



Revista MINERVA

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



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

Establishment of a cocoa germplasm bank (*Theobroma cacao* L.) with selected creole trees in the municipality of San Pedro Nonualco, department of La Paz, El Salvador

Rodd Alberto Franco-Portillo¹, Juan Carlos Romero-Quintanilla¹, Fidel Angel Parada-Berríos¹, Efraín Antonio Urrutia-Rodríguez², Ada Yanira Arias-de-Linares³, Elías Antonio Vásquez-Osegueda¹

RESUMEN

La investigación se llevó a cabo en los municipios de San Pedro Nonualco y San Luis Talpa, La Paz; Tenancingo, Cuscatlán y San Salvador; realizando giras de colecta y caracterización *in situ*, durante el período de octubre de 2017 a octubre de 2018, identificando árboles de cacao con características promisorias. El lugar seleccionado para el establecimiento del banco de germoplasma fue en el Cantón Robles, Municipio de San Pedro Nonualco, La Paz, con coordenadas geográficas 13°36'11.2" latitud norte y 89°55'44.9" longitud oeste, con altitud de 520 metros sobre el nivel del mar. Para la caracterización del germoplasma colectado se utilizaron descriptores utilizados en México, Perú y Venezuela. A los frutos de los árboles encontrados también se les realizó el análisis bromatológico de la semilla. Para la interpretación de la información se utilizó la estadística descriptiva y análisis multivariado mediante el programa estadístico SPSS versión 25. Como resultado se logró caracterizar morfoagronómicamente un total de 36 árboles de cacao, asimismo, el método multivariado utilizado nos mostró una variabilidad de la especie con un 86.33% de confiabilidad originando 12 conglomerados, también se encontraron nueve árboles con forma de fruto pentágona, nueve árboles con color de semilla blanca, características típicas de cacao criollo y se obtuvieron 29 árboles con contenido de grasa menor del 50 %. Se concluye que de los árboles encontrados y caracterizados, el 25% (9 árboles) presentan forma de fruto pentágona y el 52.78% (19 árboles) coloración de semilla blanca, crema y rosa, que son características típicas de germoplasma de cacao criollo. Se logra la formación de un banco de germoplasma con el material colectado, pero también se incorporaron árboles clonados colectados en investigaciones precedentes. Finalmente se elaboró un catálogo con los árboles caracterizados.

Palabras clave: análisis bromatológicos, caracterización, varetas, clones, cacao criollo.

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

2 Departamento de Desarrollo Rural, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador.

3 Departamento de Química Agrícola, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador.

ABSTRACT

The research was carried out in the municipalities of San Pedro Nonualco and San Luis Talpa, La Paz; Tenancingo, Cuscatlán and San Salvador. Collection and characterization tours were carried out *in situ*, during the period from October 2017 to October 2018, identifying cocoa trees with promising characteristics. The place selected for the establishment of the germplasm bank was in the Robles Canton, Municipality of San Pedro Nonualco, La Paz, with geographical coordinates 13 ° 36'11.2 "north latitude and 89 ° 55'44.9" west longitude, with an altitude of 520 meters above sea level. For the characterization of the collected germplasm, descriptors used in Mexico, Peru and Venezuela were used. The bromatological analysis of the seed was also carried out on the fruits of the trees found. For the interpretation of the information, descriptive statistics and multivariate analysis were used through the statistical program SPSS version 25. As a result, a total of 36 cocoa trees were morphologically characterized. The multivariate method used showed a variability of the species with 86.33% of reliability originating 12 clusters, nine trees with a pentagon fruit shape, nine trees with white seed color, typical characteristics of creole cocoa were found and 29 trees were obtained with fat content less than 50%. It is concluded that of the trees found and characterized, 25% (9 trees) have a pentagon fruit shape and 52.78% (19 trees) white, cream and pink seed color, which are typical characteristics of creole cocoa germplasm. The formation of a germplasm bank with the collected material is achieved; but cloned trees collected in previous research were also incorporated. Finally, a catalog with the characterized trees was developed.

Keywords: bromatological analysis, characterization, double crochet, clones, creole cocoa.

INTRODUCCIÓN

En El Salvador la agroindustria del cacao es una actividad que está nuevamente estimulando el interés de muchos productores, viendo su potencial a futuro, ya que constituye una oportunidad para el desarrollo, como un nuevo rubro de generación de ingresos y trabajo. En el país se encuentran árboles de cacao con buen potencial genético y probablemente criollo, pero no se ha logrado identificar con certeza a que grupo racial pertenece, mucho menos conservar y propagar comercialmente (Cruz Montesinos 2012).

El mercado mundial demanda 3.5 millones de TM de cacao. Toda centroamérica produce 5 mil TM y El Salvador sólo unas 200 TM (cacao con dominancia trinitario). A nivel mundial sólo un 5% del cacao que se comercializa es de alta calidad y en este segmento está el criollo, el mejor cacao del mundo, según los productores salvadoreños (Cruz Montesinos 2012).

Actualmente el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), a través del Centro Nacional

de Tecnología Agropecuaria y Forestal (CENTA), ha retomado el interés por éste cultivo, que tienen como objetivo principal el desarrollo tecnológico y el fortalecimiento de la base productiva en el país. También, la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador, se encuentra realizando diversas investigaciones sobre el cultivo de cacao, buscando germoplasma promisorio de alto valor genético.

Esta especie posee una amplia diversidad y variabilidad genética donde se pueden encontrar poblaciones dispersas de cacao silvestre, cacao cultivado y especies afines al género *Theobroma*. A pesar de ello, este valioso pool genético se ve amenazado día a día por una irremediable erosión genética de consecuencias impredecibles. A través del tiempo y por generaciones, las poblaciones silvestres y domesticadas, han estado sometidas a la influencia de factores evolutivos como: la selección natural, mutación, aislamiento geográfico, migración y deriva genética, que sumado a la selección artificial, aunque incipiente, ha generado

una amplia recombinación genética dentro y entre poblaciones locales, expresándose en un amplio espectro de genotipos, que bajo la influencia de factores ambientales *in situ*, los atributos productivos y organolépticos, se han expresado en grado variable y diferenciales (USAID 2008).

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

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización

El estudio se realizó en el período de octubre de 2017 a octubre de 2018. El banco de germoplasma se estableció en el cantón El Roble, Caserío el Volcancito, Municipio de San Pedro Nonualco, Departamento de La Paz, con coordenadas geográficas 13°36'11.2" latitud norte y 89°55'44.9" longitud oeste, con una altitud de 520 metros sobre el nivel del mar, estableciendo y caracterizando un total de 36 árboles de cacao entre otros clones.

Material experimental

Se caracterizaron *in situ* 36 árboles de cacao criollo, distribuidos en el municipio de San Pedro Nonualco (20 árboles) y San Luis Talpa (1 árbol), ambos pertenecientes al departamento

de La Paz; Universidad de El Salvador (2 árboles), municipio de San Salvador departamento de San Salvador y en el municipio de Tenancingo (13 árboles) departamento de Cuscatlán, El Salvador. A cada uno de los árboles se tomaron datos de georreferenciación y altura sobre el nivel del mar y además se extrajeron muestras de hojas, flores, frutos, para su respectiva caracterización y de las semillas de los frutos se realizó su respectivo análisis bromatológico (Cuadro 1).

Condiciones climáticas de la zona

La temperatura promedio anual donde está ubicado el banco de germoplasma es de 23.70 °C, registrándose la más alta entre los meses de marzo y abril, mayor a los 33 °C y las mínimas de 20 °C entre los meses de noviembre y febrero. La humedad relativa media del aire es del 72% y precipitaciones acumuladas de 1,778.82 mm al año (MARN 2017).

Herramientas para la caracterización

Para la caracterización morfoagronómica de cacao se utilizaron varios descriptores morfológicos y agronómicos cuyas características o variables fueron semejantes a las características reflejadas o expresadas en el material seleccionado, estos descriptores son: Catálogo Gráfico de Descriptores Varietales de Cacao (*Theobroma cacao* L.) del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas de México (INIFAP) (Avendaño Arrazate *et al.* 2014), Catálogo de Cultivares de Cacao de Perú (USAID 2016) y el Manual Práctico para la Caracterización Morfológica de Cacao de Venezuela (Jiménez *et al.* 1980). Estos sirvieron para comparar los caracteres y así establecer los atributos morfoagronómicos que presentaba cada árbol seleccionado.

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

Municipio	N° de árbol	Abreviatura	Latitud	Longitud	Altura
San Pedro Nonualco	1	SPN 1	13°36´16.43"	88°56´40.84"	562
San Pedro Nonualco	2	SPN 2	13°36´16.36"	88°56´41.01"	562
San Pedro Nonualco	3	SPN 3	13°36´16.10"	88°56´41.00"	559
San Pedro Nonualco	4	SPN 4	13°34´47.90"	88°56´23.50"	510
San Pedro Nonualco	5	SPN 5	13°34´47.60"	88°56´23.70"	502
San Pedro Nonualco	9	SPN 9	13°36´16.20"	88°56´40.80"	504
San Pedro Nonualco	10	SPN 10	13°36´15.80"	88°56´41.60"	558
San Pedro Nonualco	11	SPN 11	13°36´16.60"	88°56´41.90"	564
San Pedro Nonualco	12	SPN 12	13°36´16.50"	88°56´41.80"	568
San Luis Talpa	13	SC 13	13°25´31.32"	89°05´05.29"	19
San Pedro Nonualco	14	SPN 14	13°34´47.28"	88°56´23.79"	496
San Pedro Nonualco	15	SPN 15	13°36´16.38"	88°56´41.52"	560
San Pedro Nonualco	16	SPN 16	13°36´16.40"	88°56´41.41"	560
Tenancingo	17	TN 17	13°48´39.81"	88°58´80.38"	500
Tenancingo	18	TN 18	13°48´40.10"	88°58´80.40"	497
Tenancingo	19	TN 19	13°48´39.80"	88°58´80.50"	498
Tenancingo	20	TN 20	13°48´40.10"	88°58´80.60"	499
Tenancingo	21	TN 21	13°48´39.90"	88°58´80.90"	500
Tenancingo	22	TN 22	13°48´39.90"	88°58´80.80"	497
Tenancingo	23	TN 23	13°48´39.90"	88°58´90.00"	498
Tenancingo	32	TN 32	13°48´41.05"	88°58´80.30"	513
Tenancingo	35	TN 35	13°48´38.60"	88°58´80.70"	504
Tenancingo	36	TN 36	13°48´38.40"	88°58´80.80"	503
Tenancingo	37	TN 37	13°48´42.38"	88°58´07.07"	512
Tenancingo	38	TN 38	13°48´42.18"	88°58´06.92"	512
Tenancingo	39	TN 39	13°48´42.00"	88°58´06.81"	513
San Pedro Nonualco	47	SPN 47	13°36´15.80"	88°56´41.30"	562
San Pedro Nonualco	45 SV	45 SV	13°35´58.30"	88°55´51.50"	622
San Pedro Nonualco	48 SV	48 SV	13°35´59.40"	88°55´52.30"	628
San Pedro Nonualco	49 SV	49 SV	13°35´59.90"	88°55´52.00"	631
San Pedro Nonualco	50 SV	50 SV	13°36´10.10"	88°55´52.10"	642
San Pedro Nonualco	209	SPN 209	13°36´16.15"	88°56´42.09"	559
San Pedro Nonualco	210	SPN 210	13°36´15.81"	88°56´42.07"	559
San Pedro Nonualco	211	SPN 211	13°36´16.40"	88°56´42.60"	565
San Salvador	001	UES 001	13°43´80.80"	89°12´00.80"	699
San Salvador	2a	UES 2A	13°43´19.50"	89°12´40.70"	695

Variables en estudio

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

Análisis bromatológico

El análisis se realizó en muestras de semillas colectadas de 36 árboles, se siguieron los procedimientos propuestos por la AOAC (1990). 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, materia seca, grasa, fibra cruda, carbohidratos, cenizas y minerales (calcio, fósforo y potasio).

Análisis estadístico

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 análisis de correlación, componentes principales y de conglomerados; ambos análisis permitieron resumir la información de un número grande de casos, agrupándolos con base a similitudes, cercanías o distancia, para lo cual se utilizó el programa SPSS versión 25.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Descripción de Variables Cualitativas

Arquitectura, forma de ramificación

Todos los árboles caracterizados presentaron arquitectura erecta (100%) y la mayoría con forma de ramificación intermedia (38.89%) o simple (36.11%). Moreira (1992), encontró en estudios de diversos Centros de Investigación de Cacao, que la arquitectura está influenciada por la poda y que el árbol debe ser podado metódicamente desde su primera fase de crecimiento, con el fin de darle buena formación y mantenerlo en mejores condiciones de producción.

Color y pubescencia de brotes tiernos

El color de la hoja joven fue rojo claro (33.33%), seguido de rojo medio (27.78%), verde claro (22.22%), verde medio (11.11%) y marrón (5.56%), con pubescencia intermedia en brotes terminales (52.78%) y una pubescencia incipiente (47.22%). Los clones seleccionados por CATIE (2016), presentan diversidad de colores de hoja joven, desde rojo pálido con verde, café claro verdoso hasta rojo con café intenso.

Forma, color, constricción basal, forma del ápice, superficie y resistencia de la cáscara del fruto

El 63.89% de los frutos tuvo **forma ovado**, mientras que el 22.22% tuvo **forma obovada** y un 13.89% presenta **forma pentágona**. El 44.44% presenta un **color de fruto amarillo verde**, el 16.67% presenta un **color amarillo**, mientras que otro 16.67% presenta un **color rojo medio**, un 11.11% presenta **color púrpura**, un 8.33% un **color rojo oscuro** y un 2.78% un **color anaranjado**. En cuanto a la constricción basal, un 63.89% se clasifica como **ausente o muy débil**, mientras que un 16.67% como **moderada**, un 13.89% como **débil** y un 5.55%

como **fuerte**. En cuanto a la forma del ápice, un 41.67% presenta **ápice estallado**, mientras que un 41.67% presenta **ápice obtuso** y un 16.66% presenta **ápice agudo**. En cuanto a la superficie del fruto, un 72.22% presenta una superficie **moderadamente rugosa**, un 19.44% presenta una superficie **lisa o ligeramente rugosa** y un 8.33% presenta una superficie **muy rugosa**. En cuanto a la resistencia de la cáscara en fruto fisiológicamente maduro, el 75% presenta una **resistencia fuerte**, un 22.22% presenta una **resistencia moderada** y un 2.78% presenta una **superficie débil**. Martínez (2007), demostró en sus estudios que el 39% de los frutos tuvo forma ovado, con escasa constricción basal (59.8%) y una rugosidad intermedia (46.7%). El ápice de la mayoría de los frutos fue obtuso (31.8%), o agudo (30.8%); y el porcentaje de los genotipos con frutos de color verde fue del 100%. Arguello *et al.* (2000), citado por Amores (2000), indica que los cacaos criollos de cotiledones blancos, violeta pálidos o rosa, sus mazorcas usualmente tienen una forma alargada, con punta acentuada en el extremo inferior, corteza marcada con diez surcos profundos, pericarpio rugoso y delgado y mesocarpio poco lignificado. En estado inmaduro, la cáscara es de color rojo o verde, tornándose amarilla y anaranjado-rojiza a la madurez.

Color de pulpa, color y forma de semilla

El color de pulpa que más predominó fue el **blanco**, con un 52.78%, seguido del color **crema claro**, con un 47.22%; es importante mencionar que sólo estos colores fueron encontrados en la pulpa de los frutos de cacao. En cuanto a la forma de la semilla en sección longitudinal, la más representativa fue la **ovada**, con un 69.44%, seguido de una **forma oblonga** de 19.44%, y **forma elíptica** con 11.11%. En cuanto a la sección transversal la que predominó fue la **forma aplanada**, con un 97.22%, seguido de la **forma intermedia** con un 2.78%. En cuanto al color de semilla el **púrpura**

oscuro fue el que más se encontró con un 39.89%; pero tomando en cuenta los colores **blanco, crema y rosa**, representan el 52.77%. Martínez (2007), demostró en sus estudios que el color de las semillas en su totalidad fue de color púrpura (100%). Amores, *et al.* (2009) explica que, en el grupo de cacao criollo, están incluidos genotipos con almendras dotadas de cotiledones de color blanco marfil, presentes principalmente en América Central, México, algunas áreas en Venezuela y Colombia, pero según Arguello *et al.* (2000), citado por el mismo autor, algunos de estos cacaos también presentan cotiledones violeta pálidos o rosados y estaminoides color rosado pálido. Las almendras son gruesas casi redondas, con cotiledones ligeramente pigmentados. Este tipo de cacao requiere de dos a tres días para completar su fermentación, es muy aromático y comercialmente se enmarca dentro de los cacaos finos.

Descripción de variables cuantitativas

Número de semillas por fruto

Los árboles codificados como SPN 4 y SPN 11, presentaron el mayor valor en cuanto al número de semillas por fruto, con 47 semillas; el menor valor lo mostró el árbol codificado como TN 23, con 17 semillas. De los 36 árboles, el valor promedio fue de 33.39 semillas, la desviación estándar de 7.82%, y un coeficiente de variación de 34.13%, existiendo alta heterogeneidad en dicha variable. Se encontró correlación positiva entre número de semillas y número de óvulos con un valor de ($r= 0.95$), lo que indica una dependencia directa del número de semillas, respecto al número de óvulos, coincidiendo con Dubón y Sánchez (2011) quien afirma que una mazorca contiene de 25 a 45 semillas, lo que depende del número de óvulos fecundados. Martínez (2007), demostró en sus estudios que el número promedio de semillas fue de

34.7 semillas y en cacao nacional silvestre el número promedio de semillas por fruto fue de 38 semillas.

Peso de fruto

El árbol SPN 11 presentó el mayor valor en cuanto al peso del fruto con 872.50 g, el menor valor lo mostró TN 23 con 191.40 g (Figura 1). El valor promedio fue de 451.80 g, la desviación estándar de 174.48% y el coeficiente de variación de 38.62%, presentando una alta heterogeneidad en esta variable. Se encontró

correlación positiva entre largo de fruto y peso de cáscara, con valor de ($r= 0.72$), demostrando una dependencia entre las variables. Al respecto Martínez (2007) menciona que en su estudio el peso promedio de los frutos fue de 272.6 g obteniendo el peso máximo para la muestra de Cachichira (383.3 g), y el más bajo para la muestra de Macagua (227 g). También los valores se encuentran en el rango mencionado por Dostert *et al.* (2012), quienes manifiestan que los pesos de los frutos de cacao oscilan entre 200 y 1,000 g.

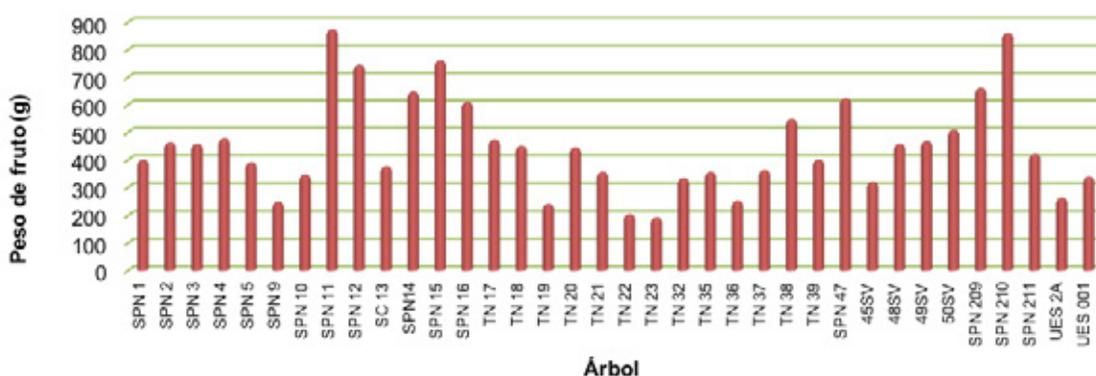


Figura 1. Peso de frutos de 36 árboles caracterizados

Índice de mazorcas

El árbol TN 23 presentó el mayor valor en cuanto al índice de mazorcas con 80.97 mazorcas, el menor valor lo mostró el árbol 45 SV con 11.62 mazorcas. De los 36 árboles, el valor promedio fue de 26.11 frutos, la desviación estándar de 13.64% y un coeficiente de variación de 52.22%, lo que implica que existe alta heterogeneidad en dicha variable. FEDECACAO (2003), reporta para esta variable en los clones ICS entre 11 y 20 frutos para formar un kilo de semillas secas, bajo excelentes condiciones de manejo. El análisis de correlación indica que existe relación inversa entre las variables: índice de mazorca y peso seco de semilla; ya que reporta un valor negativo ($r= - 0.76$) requiriendo de una gran cantidad de mazorcas para formar un kilo de semilla o grano seco. Analizando estos resultados, el árbol TN

23 requiere de 81 mazorcas para formar un kilo de semilla o grano seco, y el 45 SV solamente 11, entre ambos árboles, es importante detallar que el primero se encuentra en condiciones silvestres y sin manejo alguno, lo cual podría mejorar con manejo agronómico adecuado, el segundo árbol se encuentra con un manejo prácticamente óptimo por su donador.

Índice de semilla

El árbol TN 23 presentó el mayor valor en cuanto al índice de semilla con 137.65 semillas, el menor valor lo presentó el árbol 50 SV con 50.53 semillas (Figura 2). De los 36 árboles, el valor promedio fue de 79.44 semillas, la desviación estándar de 23.20% y un coeficiente de variación de 29.20%, existiendo heterogeneidad en dicha variable.

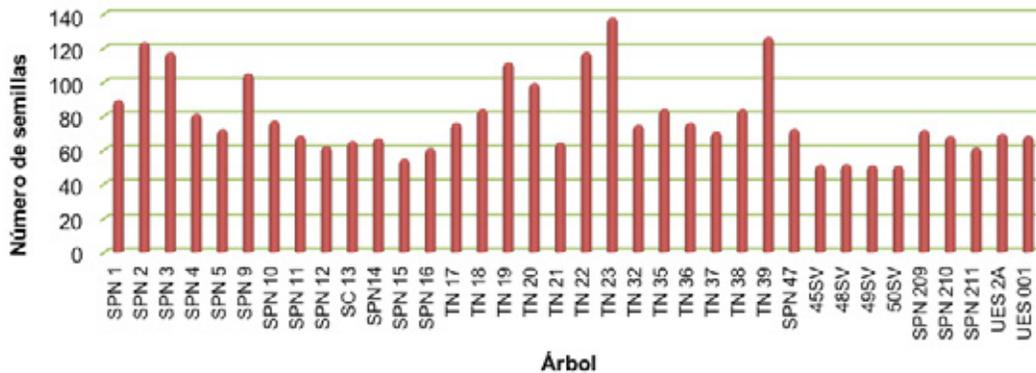


Figura 2. Índice de semilla de 36 árboles caracterizados

Peso seco de semilla

El material 50 SV presentó el mayor valor en cuanto al peso seco de semilla con 1.98 g, el menor valor lo presentó el árbol TN 23 con 0.73 g. De los 36 árboles, el valor promedio fue de 1.35 g, la desviación estándar de 0.35% y un coeficiente de variación de 25.71%, manifestando heterogeneidad en dicha variable para la muestra (Figura 3). Martínez (2007) encontró en sus estudios una media de peso seco de 24.1 g por fruto. Al analizar el coeficiente de correlación se encontró correlación positiva entre las variables diámetro del fruto y peso de semilla; diámetro del fruto y peso de semilla más placenta más mucilago, con valores de $r = 0.63$ para ambas asociaciones, indicando dependencia entre las variables. El análisis de correlación indica que existe relación inversa entre las variables índice de semilla y peso seco de semilla, ya que reporta un valor negativo ($r = -0.76$), para evaluar la calidad de los granos del cacao se calcula el índice de semilla, que es el peso promedio en gramos de 100 semillas fermentadas y secas tomadas al azar.

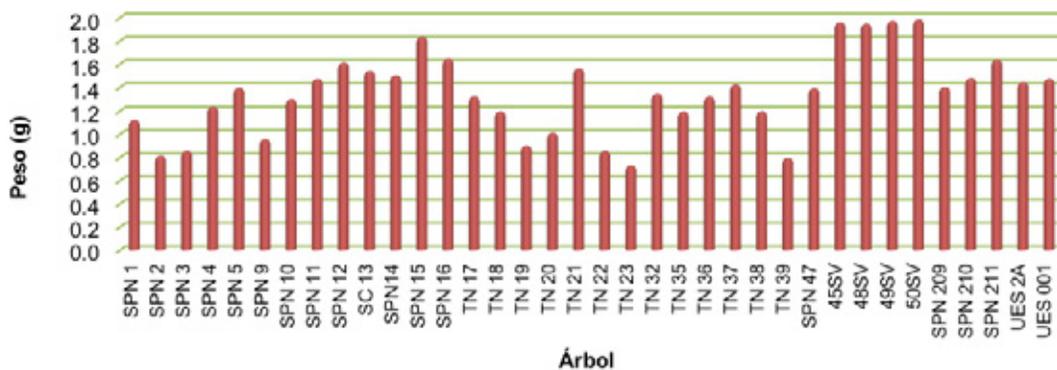


Figura 3. Peso seco de semillas de cacao de 36 árboles caracterizados in situ

Análisis bromatológico

Contenido de grasa, proteína y fibra cruda en la semilla de cacao

De los 36 árboles analizados el que presentó mayor contenido de grasa fue el 50 SV con

un valor de 54.31% y el que presentó menor contenido de grasa fue el TN 35 con un valor de 37.06%. El contenido promedio de grasa fue de 44.56%, la desviación estándar de 4.81% y coeficiente de variación de 10.79%, significando homogeneidad en dicha variable en sus

diferentes muestras (Figura 4).

De acuerdo a los 36 árboles analizados el que presentó mayor contenido de proteína fue el SPN 47 con un valor de 23.61% y el que presentó menor contenido de proteína fue el TN 19 con un valor de 11.23%. El contenido promedio de proteína fue de 19.35%, la desviación estándar de 2.75% y coeficiente de variación de 14.21%, presentando homogeneidad en la variable para las muestras tituladas (Figura 4).

Con respecto al análisis de fibra el que presentó mayor contenido fue el árbol SPN 16 con un valor de 30.10% y el que presentó menor contenido fue el SPN 11 con un valor de 5.47%. El contenido promedio de fibra fue de 15.52%, la desviación estándar de 6.81% y coeficiente de variación de 43.90%, implicando alta heterogeneidad en dicha variable para las diferentes muestras (Figura 4).

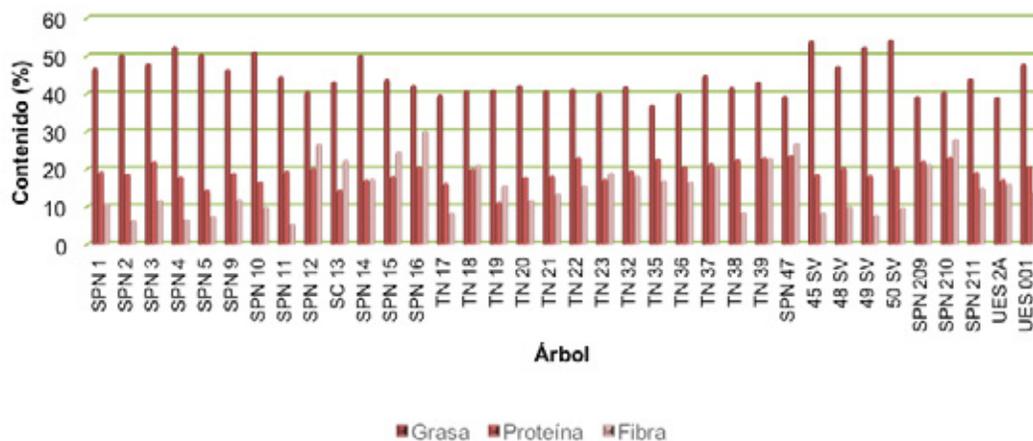


Figura 4. Contenido de grasa, proteína y fibra cruda de la semilla de 36 árboles de cacao

Contenido de ceniza en la semilla

El árbol TN 21 presentó el mayor contenido de ceniza con un valor de 6.14% y el árbol SPN 11 presentó el menor contenido con un valor de 3.49% (Figura 5). El valor promedio de los 36

árboles fue de 4.62%, la desviación estándar de 0.67% y el coeficiente de variación de 14.58%, considerando que existe homogeneidad en dicha variable en sus respectivas muestras.

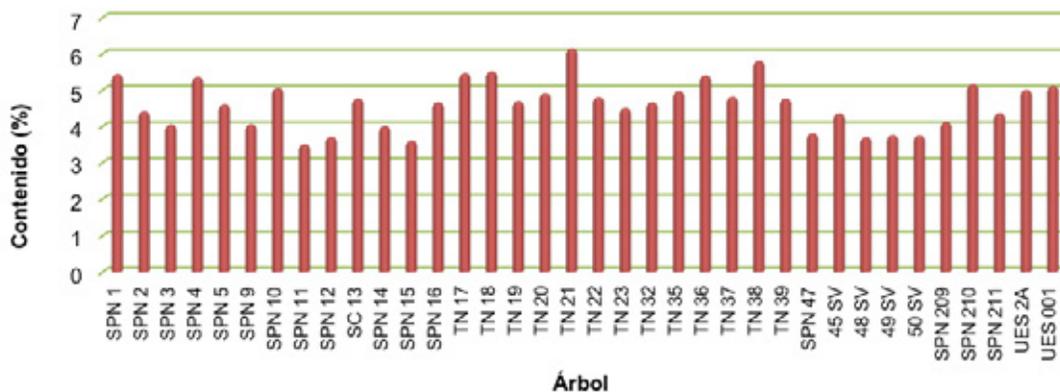


Figura 5. Contenido de ceniza de la semilla de 36 árboles de cacao

Contenido de hierro (Fe), zinc (Zn) y calcio (Ca)

Para el contenido de hierro, el árbol que presentó mayor valor fue el TN 22 con 42.80 ppm y el que menor valor presentó fue el SPN 14 con 14.47 ppm. El promedio de hierro para los 36 árboles analizados fue de 30.30 ppm, la desviación estándar de 6.99% y el coeficiente de variación de 23.08%, lo que indica que el comportamiento de la variable fue heterogéneo.

Con respecto al contenido de zinc, el árbol que presentó mayor valor fue el UES 001 con 63.97

ppm y el árbol que presentó menor valor fue TN 21 con 38.06 ppm (Figura 6). El contenido promedio de zinc fue de 50.57 ppm, la desviación estándar de 6.32% y coeficiente de variación de 12.49%, siendo, el comportamiento de la variable homogéneo.

Los árboles que presentaron mayor contenido de calcio fueron el SPN 3, SPN 12, TN 21, TN 32 y TN 38 con un valor de 0.15%; y los árboles con menor valor de calcio fueron SPN 11, SPN 14, SPN 15, SPN 16, SPN 47, SPN 209, SPN 210, SPN 211, TN 23, TN 36, UES 2A y UES 001 con un valor de 0.05% (Figura 7).

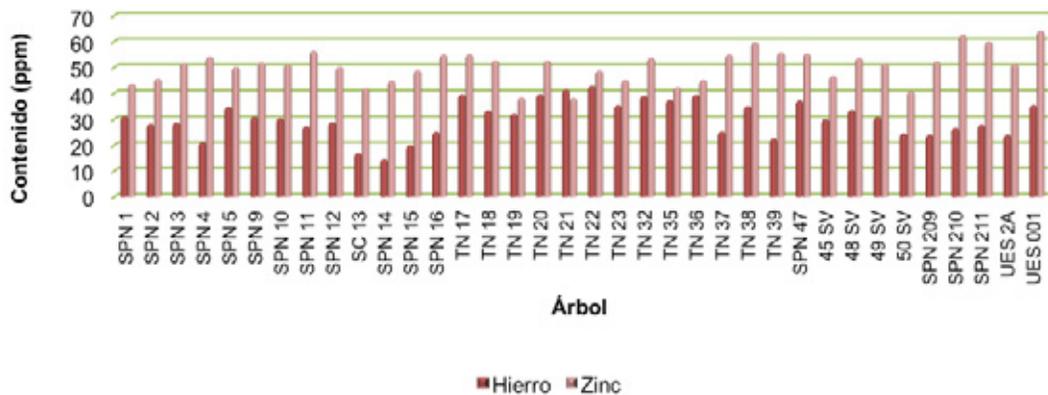


Figura 6. Contenido de hierro y zinc de la semilla de 36 árboles de cacao

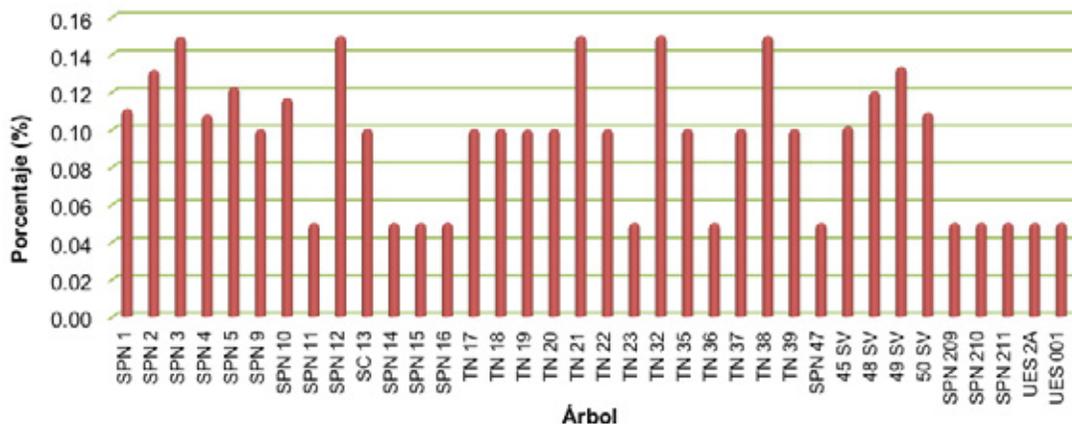


Figura 7. Contenido de calcio de la semilla de 36 árboles de cacao

Componentes principales

El método de componentes principales, tiene por objeto transformar un conjunto de variables, a las que se denomina 'originales', en un nuevo conjunto de variables denominadas 'componentes principales'. Estas últimas se caracterizan por no estar correlacionadas entre sí, y además pueden ordenarse de acuerdo con la información que llevan incorporada (De la Fuente Fernández 2011).

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

La figura 8 muestra la variabilidad existente en la especie con un 86.33% de confiabilidad, con autovalores mayores a uno, lo que da origen a 12 componentes, y a partir de este, los autovalores son menores a uno, lo que indica que no hay variabilidad y su comportamiento es homogéneo. El punto de corte fue en el componente 12, donde se forma un ángulo de 45° participando al menos una variable de la varianza total.

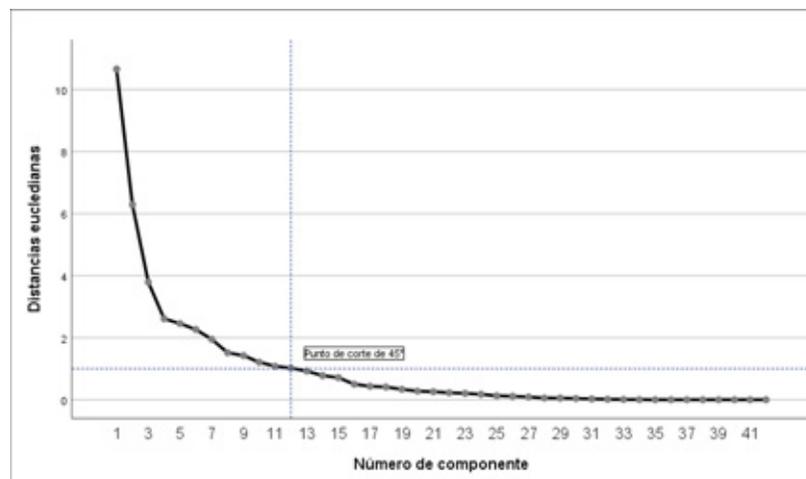


Figura 8. Proporción de la varianza explicada por cada componente principal en la caracterización de cacao

Análisis de conglomerados

En la figura 9, se observan las asociaciones que ocurrieron entre los árboles, debido a la similitud existente entre una o más variables, por lo tanto, se muestran 12 grupos, los cuales se describen a continuación.

El conglomerado uno está formado por los árboles SPN1 y SC13, encontrados en San Pedro Nonualco y Santa Clara, respectivamente, los cuales están siendo influenciados por las variables: peso de fruto, peso de cáscara, diámetro del fruto, largo de fruto, largo de semilla, peso de semilla más placenta, más mucílago y ancho de semilla, debido a la alta homogeneidad entre ellas, con coeficiente de

variación abajo del 10%; y la variable: espesor de caballete, que presenta un coeficiente de variación abajo del 20% siendo también homogénea.

El conglomerado dos muestra la agrupación de SPN 2 y SPN 3, ambos pertenecientes a San Pedro Nonualco, siendo influenciados por las variables: largo de hoja, ancho de hoja, largo desde la base hasta el punto más ancho de la hoja, diámetro a la altura del pecho, número de óvulos y número de semillas, presentando alta homogeneidad debido a que tienen coeficiente de variación abajo del 10%.

El conglomerado tres está formado por los árboles SPN 4, TN 17 y TN 18, el primero

perteneciente a San Pedro Nonualco y el resto a Tenancingo, estos fueron influenciados por las variables: índice de semillas, peso seco de semillas, las cuales presentan alta homogeneidad al obtener un coeficiente de variación abajo del 10%, pero además en el conglomerado se encontró la variable índice de mazorca, la cual presentó heterogeneidad al tener un coeficiente de variación arriba del 20%.

El conglomerado cuatro está formado por los árboles SPN 5, SPN 211 y TN 20, encontrados en San Pedro Nonualco y Tenancingo, estos árboles están influenciados por las variables: largo de estaminodio, que presenta alta homogeneidad por tener un coeficiente de variación abajo del 10%; largo de sépalo, número de flores por cojinete, número de óvulos y número de semillas, son variables homogéneas con un coeficiente de variación abajo del 20%. Este grupo se caracteriza por presentar el menor valor en largo de sépalo y largo de estaminodio.

El conglomerado cinco está agrupado por los árboles SPN 9 y UES 2A, pertenecientes a San Pedro Nonualco y San Salvador, respectivamente, siendo influenciados por las variables: contenido de materia seca, proteína y humedad parcial; estos tienen similitud al análisis bromatológico de la semilla, presentando alta homogeneidad debido al coeficiente de variación por debajo del 10%.

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

En el conglomerado siete se encuentran los árboles SPN 11 y SPN 210, ambos pertenecientes a San Pedro Nonualco, los cuales están siendo influenciados por las variables: contenido de grasa, hierro y ancho de semilla, con alta homogeneidad al presentar un coeficiente de variación abajo del 10%; y la variable número de frutos es altamente heterogénea ya que presenta un coeficiente de variación arriba del 40%.

En el conglomerado ocho se encuentran los árboles SPN 12 y SPN 15, ambos pertenecientes a San Pedro Nonualco, los cuales están siendo influenciados por las variables: largo y ancho de ovario, la primera es homogénea, al presentar un coeficiente de variación abajo del 20%, y la segunda es heterogénea ya que presenta un coeficiente de variación arriba del 20%.

En el conglomerado nueve se encuentran los árboles SPN 14, SPN 16, SPN 47 Y SPN 209 todos pertenecientes a San Pedro Nonualco, cuyos descriptores fueron influenciadas por las variables: número de chupones, altura y espesor de semilla, siendo esta última altamente homogénea al presentar un coeficiente de variación abajo del 10%, y el resto de variables son heterogéneas ya que presentaron un coeficiente de variación arriba del 30%.

En el conglomerado diez se encuentran los árboles TN 19, TN 22, TN 23 y TN 36, todos pertenecientes a Tenancingo, los cuales están siendo influenciados por las variables: contenido de zinc, que es altamente homogénea por presentar un coeficiente de variación abajo del 10%; el número de cojinete por metro lineal y número de flores por cojinete son homogéneas ya que presenta un coeficiente de variación abajo del 20%; y contenido de humedad total, la cual es heterogénea ya que presenta un coeficiente de variación arriba del 30%.

En el conglomerado once se encuentran los árboles TN 38 (Tenancingo), 48 SV, 49 SV y

50 SV (San Pedro Nonualco), los cuales están siendo influenciados por las variables: ancho de sépalo y contenido de ceniza, la primera es altamente homogénea al presentar un coeficiente de variación abajo del 10%; y la segunda es heterogénea ya que presenta un

coeficiente de variación arriba del 20%.

El conglomerado doce agrupó únicamente el árbol TN 39, perteneciente a Tenancingo, en el cual la única variable agrupada fue el contenido de calcio que es altamente homogénea.

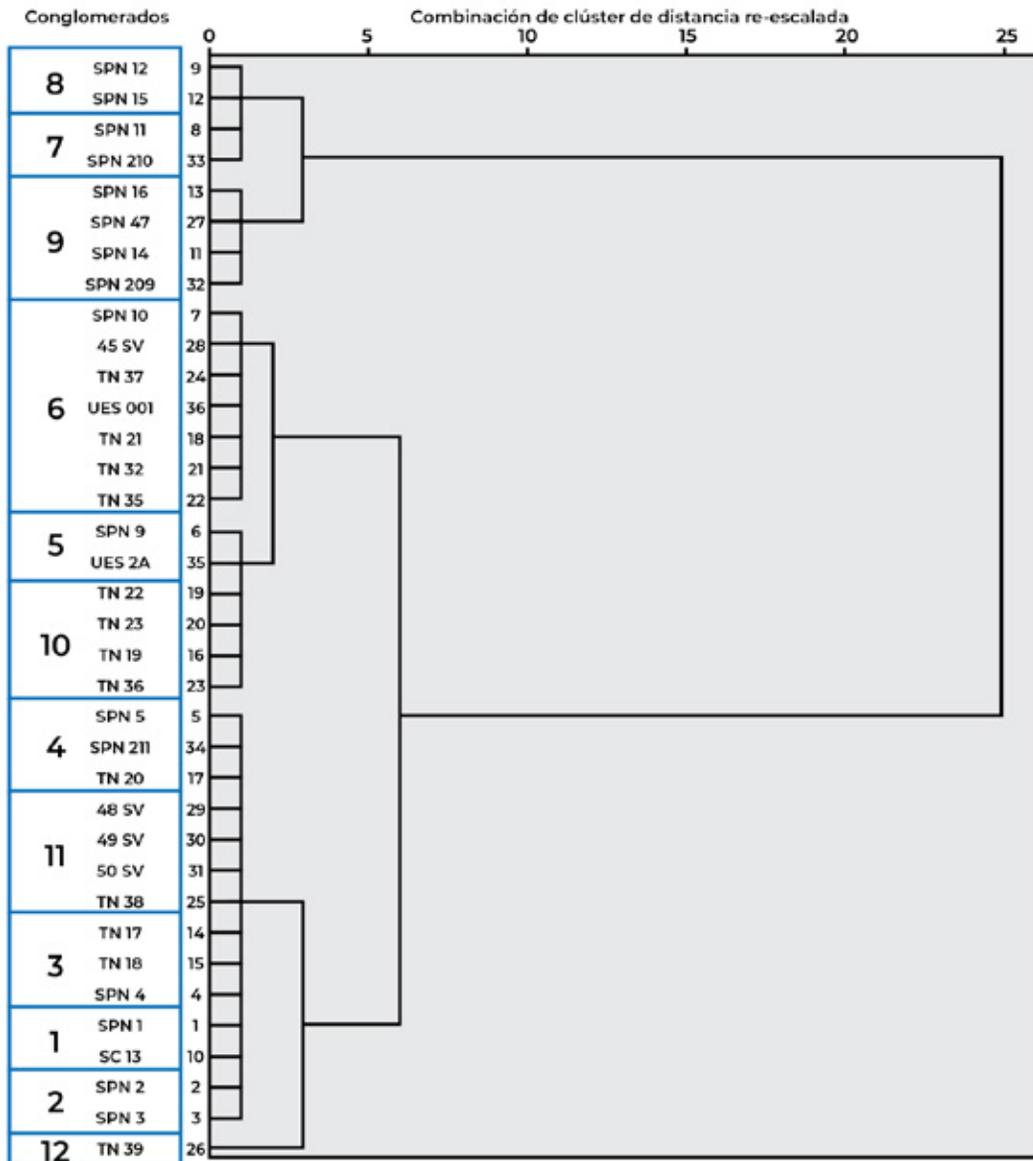


Figura 9. Dendrograma de distancias de 36 árboles de cacao

CATÁLOGO DE SELECCIONES DE 19 ÁRBOLES DE CACAO CRIOLLO

San Pedro Nonualco 10 (SPN 10)



Figura 10. Cacao San Pedro Nonualco 10 (SPN 10). a) mazorca, b) semillas.

Localización: encontrado en Cantón El Lazareto, San Pedro Nonualco, La Paz, propiedad de Otoniel López Beltrán, latitud 13°36´15.80", longitud 88°56´41.60", altitud 558 msnm.

Descripción del árbol: edad de 17 años, arquitectura erecta, forma de ramificación verticilada, sin chupones, diámetro a la altura del pecho 10.30 cm, altura de 3.50 m y número de frutos de 46.

Descripción de fruto: forma ovado, color amarillo, constricción basal ausente o muy débil, forma del ápice obtuso, moderadamente rugosa, longitud 16.25 cm, diámetro 7.15 cm, peso del fruto 344.25 g y un índice de mazorca de 17.90 (Figura 10a).

Descripción de la semilla: color rosa, forma sección longitudinal oblonga, forma sección transversal aplanada, número de semilla 43, largo 2.02 cm, ancho 0.79 cm, peso de semilla seca 1.30 g, e índice de semilla 76.98 (Figura 10b)

Análisis bromatológico: humedad parcial 11.39%, humedad total 2.56%, grasa 51.15%, proteína 16.67%, fibra 9.98%, ceniza 5.04%, carbohidratos 17.17%, materia seca 77.23%, hierro 30.33 ppm, zinc 51.04 ppm y calcio 0.12%.

Santa Clara 13 (SC13)



Figura 11. Cacao Santa Clara 13 (SC13). a) mazorca, b) semillas.

Localización: encontrado en Cantón Hervedor, San Luis Talpa, La Paz, propiedad de Nelson Monjaras, latitud 13°25´31.32", longitud 89°05´05.29", altitud 19 msnm.

Descripción del árbol: edad 27 años, arquitectura erecta, forma de ramificación intermedia, sin chupones, diámetro a la altura del pecho 8.00 cm, altura 6.00 m y número de frutos de 102.

Descripción de fruto: forma ovado, color amarillo, constricción basal ausente o muy débil, forma del ápice obtuso, ligeramente rugosa, longitud 14.50 cm, diámetro 7.66 cm, peso del fruto 375.30 g, e índice de mazorca 20.31 (Figura 11a).

Descripción de la semilla: color crema, forma sección longitudinal ovada, forma sección transversal aplanada, número de semillas 32, largo 2.11 cm, ancho 1.25 cm, peso de semilla seca 1.54 g e índice de semilla: 65.00 (Figura 11b).

Análisis bromatológico: humedad parcial 15.15%, humedad total 3.77%, grasa 43.23%, proteína 14.46%, fibra 22.40%, ceniza 4.75%, carbohidratos 15.16%, materia seca 69.70%, hierro 16.84 ppm, zinc 41.91 ppm y calcio 0.10%.

Tenancingo 17 (TN 17)



Figura 12. Cacao Tenancingo 17 (TN 17). a) mazorca, b) semillas.

Localización: encontrado en Cantón Corral Viejo, Tenancingo, Cuscatlán, propiedad de Inocente Hernández, latitud 13°48´39.81", longitud 88°58´80.38", con una altitud de 500 msnm.

Descripción del árbol: edad 20 años, arquitectura erecta, forma de ramificación simple, número de chupones 1, diámetro a la altura del pecho 5.50 cm, altura 4.50 m y número de frutos 3.

Descripción de fruto: forma pentágona, color amarillo verde, constricción basal ausente o muy débil, forma del ápice entallado, muy rugosa, longitud 21.00 cm, diámetro 8.70 cm, peso del fruto 471.70 g, e índice de mazorca 26.16 (Figura 12a).

Descripción de la semilla: color blanco, forma sección longitudinal ovada, forma sección transversal aplanada, número de semilla 29, largo 2.47 cm, ancho 1.37 cm, peso de semilla seca 1.32 g, e índice de semilla 75.86 (Figura 12b).

Análisis bromatológico: humedad parcial 12.94%, humedad total 1.57%, grasa 39.69%, proteína 16.28%, fibra 8.31%, ceniza 5.45%, carbohidratos 24.30%, materia seca 74.11%, hierro 39.46 ppm, zinc 54.82 ppm y calcio 0.10%.



Figura 13. Cacao Tenancingo 18 (TN 18). a) mazorca, b) semillas.

Tenancingo 18 (TN 18)

Localización: encontrado en Cantón Corral Viejo, Tenancingo, Cuscatlán, propiedad de Inocente Hernández, latitud 13°48´40.10", longitud 88°58´80.40", altitud 497 msnm.

Descripción del árbol: edad 20 años, arquitectura erecta, forma de ramificación intermedia, sin chupones, diámetro a la altura del pecho 5.00 cm, altura 4.25 m y número de frutos 3.

Descripción de fruto: forma pentágona, color amarillo verde, constricción basal ausente o muy débil, forma del ápice entallado, muy rugosa, longitud 19.00 cm, diámetro 8.10 cm, peso del fruto 448.30 g, e índice de mazorca 28.89 (Figura 13a).

Descripción de la semilla: color blanco, forma sección longitudinal ovada, forma sección transversal aplanada, número de semilla 29, largo 2.26 cm, ancho 1.40 cm, peso de semilla seca 1.19 g, e índice de semilla 73.79 (Figura 13b).

Análisis bromatológico: humedad parcial 10.18%, humedad total 2.51%, grasa 40.81%, proteína 20.13%, fibra 21.13%, ceniza 5.50%, carbohidratos 5.98%, materia seca 39.64%, hierro 33.29 ppm, zinc 52.51 ppm y calcio 0.10%.



Figura 14. Cacao Tenancingo 19 (TN 19). a) mazorca, b) semillas.

Tenancingo 19 (TN 19)

Localización: encontrado en Cantón Corral Viejo, Tenancingo, Cuscatlán, propiedad de Inocente Hernández, latitud 13°48´39.80", longitud 88°58´80.50", con una altitud de 498 msnm.

Descripción del árbol: edad 20 años, arquitectura erecta, forma de ramificación simple, número de chupones 3, diámetro a la altura del pecho 4.50 cm, altura 3.75 m, número de frutos 3.

Descripción de fruto: forma pentágona, color púrpura, constricción basal ausente o muy débil, forma del ápice entallado, moderadamente rugosa, longitud 11.00 cm, diámetro 6.43 cm, peso del fruto 238.00 g, índice de mazorca 37.11 (Figura 14a).

Descripción de la semilla: color rosa, forma sección longitudinal oblonga, forma sección transversal aplanada, número de semilla 30, largo 1.86 cm, ancho 1.02 cm, peso de semilla seca 0.90 g e índice de semilla de 111.33 (Figura 14b).

Análisis bromatológico: humedad parcial 23.08%, humedad total 3.05%, grasa 41.11%, proteína 11.23%, fibra 15.74%, ceniza 4.68%, carbohidratos 27.23%, materia seca 53.85%, hierro 32.05 ppm, zinc 38.23 ppm y calcio 0.10%.

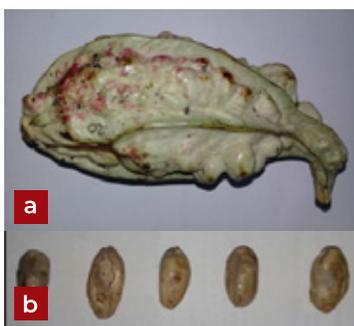


Figura 15. Cacao Tenancingo 20 (TN 20). a) mazorca, b) semillas.

Tenancingo 20 (TN 20)

Localización: encontrado en Cantón Corral Viejo, Tenancingo, Cuscatlán, propiedad de Inocente Hernández, latitud 13°48´40.10", longitud 88°58´80.60", a una altitud de 499 msnm.

Descripción del árbol: edad 20 años, arquitectura erecta, forma de ramificación intermedia, sin chupones, diámetro a la altura del pecho 4.50 cm, altura 3.75 m, número de frutos 4.

Descripción de fruto: forma pentágona, color amarillo verde, constricción basal ausente o muy débil, forma del ápice entallado, muy rugosa, longitud 17.25 cm, diámetro 7.60 cm, peso del fruto 442.85 g, e índice de mazorca de 45.04 (Figura 15a).

Descripción de la semilla: color blanco, forma sección longitudinal oblonga, forma sección transversal aplanada, número de semilla 22, largo 2.57 cm, ancho 1.41 cm, peso de semilla seca 1.01 g, e índice de semilla de 99.09 (Figura 15b).

Análisis bromatológico: humedad parcial 12.00%, humedad total 2.88%, grasa 42.27%, proteína 17.93%, fibra 11.80%, ceniza 4.90%, carbohidratos 14.13%, materia seca 76%, hierro 39.50 ppm, zinc 52.46 ppm y calcio 0.10%.



Figura 16. Cacao Tenancingo 21 (TN 21). a) mazorca, b) semillas.

Tenancingo 21 (TN 21)

Localización: encontrado en Cantón Corral Viejo, Tenancingo, Cuscatlán, propiedad de Inocente Hernández, latitud 13°48´39.90”, longitud 88°58´80.90” a una altitud de 500 msnm.

Descripción del árbol: edad 20 años, arquitectura erecta, forma de ramificación intermedia, número de chupones: 2, diámetro a la altura del pecho 6.00 cm, altura 3.50 m y número de frutos 6.

Descripción de fruto: forma pentágona, color amarillo verde, constricción basal ausente o muy débil, forma del ápice entallado, moderadamente rugosa, longitud 18.00 cm, diámetro 7.00 cm, peso del fruto 353.60 g, e índice de mazorca 20.71 (Figura 16a).

Descripción de la semilla: color blanco, forma sección longitudinal ovada, forma sección transversal aplanada, número de semilla 31, largo 2.09 cm, ancho 1.14 cm, peso de semilla seca 1.56 g índice de semilla 64.19 (Figura 16b).

Análisis bromatológico: humedad parcial 14.91%, humedad total 2.11%, grasa 40.93%, proteína 18.25%, fibra 13.51%, ceniza 6.14%, carbohidratos 21.17%, materia seca 82.98%, hierro 41.36 ppm, zinc 38.06 ppm y calcio 0.15%.



Figura 17. Cacao Tenancingo 22 (TN 22). a) mazorca, b) semillas.

Tenancingo 22 (TN 22)

Localización: encontrado en el Cantón Corral Viejo, Tenancingo, Cuscatlán, propiedad de Inocente Hernández, latitud 13°48´39.90”, longitud 88°58´80.80” a una altitud de 497 msnm.

Descripción del árbol: edad: 20 años, arquitectura erecta, forma de ramificación intermedia, número de chupones 1, diámetro a la altura del pecho 5.00 cm, altura 3.60 m y número de frutos 3.

Descripción de fruto: forma pentágona, color amarillo verde, constricción basal débil, forma del ápice entallado, moderadamente rugosa, longitud 14.50 cm, diámetro 6.13 cm, peso del fruto 203.15 g, índice de mazorca 51.04 (Figura 17a).

Descripción de la semilla: color rosa, forma sección longitudinal ovada, forma sección transversal aplanada, número de semilla 23, largo 2.10 cm, ancho 1.28 cm, peso de semilla seca 0.85 g, e índice de semilla 117.39 (Figura 17b).

Análisis bromatológico: humedad parcial 9.61 %, humedad total 1.52%, grasa 41.35%, proteína 23.14%, fibra 15.65%, ceniza 4.79%, carbohidratos 11.07%, materia seca 88.37%, hierro 42.80 ppm, zinc 48.61 ppm y calcio 0.10%.



Figura 18. Cacao Tenancingo 23 (TN 23). a) mazorca, b) semillas.

Tenancingo 23 (TN 23)

Localización: encontrado en Cantón Corral Viejo, Tenancingo, Cuscatlán, propiedad de Inocente Hernández, latitud 13°48´39.90”, longitud 88°58´90.00”, a una altitud de 498 msnm.

Descripción del árbol: edad 20 años, arquitectura erecta, forma de ramificación intermedia, número de chupones: 1, diámetro a la altura del pecho 3.50 cm, altura 3.75 m, número de frutos: 3.

Descripción de fruto: forma pentágona, color amarillo verde, constricción basal fuerte, forma del ápice entallado, moderadamente rugosa, longitud 14.00 cm, diámetro 6.20 cm, peso del fruto 191.40 g e índice de mazorca de 80.97 (Figura 18a).

Descripción de la semilla: color blanco, forma sección longitudinal ovada, forma sección transversal aplanada, número de semilla 17, largo 2.31 cm, ancho 1.28 cm, peso de semilla seca 0.73 g, e índice de semilla de 137.65 (Figura 18b).

Análisis bromatológico: humedad parcial 9.58%, humedad total 2.40%, grasa 40.28%, proteína 17.33%, fibra 18.98%, ceniza 4.49%, carbohidratos 13.92%, materia seca 88.02%, hierro 35.20 ppm, zinc 45.05 ppm y calcio 0.05%.



Figura 19. Cacao Tenancingo 32 (TN 32). a) mazorca, b) semillas.

Tenancingo 32 (TN 32)

Localización: encontrado en Cantón Corral Viejo, Tenancingo, Cuscatlán, propiedad de Inocente Hernández, latitud 13°48´41.05", longitud 88°58´80.30", altitud 513 msnm.

Descripción del árbol: edad 20 años, arquitectura erecta, forma de ramificación intermedia, sin chupones, diámetro a la altura del pecho 3.50 cm, altura 3.00 m y número de frutos 6.

Descripción de fruto: forma obovado, color rojo medio, constricción basal ausente o muy débil, forma del ápice entallado, moderadamente rugosa, longitud 14.00 cm, diámetro 7.40 cm, peso del fruto 331.60 g, e índice de mazorca 24.04 (Figura 19a).

Descripción de la semilla: color rosa, forma sección longitudinal ovada, forma sección transversal aplanada, número de semilla: 31, largo 2.14 cm, ancho 1.35 cm, peso de semilla seca 1.34 g e índice de semilla 74.52 (Figura 19b).

Análisis bromatológico: humedad parcial 13.54 %, humedad total 1.74 %, grasa 41.98 %, proteína 19.50 %, fibra 18.23 %, ceniza 4.65 %, carbohidratos 15.65 %, materia seca 84.72 %, hierro 38.90 ppm, zinc 53.53 ppm y calcio 0.15 %.



Figura 20. Cacao Tenancingo 35 (TN 35). a) mazorca, b) semillas.

Tenancingo 35 (TN 35)

Localización: encontrado en el Cantón Corral Viejo, Tenancingo, Cuscatlán, propiedad de Inocente Hernández, latitud 13°48´38.60", longitud 88°58´80.70" a una altitud de 504 msnm.

Descripción del árbol: edad 20 años, arquitectura erecta, forma de ramificación simple, número de chupones 1, diámetro a la altura del pecho 4.00 cm, altura 2.25, y número de frutos 4.

Descripción de fruto: forma pentágona, color amarillo verde, constricción basal ausente o muy débil, forma del ápice entallado, moderadamente rugosa, longitud 17.00 cm, diámetro 7.20 cm, peso del fruto 353.50 g, e índice de mazorca 32.25 (Figura 20a).

Descripción de la semilla: color blanco, forma sección longitudinal ovada, forma sección transversal aplanada, número de semilla 26, largo 2.17 cm, ancho 1.42 cm, peso de semilla seca 1.19 g, e índice de semilla 83.85 (Figura 20b).

Análisis bromatológico: humedad parcial 11.84 %, humedad total 2.79 %, grasa 37.06%, proteína 22.79 %, fibra 16.98 %, ceniza 4.95 %, carbohidratos 18.22 %, materia seca 85.38 %, hierro 37.30 ppm, zinc 42.28 ppm y calcio 0.10 %.



Figura 21. Cacao Tenancingo 36 (TN 36). a) mazorca, b) semillas.

Tenancingo 36 (TN 36)

Localización: encontrado en el Cantón Corral Viejo, Tenancingo, Cuscatlán, propiedad de Inocente Hernández, latitud 13°48´38.40", longitud 88°58´80.80", a una altitud de 503 msnm.

Descripción del árbol: edad 20 años, arquitectura erecta, forma de ramificación intermedia, número de chupones 1, diámetro a la altura del pecho 3.50 cm, altura 2.25 m, número de frutos 3.

Descripción de fruto: forma pentágona, color amarillo verde, constricción basal ausente o muy débil, forma del ápice agudo, ligeramente rugosa, longitud 14.00 cm, diámetro 6.58 cm, peso del fruto 249.70 g, e índice de mazorca 34.50 (Figura 21a).

Descripción de la semilla: color blanco, forma sección longitudinal ovada, forma sección transversal aplanada, número de semilla 22, largo 2.39 cm, ancho 1.47 cm, peso de semilla seca 1.32 g e índice de semilla 75.91 (Figura 21b).

Análisis bromatológico: humedad parcial 17.08%, humedad total 1.33%, grasa 40.15%, proteína 20.66%, fibra 16.58%, ceniza 5.39%, carbohidratos 9.74%, materia seca 81.59%, hierro 39.26 ppm, zinc 45.03 ppm y calcio 0.05%.

Tenancingo 37 (TN 37)

Localización: encontrado en Cantón Corral Viejo, Tenancingo, Cuscatlán, propiedad de Inocente Hernández, latitud 13°48´42.38", longitud 88°58´07.07", a una altitud de 512 msnm.

Descripción del árbol: edad 20 años, arquitectura erecta, forma de ramificación verticilada, sin chupones, diámetro a la altura del pecho 4.00 cm, altura 3.75 m, número de frutos 5.

Descripción de fruto: forma obovado, color rojo medio, constricción basal ausente o muy débil, forma del ápice entallado, moderadamente rugosa, longitud 16.00 cm, diámetro 7.60 cm, peso del fruto 361.40 g, e índice de mazorca de 32.02 (Figura 22a).

Descripción de la semilla: color rosa, forma sección longitudinal oblonga, forma sección transversal aplanada, número de semilla 22, largo 2.50 cm, ancho 1.27 cm, peso de semilla seca 1.42 g, e índice de semilla 70.45 (Figura 22b).

Análisis bromatológico: humedad parcial 15.46%, humedad total 1.57%, grasa: 44.88%, proteína 21.48%, fibra 20.58%, ceniza 4.80%, carbohidratos 13.26%, materia seca: 82.97%, hierro 25.09 ppm, zinc 54.74 ppm y calcio 0.10%.



Figura 22. Cacao Tenancingo 37 (TN 37). a) mazorca, b) semillas.

Tenancingo 38 (TN 38)

Localización: encontrado en Cantón Corral Viejo, Tenancingo, Cuscatlán, propiedad de Inocente Hernández, latitud 13°48´42.18", longitud 88°58´06.92", a una altitud de 512 msnm.

Descripción del árbol: edad 20 años, arquitectura erecta, forma de ramificación verticilada, número de chupones 2, diámetro a la altura del pecho 4.00 cm, altura 3.75 m y un número de frutos 12.

Descripción de fruto: forma obovado, color púrpura, constricción basal ausente o muy débil, forma del ápice entallado, moderadamente rugosa, longitud 17.50 cm, diámetro 7.90 cm, peso del fruto 546.00 g, e índice de mazorca 23.92 (Figura 23a).

Descripción de la semilla: color rosa, forma sección longitudinal elíptica, forma sección transversal aplanada, número de semilla 35, largo 2.26 cm, ancho 1.34 cm, peso de semilla seca 1.19 g, e índice de semilla 83.71 (Figura 23b).

Análisis bromatológico: humedad parcial 10.18%, humedad total 2.00%, grasa 41.69%, proteína 22.56%, fibra 8.57%, ceniza 5.79%, carbohidratos 21.39%, materia seca 87.83%, hierro 34.88 ppm, zinc 59.44 ppm y calcio 0.15%.



Figura 23. Cacao Tenancingo 38 (TN 38). a) mazorca, b) semillas.

San Pedro Nonualco 209 (SPN 209)

Localización: encontrado en Cantón El Lazareto, San Pedro Nonualco, La Paz, propiedad de Otoniel López Beltrán, latitud 13°36´16.15", longitud 88°56´42.09" a una altitud de 559 msnm.

Descripción del árbol: edad 15 años, arquitectura erecta, forma de ramificación verticilada, número de chupones 2, diámetro a la altura del pecho 8.50 cm, altura 3.00 m, número de frutos 42.

Descripción de fruto: forma ovado, color amarillo verde, constricción basal ausente o muy débil, forma del ápice obtuso, moderadamente rugosa, longitud 16.40 cm, diámetro 9.28 cm, peso del fruto 659.10 g, índice de mazorca 20.45 (Figura 24a).

Descripción de la semilla: color crema, forma sección longitudinal ovada, forma sección transversal aplanada, número de semilla 35, largo 2.54 cm, ancho 1.53 cm, peso de semilla seca 1.40 g, índice de semilla 71.57 (Figura 24b).

Análisis bromatológico: humedad parcial 8.96%, humedad total 1.99%, grasa 39.29%, proteína 22.19%, fibra 21.28%, ceniza 4.10%, carbohidratos 13.14%, materia seca 89.05%, hierro 23.87 ppm, zinc 52.06 ppm y calcio 0.05%.



Figura 24. Cacao San Pedro Nonualco 209 (SPN 209). a) mazorca, b) semillas.



Figura 25. Cacao San Pedro Nonualco 210 (SPN 210). a) mazorca, b) semillas.

San Pedro Nonualco 210 (SPN 210)

Localización: encontrado en Cantón El Lazareto, San Pedro Nonualco, La Paz, propiedad de Otoniel López Beltrán, latitud 13°36´15.81", longitud 88°56´42.07", a una altitud de 559 msnm.

Descripción del árbol: edad 15 años, arquitectura erecta, forma de ramificación verticilada, sin chupones, diámetro a la altura del pecho de 9.00 cm, altura 3.50 m, número de frutos 44.

Descripción de fruto: forma ovado, color rojo oscuro, constricción basal moderada, forma del ápice obtuso, moderadamente rugosa, longitud 23.00 cm, diámetro 9.29 cm, peso del fruto 858.20 g, e índice de mazorca de 16.54 (Figura 25a).

Descripción de la semilla: color crema, forma sección longitudinal elíptica, forma sección transversal aplanada, número de semilla 41, largo 2.42 cm, ancho 1.28 cm, peso de semilla seca 1.47 g, índice de semilla 67.80 (Figura 25b).

Análisis bromatológico: humedad parcial 7.61%, humedad total 2.96%, grasa 40.50%, proteína 23.24%, fibra 27.98%, ceniza 5.15%, carbohidratos 3.13%, materia seca 89.43%, hierro 26.51 ppm, zinc 62.27 ppm, calcio 0.05%.



Figura 26. Cacao San Pedro Nonualco 211 (SPN 211). a) mazorca, b) semillas.

San Pedro Nonualco 211 (SPN 211)

Localización: encontrado en Cantón El Lazareto, San Pedro Nonualco, La Paz, propiedad de Otoniel López Beltrán, latitud 13°36´16.40", longitud 88°56´42.60" a una altitud de 565 msnm.

Descripción del árbol: edad 15 años, arquitectura erecta, forma de ramificación simple, número de chupones 1, diámetro a la altura del pecho 5.00 cm, altura 2.25 m y número de frutos 31.

Descripción de fruto: forma ovado, color rojo oscuro, constricción basal ausente o muy débil, forma del ápice obtuso, moderadamente rugosa, longitud 17.00 cm, diámetro 7.95 cm, peso del fruto 420.10 g, índice de mazorca 22.63 (Figura 26a).

Descripción de la semilla: color blanco, forma sección longitudinal elíptica, forma sección transversal aplanada, número de semillas 27, largo 2.22 cm, ancho 1.43 cm, peso de semilla seca 1.64 g e índice de semilla 61.11 (Figura 26b).

Análisis bromatológico: humedad parcial 13.07%, humedad total 1.32%, grasa 44.00%, proteína 19.18%, fibra 15.08%, ceniza 4.35%, carbohidratos 17.39%, materia seca 85.61%, hierro 27.73 ppm, zinc 59.83 ppm y calcio 0.05%.

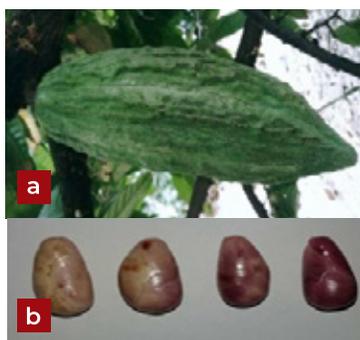


Figura 27. Cacao Universidad de El Salvador (UES 001). a) mazorca, b) semillas.

Universidad de El Salvador (UES 001)

Localización: encontrado en la Universidad de El Salvador, San Salvador, latitud 13°43´80.80», longitud 89°12´00.80», altitud 699 msnm.

Descripción del árbol: edad 4 años, arquitectura erecta, forma de ramificación intermedia, sin chupones, diámetro a la altura del pecho 7.50 cm, altura 1.80 m, número de frutos 6.

Descripción de fruto: forma ovado, color amarillo verde, constricción basal ausente o muy débil, forma del ápice entallado, ligeramente rugosa, longitud 18.00 cm, diámetro 6.98 cm, peso del fruto 336.30 g, e índice de mazorca 19.43 (Figura 27a).

Descripción de la semilla: color rosa, forma sección longitudinal ovada, forma sección transversal aplanada, número de semilla 35, largo 2.05 cm, ancho 1.11 cm, peso de semilla seca 1.47 g, e índice de semilla 68.00 (Figura 27b).

Análisis bromatológico: humedad parcial 17.51%, humedad total 1.60%, grasa 47.85%, proteína 20.77%, fibra 14.10%, ceniza 5.10%, carbohidratos 12.1 %, materia seca 80.89%, hierro 35.31 ppm, zinc 63.97 ppm y calcio 0.05%.



Figura 28. Cacao Universidad de El Salvador (UES 2A). a) mazorca, b) semillas.

Universidad de El Salvador (UES 2A)

Localización: encontrado en la Universidad de El Salvador, San Salvador, latitud 13°43´19.50», longitud 89°12´40.70», altitud 695 msnm.

Descripción del árbol: edad 15 años, arquitectura erecta, forma de ramificación intermedia, número de chupones 2, diámetro a la altura del pecho 8.00 cm, altura 3.75 m y número de frutos 52.

Descripción de fruto: forma obovado, color amarillo, constricción basal ausente o muy débil, forma del ápice entallado, moderadamente rugosa, longitud 15.25 cm, diámetro 6.89 cm, peso del fruto 260.40 g, e índice de mazorca 23.11 (Figura 28a).

Descripción de la semilla: color blanco, forma sección longitudinal ovada, forma sección transversal aplanada, número de semilla 30, largo 2.15 cm, ancho 1.25 cm, peso de semilla seca 1.44 g, e índice de semilla de 69.33 (Figura 28b).

Análisis bromatológico: humedad parcial 7.43%, humedad total 3.47%, grasa 39.12%, proteína 17.27%, fibra 16.12%, ceniza 4.99%, carbohidratos 22.50%, materia seca 80.86%, hierro 23.83 ppm, zinc 51.26 ppm y calcio 0.05%.

CONCLUSIONES

Con base a la información obtenida, las observaciones realizadas *in situ* y el análisis de resultados, se presentan las siguientes conclusiones:

Se cuenta con un banco de germoplasma de cacao en el municipio de San Pedro Nonualco, con 36 clones identificados y caracterizados, producto de la colecta en varios municipios de El Salvador y localmente.

De los 36 árboles encontrados y caracterizados, el 25% (9 árboles) presentan forma de fruto pentágono, y el 52.78% (19 árboles) coloración de semilla blanco, crema y rosa, que son características típicas de germoplasma de cacao criollo.

Con la formación de los 12 componentes de agrupación de las variables, se resolvió con 86.33% la variación total de la investigación, lo que indica buena aceptabilidad del modelo estadístico.

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

Se elaboró un catálogo ilustrado, donde se resume la información más importante de los 36 árboles de cacao caracterizados.

BIBLIOGRAFÍA

- Amores, F; Palacios, A; Jiménez, J; Zhang, D. 2009. Entorno ambiental, genética, atributos de calidad y singularización del cacao en el nor oriente de la provincia de Esmeraldas, Quevedo, Los Ríos, Ecuador. Instituto Nacional Autonomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). Boletín Técnico N° 135. 100 p.
- AOAC (Asociación Oficial de Químicos Analistas, Estados Unidos). 1990. Métodos oficiales de análisis (en línea). Filipinas, Estados Unidos. Consultado 31 may. 2017. Disponible en <http://www.eoma.aoac.org/>
- Avenidaño Arrazate, CH; Cueto Moreno, J; Mendoza López, A; López Andrade, PA; Sandoval Esquivel, A; Aguirre Medina, JF. 2014. Manual gráfico de descriptores varietales de cacao (*Theobroma cacao* L.). Coyoacán, México. 72 p.
- CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Costa Rica). 2016. Catálogo de clones de cacao

- seleccionados por el CATIE para siembras comerciales (en línea). Turrialba, Costa Rica. 70 p. Consulado 10 sep. 2018. Disponible en http://www.worldcocoafoundation.org/wp-content/uploads/files_mf/phillipsmora2012clones4.64mb.pdf
- Cruz Montesinos, E. 2012. Caracterización de la cadena de agroproductiva cacao en El Salvador (en línea). San Salvador, El Salvador. Consultado 29 de abr. 2017. Disponible en <http://simag.mag.gob.sv/uploads/pdf/Contribuciones2014311105318.pdf>
- De la Fuente Fernández, S. 2011. Análisis componentes principales. Madrid, España. 34 p.
- Dostert, N; Roque, J; Cano, A; Torre, M; Weigend, M. 2012. Hoja Botánica: Cacao. Trad Luebert, F. Lima, Perú. GmbH. 19p.
- Dubón, A; Sánchez, J. 2011. Manual de Producción de Cacao. 1 ed. La Lima, Cortés: FHIA. 208 p.
- FEDECACAO (Federación Nacional de Cacaoteros, Colombia). 2005. El beneficio y características físico químicas del cacao (*Theobroma cacao* L.). Bogotá; Produmedios.
- Jiménez, JM; Castillo, A; Gómez, A; Ramos, G; Chacón, I; Moya, A; Rumbos, R; Vidal, R; Albornoz, L; Gutiérrez, B; Vivas, A; Morales, N; Ramis, C. 1980. Manual Práctico para la caracterización morfológica de cacao (*Theobroma cacao* L.). Caracas, Venezuela. s.e. 50 p.
- MARN (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, El Salvador). 2017. Boletín Climatológico Mensual, Anual 2017.
- Martínez, WJ. 2007. Caracterización morfológica y molecular del cacao nacional Boliviano y de selecciones élites del Alto Beni, Bolivia. Tesis M. Sc. Turrialba, Costa Rica. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. 101 p.
- USAID (Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional). 2008. Estudio de caracterización del potencial genético del cacao en el Perú (en línea). Lima, Perú. 78 p. Consultado 25 mar. 2017. Disponible en http://minagri.gob.pe/portal/download/pdf/direccionesyoficinas/dgca/estudio_caracterizacion.pdf
- USAID (Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional). 2016. La experiencia de la Alianza cacao Perú: 28,000 Ha de cacao fino y de aroma bajo sistemas agroforestales en la Amazonía peruana: una contribución para una agricultura bio diversa y carbono positiva con ex cocaleros en las regiones de San Martín, Huánuco y Ucayali en la Amazonía Peruana. San Isidro, Perú. 73 p.