de 5.25 cm, con una altura de 3.5 m, y con dos ramas principales.

**Descripción de fruto:** El color del fruto inmaduro es verde, forma del fruto oblongo, forma del ápice agudo, rugosidad intermedia y constricción basal intermedia, con un número de 27 frutos al momento de levantar la información, número de semillas por frutos de 31, peso de fruto de 0.27 kg., longitud de fruto de 14.6 cm, diámetro de 6.61 cm, número de surcos de 10, separación de surco de 2.05 cm, altura de caballete 1.12 cm y una profundidad de surco de 0.95 cm.

**Descripción de la semilla:** Color violeta, sección longitudinal irregular, sección transversal redondeada, longitud de 2.1 cm, diámetro de 1.11 cm, y un peso promedio de 0.95 g.

**Análisis bromatológico:** pH mucilago 3.97, ceniza 3.67%, grasa 32.56%, proteína 18.77%, humedad parcial 45.89%, humedad total 3.85%, materia seca 50.26%, zinc 3.69 mg.l<sup>-1</sup> y hierro 3.67 mg.l<sup>-1</sup>.

#### ÁRBOL 5 (UES-SAL-5)

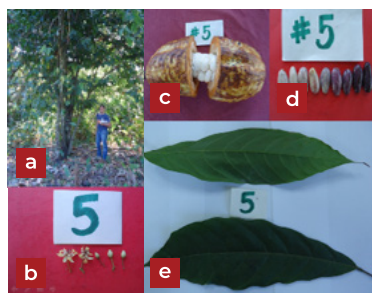


Figura 14. Árbol 5 (UES-SAL-5); a) árbol; b) flores; c) fruto; d) semillas; e) hojas.

**Localización:** Encontrado en San Laureano, Ciudad Delgado, San Salvador, 13°76'86.1" latitud norte, 89°15'14.2" longitud oeste, a una elevación de 500 msnm.

**Descripción del árbol:** Árbol de aproximadamente 40 años de edad (Figura 14), que posee un DAP de 13.4 cm, con una altura de 6 m, y con siete ramas.

**Descripción de fruto:** El color del fruto inmaduro es verde, forma del fruto oblongo, forma del ápice atenuado, rugosidad ligera y constricción basal ausente, con un número de 35 frutos al momento de levantar la información, número de semillas/frutos de 38, peso de fruto de 1.25 kg., longitud de fruto de 27 cm, diámetro de 10.52 cm, número de surcos de 5, separación de surco de 5.75 cm, altura de caballete 2.48 cm y una profundidad de surco de 2.31 cm.

**Descripción de la semilla:** Color violeta, sección longitudinal irregular, sección transversal intermedia, longitud de 2.39 cm, diámetro de 1.26 cm, y un peso promedio de 1.59 g.

**Análisis bromatológico:** pH mucilago 3.71, ceniza 4.28%, grasa 46.26%, proteína 9.29%, humedad parcial 48.97%, humedad total 3.41%, materia seca 47.62%, zinc 3.85 mg.l<sup>-1</sup> y hierro 4.25 mg.l<sup>-1</sup>.

#### ÁRBOL 6 (UES-SAL-6)



Figura 15. Árbol 6 (UES-SAL-6); a) árbol; b) flores; c) fruto; d) semillas; e) hojas.

**Localización:** Encontrado en San Laureano, Ciudad Delgado, San Salvador, 13°76'61.7" latitud norte, 89°15'20.8" longitud oeste, a una elevación de 528 msnm.

**Descripción del árbol:** Árbol de aproximadamente 60 años de edad (Figura 15), que posee un DAP de 10.25 cm, con una altura de 3 m, y con una rama principal.

**Descripción de fruto:** El color del fruto inmaduro es verde pigmentado y surcos de color rojo pigmentado, forma del fruto oblongo, forma del ápice fuerte, rugosidad fuerte y constricción basal ligera, con un número de 48 frutos al momento de levantar la información, número de semillas por frutos de 34, peso de fruto de 0.28 kg., longitud de fruto de 21.83 cm, diámetro de 7.16 cm, número de surcos de 7, separación de surco de 2.33 cm, altura de caballete 1.26 cm y una profundidad de surco de 0.82 cm.

**Descripción de la semilla:** Color blanco, sección longitudinal ovada, sección transversal redondeada, longitud de 2.28 cm, diámetro de 1.27 cm, y un peso promedio de 1.56 g.

**Análisis bromatológico:** pH mucilago 3.42, ceniza 4.8%, grasa 42.40%, proteína 8.58%, humedad parcial 48.90%, humedad total 3.66%, materia seca 47.44%, zinc 3.87 mg.l<sup>-1</sup> y hierro 3.85 mg.l<sup>-1</sup>.

### ÁRBOL 7 (UES-SAL-7)

**Localización:** Encontrado en San Pedro Nonualco, La Paz, 13°60'03.6" latitud norte, 88°13'13.5" longitud oeste, a una elevación de 662 msnm.

**Descripción del árbol:** Árbol de aproximadamente 30 años de edad (Figura 16), que posee un DAP de 10.45 cm, con una altura de 6 m, y con una rama principal.

**Descripción de fruto:** El color del fruto inmaduro es verde rojizo, forma del fruto abovado, forma del ápice atenuado, rugosidad intermedio y constricción basal ausente, con un número de 70 frutos al momento de levantar la información, número de semillas por frutos de 46, peso de fruto de 1.01 kg., longitud de fruto de 22.2 cm, diámetro de 10.50 cm, número de surcos de 10, separación de surco de 3.05 cm, altura de caballete 2.30 cm y una profundidad de surco de 1.26 cm.

**Descripción de la semilla:** Color violeta, sección longitudinal irregular, sección transversal intermedia, longitud de 2.58 cm, diámetro de 1.41 cm y un peso promedio de 2.05 g.

**Análisis bromatológico:** pH mucilago 3.85, ceniza 3.74%, grasa 50.67%, proteína 17.35%, humedad parcial 65.89%, humedad total 4.02%, materia seca 30.09%, zinc 2.48 mg.l<sup>-1</sup> y hierro 3.65 mg.l<sup>-1</sup>.

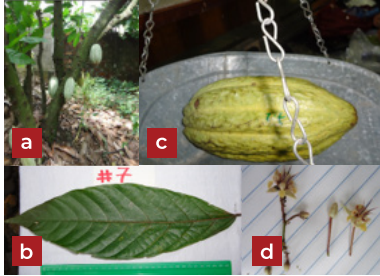


Figura 16. Árbol 7 (UES-SAL-7); a) árbol; b) hoja; c) fruto; d) flores.

### ÁRBOL 8 (UES-SAL-8)

**Localización:** Encontrado en San Pedro Nonualco, La Paz, 13°60'01.8" latitud norte, 88°93'12.2" longitud oeste, a una elevación de 648 msnm.

**Descripción del árbol:** Árbol de aproximadamente 30 años de edad (Figura 17), que posee un DAP de 10.4 cm, con una altura de 3.5 m, y con cuatro de ramas.

**Descripción de fruto:** El color del fruto inmaduro es verde pigmentado, forma del fruto oblongo, forma del ápice atenuado, rugosidad fuerte y constricción basal intermedio, con un número de 60 frutos al momento de levantar la información, número de semillas por frutos de 38, peso de fruto de 1.14 kg., longitud de fruto de 26.5 cm, diámetro de 10.25 cm, número de surcos de 10, separación de surco de 2.90 cm, altura de caballete 1.85 cm y una profundidad de surco de 1.30 cm.

**Descripción de la semilla:** Color violeta, sección longitudinal ovada, sección transversal intermedia, longitud de 2.61 cm, diámetro de 1.22 cm, y un peso promedio de 2.12 g.

**Análisis bromatológico:** pH mucilago 3.56, ceniza 4.37%, grasa 50.29%, proteína 19.36%, humedad parcial 64.32%, humedad total 4.31%, materia seca 31.37%, zinc 3.97 mg.l<sup>-1</sup> y hierro 3.98 mg.l<sup>-1</sup>.

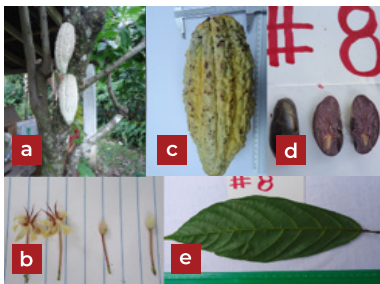


Figura 17. Árbol 8 (UES-SAL-8); a) árbol; b) flores; c) fruto; d) semillas; e) hoja.

### ÁRBOL 9 (UES-SAL-9)

**Localización:** Encontrado en San Pedro Nonualco, La Paz, 13°60'00.9" latitud norte, 88°93'14.3" longitud oeste, a una elevación de 642 msnm.

**Descripción del árbol:** Árbol de aproximadamente 40 años de edad (Figura 18), que posee un DAP de 13.4 cm, con una altura de 6 m, y con siete ramas.

**Descripción de fruto:** El color del fruto inmaduro es verde, forma del fruto abovado, forma del ápice agudo, rugosidad fuerte y constricción basal fuerte, con un número de 45 frutos al momento de levantar la información, número de semillas por frutos de 44, peso de fruto de 0.59 kg., longitud de fruto de 20.6 cm, diámetro de 9.1 cm, número de surcos de 10, separación de surco de 2.60 cm, altura de caballete 1.85 cm y una profundidad de surco de 1.25 cm.

**Descripción de la semilla:** Color violeta, sección longitudinal irregular, sección transversal intermedia, longitud de 2.54 cm, diámetro de 1.43 cm, y un peso promedio de 1.90 g.

**Análisis bromatológico:** pH mucilago 3.46, ceniza 3.53%, grasa 48.78%, proteína 7.17%, humedad parcial 62.89%, humedad total 4.12%, materia seca 32.99%, zinc 2.65 mg.l<sup>-1</sup> y hierro 3.89 mg.l<sup>-1</sup>.

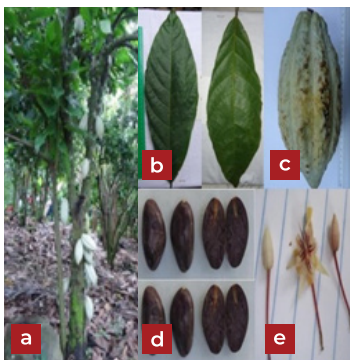


Figura 18. Árbol 9 (UES-SAL-9); a) árbol; b) hojas; c) fruto; d) semillas; e) flores.

### ÁRBOL 10 (UES-SAL-10)



**Figura 19.** Árbol 10 (UES-SAL-10); a) árbol; b) flores; c) frutos; d) semillas; e) hoja.

**Localización:** Encontrado en Villa Victoria, Ilobasco, Cabañas, 13°95'12.8" latitud norte, 88°63'35.2" longitud oeste, a una elevación de 896 msnm.

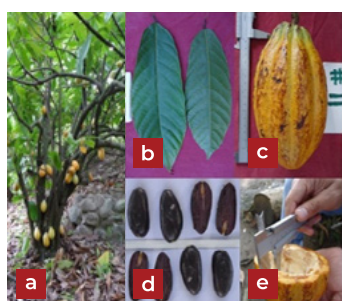
**Descripción del árbol:** Árbol de aproximadamente 80 años de edad (Figura 19), que posee un DAP de 16.5 cm, con una altura de 4 m, y con una rama principal.

**Descripción de fruto:** El color del fruto inmaduro es rojo, forma del fruto orbicular, forma del ápice agudo, rugosidad ligera y constricción basal ausente, con un número de 70 frutos al momento de levantar la información, número de semillas por frutos de 31, peso de fruto de 0.40 kg., longitud de fruto de 15.66 cm, diámetro de 8.60 cm, número de surcos de 10, separación de surco de 2.40 cm, altura de caballete 1.20 cm y una profundidad de surco de 0.90 cm.

**Descripción de la semilla:** Color blanco, sección longitudinal ovada, sección transversal redondeado, longitud de 2.51 cm, diámetro de 1.48 cm, y un peso promedio de 1.63 g.

**Análisis bromatológico:** pH mucilago 4.29, ceniza 9.03%, grasa 22.36%, proteína 17.22%, humedad parcial 78.30%, humedad total 5.17%, materia seca 16.53%, zinc 3.78 mg.l<sup>-1</sup> y hierro 4.08 mg.l<sup>-1</sup>.

### ÁRBOL 11 (UES-SAL-11)



**Figura 20.** Árbol 11 (UES-SAL-11); a) árbol; b) hojas; c) fruto; d) semillas; e) toma de medidas.

**Localización:** Encontrado en Santa María Ostuma, La Paz, 13°72'06.5" latitud norte, 89°20'48.0" longitud oeste, a una elevación de 554 msnm.

**Descripción del árbol:** Árbol de aproximadamente 35 años de edad (Figura 20), que posee un DAP de 7.6 cm, con una altura de 4 m, y con cinco ramas.

**Descripción de fruto:** El color del fruto inmaduro es verde pigmentado, forma del fruto ovado, forma del ápice obtuso, rugosidad ligera y constricción basal ligera, con un número de 92 frutos al momento de levantar la información, número de semillas por frutos de 45, peso de fruto de 0.58 kg., longitud de fruto de 17.5 cm, diámetro de 8.6 cm, número de surcos de 10, separación de surco de 2.5 cm, altura de caballete 1.45 cm y una profundidad de surco de 1.00 cm.

**Descripción de la semilla:** Color violeta, sección longitudinal irregular, sección transversal intermedia, longitud de 2.58 cm, diámetro de 1.38 cm, y un peso promedio de 1.88 g.

**Análisis bromatológico:** pH mucilago 3.53, ceniza 3.39%, grasa 50.30%, proteína 17.22%, humedad parcial 48.90%, humedad total 3.81%, materia seca 47.29%, zinc 2.12 mg.l<sup>-1</sup> y hierro 3.99 mg.l<sup>-1</sup>.

### ÁRBOL 12 (UES-SAL-12)



**Figura 21.** Árbol 12 (UES-SAL-12); a) árbol; b) hojas; c) fruto; d) semillas; e) toma de medidas.

**Localización:** Encontrado Santa María Ostuma, La Paz, 13°62'38.72" latitud norte, 89°94'56.7" longitud oeste, a una elevación de 553 msnm.

**Descripción del árbol:** Árbol de aproximadamente 35 años de edad (Figura 21), que posee un DAP de 10.45 cm, con una altura de 3 m, y con cuatro ramas.

**Descripción de fruto:** El color del fruto inmaduro es verde pigmentado, forma del fruto orbicular, forma del ápice obtuso, rugosidad ausente (liso) y constricción basal intermedio, con un número de 51 frutos al momento de levantar la información, número de semillas por frutos de 36, peso de fruto de 0.54 kg., longitud de fruto de 15 cm, diámetro de 10.40 cm, número de surcos de 10, separación de surco de 2.85 cm, altura de caballete 1.60 cm y una profundidad de surco de 1.30 cm.

**Descripción de la semilla:** Color violeta, sección longitudinal elíptica, sección transversal aplanado, longitud de 2.60 cm, diámetro del.36 cm, y un peso promedio de 1.93 g.

**Análisis bromatológico:** pH mucilago 3.61, ceniza 3.52%, grasa 43.38%, proteína 17.15%, humedad parcial 45.68%, humedad total 3.52%, materia seca 50.80%, zinc 2.36 mg.l<sup>-1</sup> y hierro 3.87 mg.l<sup>-1</sup>.



Figura 22. Árbol 13 (UES-SAL-13); a) árbol; b) hojas; c) fruto; d) semillas; e) flores.

#### ÁRBOL 13 (UES-SAL-13)

**Localización:** Encontrado en la Finca Tecoma, Caluco, Sonsonate, 13°71'54.7" latitud norte, 89°67'44.5" longitud oeste, a una elevación de 323 msnm.

**Descripción del árbol:** Árbol de aproximadamente 50 años de edad (Figura 22), que posee un DAP de 19 cm, con una altura de 7 m, y con cuatro ramas.

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

**Descripción de la semilla:** Color violeta, sección longitudinal irregular, sección transversal intermedia, longitud de 2.15 cm, diámetro de 1.15 cm, y un peso promedio de 2.57 g.

**Análisis bromatológico:** pH mucilago 3.79, ceniza 3.71%, grasa 31.50%, proteína 11.40%, humedad parcial 62.30%, humedad total 4.72%, materia seca 32.98%, zinc 3.62 mg.l<sup>-1</sup> y hierro 3.12 mg.l<sup>-1</sup>.

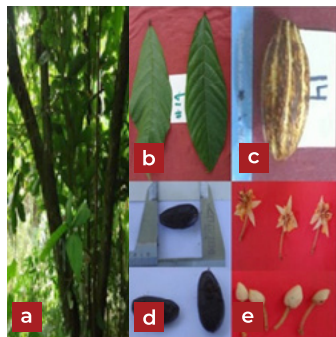


Figura 23. Árbol 14 (UES-SAL-14); a) árbol; b) hojas; c) fruto; d) semillas; e) flores.

#### ÁRBOL 14 (UES-SAL-14)

**Localización:** Encontrado en la Finca Tecoma, Caluco, Sonsonate, 13°71'54.7" latitud norte, 89°67'45.1" longitud oeste, a una elevación de 295 msnm.

**Descripción del árbol:** Árbol de aproximadamente 50 años de edad (Figura 23), que posee un DAP de 18 cm, con una altura de 6 m, y con dos ramas principales.

**Descripción de fruto:** El color del fruto inmaduro es verde pigmentado, forma del fruto abovado, forma del ápice obtuso, rugosidad ligera y constricción basal intermedio, con un número de 80 frutos al momento de levantar la información, número de semillas por frutos de 74, peso de fruto de 0.56 kg., longitud de fruto de 19 cm, diámetro de 9.1 cm, número de surcos de 10, separación de surco de 2.5 cm, altura de caballete 1.4 cm y una profundidad de surco de 1.00 cm.

**Descripción de la semilla:** Color violeta, sección longitudinal oblonga, sección transversal redondeada, longitud de 2.24 cm, diámetro de 1.16 cm, y un peso promedio de 1.33 g.

**Análisis bromatológico:** pH mucilago 3.75, ceniza 4.00%, grasa 32.57%, proteína 19.78%, humedad parcial 48.60%, humedad total 3.44%, materia seca 47.96%, zinc 2.28 mg.l<sup>-1</sup> y hierro 3.79 mg.l<sup>-1</sup>.

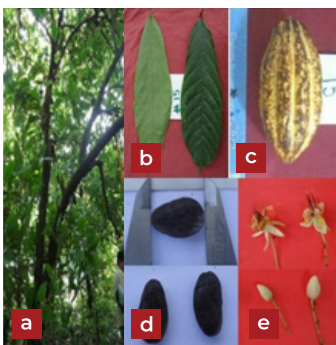


Figura 24. Árbol 15 (UES-SAL-15); a) árbol; b) hojas; c) fruto; d) semillas; e) flores.

#### ÁRBOL 15 (UES-SAL-15)

**Localización:** Encontrado en Finca Tecoma, Caluco, Sonsonate, 13°69'51.1" latitud norte, 89°65'01.2" longitud oeste, a una elevación de 363 msnm.

**Descripción del árbol:** Árbol de aproximadamente 50 años de edad (Figura 24), que posee un DAP de 22 cm, con una altura de 7 m, y con una rama principal.

**Descripción de fruto:** El color del fruto inmaduro es verde pigmentado, forma del fruto abovado, forma del ápice apezonado, rugosidad ligera y constricción basal ligera, con un número de 40 frutos al momento de levantar la información, número de semillas por frutos de 75, peso de fruto de 0.61 kg., longitud de fruto de 19.5 cm, diámetro de 10.2 cm, número de surcos de 10, separación de surco de 2.55 cm, altura de caballete 1.6 cm y profundidad de surco de 1.1 cm.

**Descripción de la semilla:** Color violeta, sección longitudinal ovada, sección transversal intermedia, longitud de 2.22 cm, diámetro de 1.27 cm, y un peso promedio de 1.37 g.

**Análisis bromatológico:** pH mucilago 3.50, ceniza 3.10%, grasa 30.30%, proteína 17.57%, humedad parcial 39.56%, humedad total 2.55%, materia seca 57.89%, zinc 3.92 mg.l<sup>-1</sup> y hierro 3.45 mg.l<sup>-1</sup>.



### ÁRBOL 16 (UES-SAL-16)



**Figura 25.** Árbol 16 (UES-SAL-16); a) árbol; b) hojas; c) fruto; d) semillas; e) flores.

**Localización:** Encontrado en Salitre, Nejapa, San Salvador, 13°78'72.0" latitud norte, 89°25'51.9" longitud oeste, a una elevación de 739 msnm.

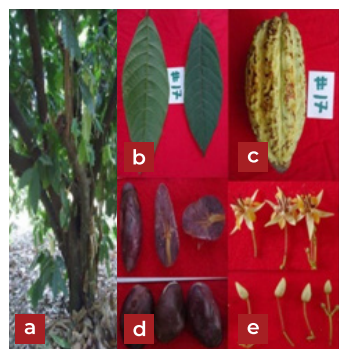
**Descripción del árbol:** Árbol de aproximadamente 70 años de edad (Figura 25), que posee un DAP de 22 cm, con una altura de 7 m, y con una rama principal.

**Descripción de fruto:** El color del fruto inmaduro es verde pigmentado, forma del fruto abovado, forma del ápice apezonado, rugosidad ligera y constricción basal ausente, con un número de 200 frutos al momento de levantar la información, número de semillas por frutos de 38, peso de fruto de 0.45 kg., longitud de fruto de 17.5 cm, diámetro de 8.3 cm, número de surcos de 9, separación de surco de 2.25 cm, altura de caballete 1.55 cm y una profundidad de surco de 1.05 cm.

**Descripción de la semilla:** Color de la semilla violeta, sección longitudinal elíptica, sección transversal intermedia, longitud de 2.39 cm, diámetro de 1.5 cm, y un peso promedio de 1.87 g.

**Análisis bromatológico:** pH mucilago 3.65, ceniza 4.37%, grasa 34.48%, proteína 15.57%, humedad parcial 69.80%, humedad total 5.61%, materia seca 24.59%, zinc 2.57 mg.l<sup>-1</sup> y hierro 3.69 mg.l<sup>-1</sup>.

### ÁRBOL 17 (UES-SAL-17)



**Figura 26.** Árbol 17 (UES-SAL-17); a) árbol; b) hojas; c) fruto; d) semillas; e) flores.

**Localización:** Encontrado en Salitre, Nejapa, San Salvador, 13°78'71.0" latitud norte, 89°25'50.8" longitud oeste, a una elevación de 737 msnm.

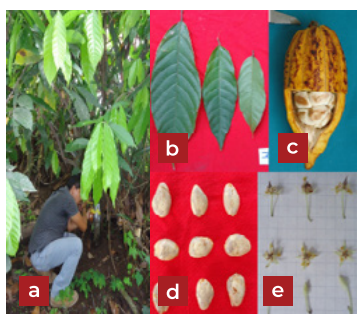
**Descripción del árbol:** Árbol de aproximadamente 70 años de edad (Figura 26), que posee un DAP de 15.5 cm, con una altura de 8 m, y con siete ramas.

**Descripción de fruto:** El color del fruto inmaduro es verde pigmentado, forma del fruto oblongo, forma del ápice apezonado, rugosidad intermedia y constricción basal ausente, con un número de 170 frutos al momento de levantar la información, número de semillas por frutos de 32, peso de fruto de 0.34 kg., longitud de fruto de 26 cm, diámetro de 8.3 cm, número de surcos de 10, separación de surco de 2.31 cm, altura de caballete 1.4 cm y una profundidad de surco de 0.95 cm.

**Descripción de la semilla:** Color de la semilla violeta, sección longitudinal irregular, sección transversal intermedia, longitud de 2.09 cm, diámetro de 1.29 cm, y un peso promedio de 1.44 g.

**Análisis bromatológico:** pH mucilago 4.46, ceniza 4.23%, grasa 42.06%, proteína 27.38%, humedad parcial 43.60%, humedad total 3.27%, materia seca 53.13%, zinc 2.96 mg.l<sup>-1</sup> y hierro 3.72 mg.l<sup>-1</sup>.

### ÁRBOL 18 (UES-SAL-18)



**Figura 27.** Árbol 18 (UES-SAL-18); a) árbol; b) hojas; c) fruto; d) semillas; e) flores.

**Localización:** Encontrado en Corral Viejo, Caserío La Rincona, Tenancingo, Cuscatlán, 13°71'95.5" latitud norte, 89°28'29.0" longitud oeste, a una elevación de 562 msnm.

**Descripción del árbol:** Árbol de aproximadamente 10 años de edad (Figura 27), que posee un DAP de 10.5 cm, con una altura de 3.5 m, y con dos ramas principales.

**Descripción de fruto:** El color del fruto inmaduro es verde, forma del fruto ovada, forma del ápice agudo, rugosidad intermedio y constricción basal ausente, con un número de 12 frutos al momento de levantar la información, número de semillas por frutos de 21, peso de fruto de 0.28 kg., longitud de fruto de 14.8 cm, diámetro de 6.9 cm, número de surcos de 10, separación de surco de 1.93 cm, altura de caballete 0.95 cm y una profundidad de surco de 0.7 cm.

**Descripción de la semilla:** Color de la semilla blanco, sección longitudinal irregular, sección transversal intermedia, longitud de 2.51 cm, diámetro de 1.57 cm, y un peso promedio de 2.33 g.

**Análisis bromatológico:** pH mucilago 4.31, ceniza 6.31%, grasa 31.48%, proteína 23.36%, humedad parcial 46.12%, humedad total 3.88%, materia seca 50.00%, zinc 2.89 mg.l<sup>-1</sup> y hierro 3.99 mg.l<sup>-1</sup>.

### ÁRBOL 19 (UES-SAL-19)

**Localización:** Encontrado en Plan del Pino, el Naranjito, Ciudad Delgado, San Salvador, 13°74'37.0" latitud norte, 89°14'97.8" longitud oeste, a una elevación de 520 msnm.

**Descripción del árbol:** Árbol de aproximadamente 40 años de edad (Figura 28), que posee un DAP de 19 cm, con una altura de 10 m, y con una rama principal.

**Descripción de fruto:** El color del fruto inmaduro es verde, forma del fruto oblongo, forma del ápice agudo, rugosidad intermedio y constricción basal ligera, con un número de 25 frutos al momento de levantar la información, número de semillas por frutos de 24, peso de fruto de 0.45 kg., longitud de fruto de 20 cm, diámetro de 8.7 cm, número de surcos de 7, separación de surco de 3.8 cm, altura de caballete 1.45 cm y una profundidad de surco de 1.00 cm.

**Descripción de la semilla:** Color violeta, sección longitudinal oblonga, sección transversal intermedia, longitud de 2.95 cm, diámetro de 1.68 cm, peso promedio de 3.18 g.

**Análisis bromatológico:** pH mucilago 3.42, ceniza 3.86%, grasa 56.40%, proteína 15.57%, humedad parcial 29.88%, humedad total 2.85%, materia seca 67.27%, zinc 2.78 mg.l<sup>-1</sup> y hierro 4.00 mg.l<sup>-1</sup>.



**Figura 28.** Árbol 19 (UES-SAL-19); a) árbol; b) hojas; c) fruto; d) semillas; e) flores.

### ÁRBOL 20 (UES-SAL-20)

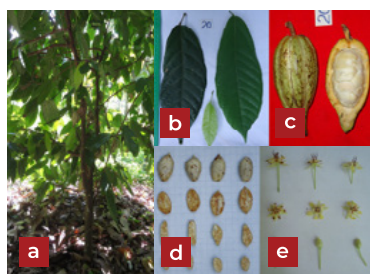
**Localización:** Encontrado en Rosario Tablón, Tenancingo, Cuscatlán, 13°80'10.4" latitud norte, 89°96'55.7" longitud oeste, a una elevación de 573 msnm.

**Descripción del árbol:** Árbol de aproximadamente 10 años de edad (Figura 29), que posee un DAP de 7 cm, con una altura de 2 m y con una rama principal.

**Descripción de fruto:** El color del fruto inmaduro es verde, forma del fruto ovado, forma del ápice agudo, rugosidad ligera y constricción basal ausente, con un número de 18 frutos al momento de levantar la información, número de semillas por frutos de 48, peso de fruto de 0.21 kg., longitud de fruto de 11.3 cm, diámetro de 5.95 cm, número de surcos de 10, separación de surco de 1.98 cm, altura de caballete 0.87 cm y una profundidad de surco de 0.60 cm.

**Descripción de la semilla:** Color blanco, sección longitudinal elíptica, sección transversal aplanada, longitud de 2.16 cm, diámetro de 1.4 cm, y un peso promedio de 1.36 g.

**Análisis bromatológico:** pH mucilago 4.2, ceniza 5.39%, grasa 44.36%, proteína 16.76%, humedad parcial 44.73%, humedad total 3.63%, materia seca 51.64%, zinc 2.68 mg.l<sup>-1</sup> y hierro 3.86 mg.l<sup>-1</sup>.



**Figura 29.** Árbol 20 (UES-SAL-20); a) árbol; b) hojas; c) fruto; d) semillas; e) flores.

### ÁRBOL 21 (UES-SAL-21)

**Localización:** Encontrado en Sierra Tecapán, Chinameca, Cantón Tepesquillo Alto, Cerro el Tigre, Jucuapa, Usulután, 13°48'11.0" latitud norte, 89°39'17.6" longitud oeste, a una elevación de 672 msnm.

**Descripción del árbol:** Árbol de aproximadamente 15 años de edad (Figura 30), que posee un DAP de 7 cm, con una altura de 2.5 m, y con dos ramas principal.

**Descripción de fruto:** El color del fruto inmaduro es rojo, forma del fruto oblongo, forma del ápice atenuado, rugosidad fuerte y constricción basal intermedio, con un número de 30 frutos al momento de levantar la información, número de semillas por frutos de 24, peso de fruto de 0.20 kg., longitud de fruto de 14.3 cm, diámetro de 7.45 cm, número de surcos de 5, separación de surco de 3.7 cm, altura de caballete 1.3 cm y una profundidad de surco de 0.65 cm.

**Descripción de la semilla:** Color violeta, sección longitudinal ovada, sección transversal redondeada, longitud de 2.34 cm, diámetro de 1.36 cm, y un peso promedio de 1.84 g.

**Análisis bromatológico:** pH mucilago 3.76, ceniza 4.43%, grasa 50.00%, proteína 20.55%, humedad parcial 36.67%, humedad total 3.09%, materia seca 60.24%, zinc 2.91 mg.l<sup>-1</sup> y hierro 4.32 mg.l<sup>-1</sup>.



**Figura 30.** Árbol 21 (UES-SAL-21); a) árbol; b) hojas; c) fruto; d) semillas; e) flores.

## CONCLUSIONES

Se cuenta con los primeros 21 árboles de cacao caracterizados morfoagronómicamente, colectados en ocho municipios correspondientes a 6 departamentos de El Salvador, demostrando la presencia de alta variabilidad genética confirmada por la formación de 8 grupos conglomerados con alta heterogeneidad entre grupos y homogeneidad en los subgrupos basada en el ordenamiento de los descriptores.

Se encontraron cuatro árboles con almendras de color total y parcialmente blanca (UES-SL-6, UES-VCT-10, UES-TNG-18 y UES-TNG-20), clasificándolos preliminarmente como criollos; y el resto (17 árboles) con almendras en tonalidades de violeta a completamente morado, demostrando que su origen en su mayoría es trinitario.

Con relación al contenido de grasa, de los 21 materiales caracterizados, UES-JCP-21, UES-SPN-8, UES-SMO-11, UES-PDP-19 y el UES-SPN-7, presentaron los mayores valores para esta variable, lo cual indica que está arriba del 50% de grasa, considerado como germoplasma de interés para la agroindustria.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue realizado con el apoyo financiero del proyecto de Educación Superior para el Crecimiento Económico, según acuerdo de cooperación número 0214405-G2018-003-00 entre el proyecto USAID y la Universidad de El Salvador, Centro América.

## BIBLIOGRAFÍA.

Anderson, TR. 2001. El Salvador 1932., Trad. Juan Mario Castellanos 3ra ed. Dirección de Publicaciones e impresos. CONCULTURA. San Salvador, El Salvador.

Batista, L. 2009. Guía Técnica El Cultivo del Cacao. (En línea). Santo Domingo, DO. CEDAF. Consultado 29 de ago. 2012. Disponible en [http://foroagroindustria.files.wordpress.com/2010/02/presentacion\\_cacao\\_ujmd\\_el-salvador.pdf](http://foroagroindustria.files.wordpress.com/2010/02/presentacion_cacao_ujmd_el-salvador.pdf)

Braudeav, J. 1970. El Cacao: Técnicas Agrícolas y Producciones Tropicales. Barcelona, ES. Colección agricultura tropical. 297 p.

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.

Escalante Arce, P. 1992. Códice Sonsonate. Tomo I y II. 1ra Ed. Dirección de Publicaciones e Impresos. CONCULTURA. Ministerio de Educación. El Salvador.

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

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

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

García Carrión, LF. 2012. Catálogo de Cultivares del Cacao del Perú. (En línea). Lima, PE.

Consultada 8 sep. 2013. Disponible en:  
[http://www.regionhuanuco.gob.pe/grde/.../cultivares\\_2012.pdf](http://www.regionhuanuco.gob.pe/grde/.../cultivares_2012.pdf).

Gutiérrez Hernández, BE. 2011. "Estudio Agronómico y Físicoquímico de los Eco Tipos de Cacao Cultivados en los Municipios de Izalco y Nahuilingo, en el Departamento de Sonsonate en El Salvador". Tesis. Ing. Alimento. Antiguo Cuscatlán, SV. UMD. 116 p.

Montecinos, EC. 2012. Caracterización de la Cadena de Valor de Cacao en El Salvador. CENTA-MAG. La Libertad, SV. 71 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.

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

Villamil, AP et al. 2013. Características de Calidad del Cacao de Colombia, Catálogo 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 Quinde 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>

Zuñiga Cernades, L. 2012. Manual Práctico del Cultivo de Cacao en El Salvador, 1ª Edición. MAG-CENTA/ IICA. La libertad, SA. 86 p.