



**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS  
DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA**

**PROYECTO DE USAID DE EDUCACIÓN SUPERIOR PARA EL  
CRECIMIENTO ECONÓMICO**



**INFORMES TÉCNICOS:**

**CONSERVACIÓN Y MANEJO DE RECURSOS FITOGENÉTICOS DE  
CAFÉ ROBUSTA (*Coffea canephora*) Y CACAO CRIOLLO  
(*Theobroma spp.*) EN SISTEMAS AGROECOLÓGICOS  
PRODUCTIVOS COMO ESTRATEGIA FRENTE AL CAMBIO  
CLIMÁTICO**



**2019**



**INFORMES TÉCNICOS:**

**CONSERVACIÓN Y MANEJO DE RECURSOS FITOGENÉTICOS DE  
CAFÉ ROBUSTA (*Coffea canephora*) Y CACAO CRIOLLO  
(*Theobroma spp.*) EN SISTEMAS AGROECOLÓGICOS  
PRODUCTIVOS COMO ESTRATEGIA FRENTE AL CAMBIO  
CLIMÁTICO**



**Descargo de responsabilidad:**

Este documento ha sido creado gracias al apoyo del Pueblo de los Estados Unidos a través de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID). Su contenido es de exclusiva responsabilidad de los autores y no refleja necesariamente la visión de USAID o del Gobierno de los Estados Unidos.

Universidad de El Salvador  
Facultad de Ciencias Agronómicas  
Final 25 avenida norte  
San Salvador, El Salvador

Edición: Fidel Ángel Parada Berríos  
Efraín Antonio Rodríguez Urrutia  
José Miguel Sermeño Chicas  
Juan Rosa Quintanilla Quintanilla

Informes Técnicos  
Tiraje: 400 ejemplares

Conservación y manejo de Recursos Fitogenéticos de café robusta (*Coffea canephora*) y cacao criollo (*Theobroma sp*) en sistemas agroecológicos productivos como estrategia frente al cambio climático.

Financiado por: Proyecto de USAID de Educación Superior para el Crecimiento Económico. Número de Grant: «0214405-G-2018-003-00»  
Período del Grant: «26 de octubre 2017» – «23 de octubre 2018»  
Cluster: «Clúster de Agroalimentos»

Agradecimientos especiales al equipo Técnico de USAID por todo su apoyo en la realización del proyecto: Dra. Reina Durán de Alvarado, Sra. Claudia Flores, Lic. Claudia Rosales, Lic. Nora Serpas, Lic. Yanira Arévalo de Parada, Lic. Luis Rivera, Lic. Edmundo Echegoyén, Lic. Luis Costa, Lic. Max Alfaro y Felipe Menéndez.

## **AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**

**MAESTRO ROGER ARMANDO ARIAS ALVARADO  
RECTOR**

**DR. MANUEL DE JESÚS JOYA ABREGO  
VICERECTOR ACADÉMICO**

**ING. AGR. NELSON BERNABE GRANADOS  
VICERECTOR ADMINISTRATIVO**

**ING. AGR. MSC. JUAN ROSA QUINTANILLA QUINTANILLA  
DECANO FACULTAD DE CIENCIAS AGRONOMICAS**

**DR. FRANCISCO LARA ASCENCIO  
VICEDECANO**

**ING. AGR. MSC. FIDEL ÁNGEL PARADA BERRÍOS  
JEFE DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA**

### **EQUIPO TÉCNICO**

**ING. AGR. M SC. FIDEL ANGEL PARADA BERRÍOS  
ESPECIALISTA EN FRUTICULTURA TROPICAL  
DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA**

**ING. AGR. M SC. EFRAÍN ANTONIO RODRIGUEZ URRUTIA  
ESPECIALISTA EN DESARROLLO RURAL Y CAFICULTURA  
DIRECTOR ESTACIÓN EXPERIMENTAL Y DE PRÁCTICAS (EEP)**

**ING. AGR. M SC. JOSÉ MIGUEL SERMEÑO CHICAS  
ESPECIALISTA EN ENTOMOLOGÍA  
SECRETARIO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS, UES**

**ING. AGR. ELÍAS ANTONIO VÁSQUEZ OSEGUEDA  
ING. AGR. LUIS MIGUEL LOVO LARA  
AUXILIARES DE PROYECTOS**

**LIC. M SC. ADA YANIRA ARIAS DE LINARES  
DOCENTE INVESTIGADORA**

**LABORATORIO DE INGENIERIA AGRÍCOLA**

**ING. AGR. MARVIN ORLANDO MOLINA ESCALANTE  
JEFE DE CAMPO**

**ING. JUAN DE DIOS CHÁVEZ  
JEFE PLANTA DE AGROINDUSTRIA**

**ESTACIÓN EXPERIMENTAL Y DE PRÁCTICAS**



## INDICE

CONTENIDO	Pág.
PRESENTACIÓN.....	1
AGRADECIMIENTOS.....	2
DEDICATORIA.....	3
ANTECEDENTES.....	4
RECURSOS GENÉTICOS DE <i>Theobroma</i> spp. .....	6
<b>Rescate de patashte (<i>Theobroma bicolor</i> Humb &amp; Bonpl.) y cushta (<i>Theobroma angustifolium</i>) dos especies promisorias en peligro de extinción en El Salvador.</b> Parada-Berrios, FA; Vásquez-Osegueda, EA; Lovo-Lara, LM; Arias de Linares, AY; Molina-Escalante, MO. ....	8
<b>Caracterización morfoagronómica de cacao criollo (<i>Theobroma cacao</i> L.) y su incidencia en la selección de germoplasma promisorio en áreas de presencia natural en El Salvador.</b> López-Hernández, JA; Ortiz-Mejía, FN; Parada-Berrios, FA; Lara-Ascencio, F; Vásquez-Osegueda, EA. ....	23
<b>Caracterización morfoagronómica <i>in situ</i> de cacao criollo (<i>Theobroma cacao</i> L.) en lugares de prevalencia natural y su incidencia en la selección de germoplasma promisorio.</b> Guardado-Deras, EC; López, M; Parada-Berrios, FA; Lara-Ascencio, F; Vásquez-Osegueda, EA; Lovo-Lara, LM. ....	41
<b>Formación de un banco de germoplasma de cacao (<i>Theobroma cacao</i> L.) con árboles criollos seleccionados en el municipio de San Pedro Nonualco, departamento de La Paz, El Salvador.</b> Franco-Portillo, RA; Romero-Quintanilla, JC; Parada-Berrios, FA; Urrutia-Rodríguez, EA; Arias de Linares, AY; Vásquez-Osegueda, EA. ....	63
<b>Caracterización morfoagronómica <i>in situ</i> de cacao criollo (<i>Theobroma cacao</i> L.) en el cantón Cangrejera, municipio de Izalco, departamento de Sonsonate, El Salvador.</b> Lovo-Lara, LM; López-Avilés, WV; Parada-Berrios, FA; Lara-Ascencio, F; Arias de Linares, AY; Vásquez Osegueda, EA. ....	85
<b>Establecimiento de bancos de germoplasma de <i>Theobroma</i> spp y <i>Coffea canephora</i> en el campus universitario (SS) y la Estación Experimental de Prácticas de la Universidad de El Salvador, San Pedro Nonualco y Cooperativa Santa Clara, La Paz.</b> Molina-Escalante, MO; Rodríguez-Urrutia, EA; Parada-Berrios, FA; Vásquez-Osegueda, EA; Lovo-Lara, LM. ....	119
<b>PROPAGACIÓN VEGETATIVA DE CACAO.....</b>	134
<b>Evaluación de diferentes dosis de ácido indol butírico (AIB), en el</b>	136

**enraizamiento de estacas de cacao criollo (*Theobroma cacao* L.) utilizando polipropagadores de madera.**

Mejía-Chávez, HM; Jiménez-Fuentes, CI; Parada-Berríos, FA; Vásquez-Osegueda, EA; Lovo-Lara, LM.

**Producción de plantas de cacao criollo (*Theobroma cacao* L.), utilizando dos técnicas de injerto con modificaciones y su efecto en el éxito del prendimiento en fase de vivero.**

Villalta-Cartagena, LB; Rivas-García, AT; Ramos, YM; Parada-Berríos, FA; Molina-Escalante, MO.

150

**Nutrición de portainjertos de cacao (*Theobroma Cacao* L.), utilizando diferentes dosis de fórmula 15-15-15 y su influencia en el prendimiento de cuatro tipos de injerto.**

Meza-Calderón, MA; Moya-Menjívar, XM; Parada-Berríos, FA; Vásquez-Osegueda, EA. ....

163

**Evaluación de cuatro tipos de injertos de cacao (*Theobroma cacao* L.) utilizando como injerto el clon ICS-95 en portainjertos de dos años de edad establecidos en campo en la Cooperativa Santa Clara, San Luis Talpa, La Paz.**

Vásquez-Osegueda, EA; Parada-Berríos, FA; Rodríguez-Urrutia, EA; Lovo-Lara, LM.

181

**INSECTOS ASOCIADOS AL CACAO .....**

190

**Insectos como plagas potenciales del cacao (*Theobroma cacao* L.) en El Salvador**

Sermeño-Chicas, JM; Pérez, D; Serrano-Cervantes, L; Parada-Jaco, ME; Joyce, AL; Maldonado-Santos, EJ; Alvanes-Leiva, YA; Rodríguez-Sibrían, FM; Girón-Segovia, CD; García-Sánchez, DA; Hernández-León, CE; Rivas-Nieto, F; Rivera-Mejía, FA; Parada-Berríos, FA; Rodríguez-Urrutia, EA; Vásquez-Osegueda, EA; Lovo-Lara, LM.

192

**PROCESAMIENTO ARTESANAL DEL CACAO .....**

210

**Procesamiento artesanal de cacao (*Theobroma cacao* L.) y café (*Coffea arábica*)**

Chávez-Santamaría, JD; Rodríguez-Urrutia, EA; Molina-Escalante, MO; Lovo Lara, LM.

212

## PRESENTACIÓN

La Universidad de El Salvador a través de la Facultad de Ciencias Agronómicas, el departamento de Fitotecnia y la Estación Experimental y de Prácticas (EEP), ejecutaron el proyecto: **“Conservación y manejo de Recursos Fitogenéticos de café robusta (*Coffea canephora*) y cacao criollo (*Theobroma spp.*) en sistemas agroecológicos productivos como estrategia frente al cambio climático”**, financiado por USAID en el marco del **“Proyecto de USAID de Educación Superior para el Crecimiento Económico”**.

Con este documento se entrega el producto de los objetivos planteados en el proyecto, todos los resultados obtenidos en las diferentes investigaciones se presentan escritos a manera de informes técnicos, sistematizados a partir de la elaboración de tesis, actividades de proyección social, desarrollo académico, investigación curricular e investigaciones desarrolladas con apoyo de personal técnico y estudiantes, dirigidos por docentes especialistas en las diferentes áreas, afines al desempeño óptimo del mismo.

Con la ejecución del proyecto se propuso incidir en el rescate de especies de *Theobroma spp.*, principalmente el cacao (*Theobroma cacao*), focalizando la colecta de germoplasma en el cacao de almendra blanca, la cual se encuentra en grave erosión genética, considerando que existe un alto grado de contaminación con cacaos trinitarios principalmente y de alguna medida con los forasteros, que aunque no se encuentran genéticamente puros, se encuentra presente en el genoma de los árboles trinitarios, induciendo mayor diversidad genética, pero provocando la pérdida de nuestros cacaos ancestrales. Por tal motivo, la colecta fue dirigida al rescate prioritariamente de cacaos de almendra blanca en mayor proporción y otras variantes de cacaos criollos. Asimismo, fue de mucha importancia el rescate de especies como el patashte (*Theobroma bicolor*) y la cushta (*Theobroma angustifolium*), como especies con alto potencial alimenticio o “alimentos del futuro”.

Por otra parte se abordó en las investigaciones la generación de tecnologías prácticas de propagación vegetativa, como el enraizamiento de estacas, evaluación de diferentes tipos de injerto y en campo, a fin, de resolver problemas que han tenido productores de la Cooperativa Santa Clara y viveristas.

De igual forma se realizó un estudio de artrópodos asociados al café y al cacao, encontrando una diversidad de especies, que indican el grado de sostenibilidad de los agrosistemas y su equilibrio ecológico, basado en el nivel de complejidad de los mismos, no obstante, se identifican para cacao insectos con potencial de convertirse plaga, por lo que se recomienda evitar el establecimiento de cacao en monocultivo o con poca diversidad vegetal en sus sistemas de asocio.

Finalmente se trata de hacer un acercamiento a diferentes procesos artesanales en la transformación de cacao en diferentes productos como la tablilla de chocolate y bombones.

Explicar además que el documento contiene información técnica muy específica a las diferentes áreas temáticas de estudio, haciendo uso de herramientas de apoyo como, las metodologías estadísticas implementadas para la toma y procesado de información como la estadística descriptiva, análisis multivariados, análisis de conglomerados, diseños y arreglos experimentales, análisis de varianza, pruebas de separación de medias y correlación de Pearson; con estas herramientas se analizaron resultados y se sistematizó la información, para la elaboración de éste documento final. **Por tal motivo se propone a los técnicos manejar adecuadamente esta información con los productores tratando de transmitir y compartir los resultados de una manera práctica y sencilla para su fácil asimilación y puesta en práctica, para que estos resultados sean del mayor provecho para técnicos, docentes, estudiantes y productores de cacao de avanzada como agricultores que inician en éste cultivo.**

Ing. Agr. Msc. Fidel Ángel Parada Berríos  
Coordinador del Proyecto

Ing. Agr. Msc. Efraín Antonio Rodríguez Urrutia  
Coordinador Adjunto

Ing. Agr. Msc. José Miguel Sermeño Chicas  
Coordinador Adjunto

## AGRADECIMIENTOS

Para la realización del proyecto: “Conservación y manejo de Recursos Fitogenéticos de café robusta (*Coffea canephora*) y cacao criollo (*Theobroma spp.*) en sistemas agroecológicos productivos como estrategia frente al cambio climático”, recibimos la oportuna y acertada colaboración de las siguientes personas e Instituciones, a quienes agradecemos infinitamente.

A Don Inocente Hernández, Doña Marta Menjívar y Xiomara Moya Menjívar, por facilitarnos la colecta de material de propagación de cacao criollo de su propiedad en Tenancingo, Cuscatlán.

Don Otoniel López Beltrán, Roberto Reyes, Arnulfo Jiménez y a Don Sergio Orellana, por facilitarnos la colecta de cacao criollo en sus respectivas parcelas en San Pedro Nonualco, La Paz.

A Don Jaime Alonso Arévalo y a su familia por su colaboración desinteresada para la ejecución de este proyecto y del documento que presentamos y felicitarlo por su labor en la conservación *in situ* de las especies Patashte (*Theobroma bicolor*), Cushta (*Theobroma angustifolium*) y el cacao criollo de aroma fino (*Theobroma cacao*).

A los asociados miembros de la Asociación Cooperativa Santa Clara No. 2, en particular a Don José Noé Flores, Don José María Peraza y Don Oscar Moz Rodas por todo el apoyo brindado durante la ejecución del proyecto.

Al Sr. José Emilio Mónico por facilitarnos germoplasma de cacao criollo en Ciudad Delgado.

A Don Jesús Ávalos Escobar, Jorge Cartagena y Moisés Cartagena por proveernos de germoplasma criollo de cacao en Tenancingo, Cuscatlán.

Al personal de investigación científica (CIC/UES), por la elaboración del documental del cultivo de cacao especialmente a los Licenciados Cristina Guzmán y Raúl Magarín.

Lic. Ada Yanira de Linares y personal técnico del departamento de Química Agrícola por realizar los análisis químicos.

A los Bachilleres e Ingenieros: Fredy Noé Ortiz Mejía, Alexander Menjívar, Erick Guardado Deras, Max López, Leticia Villalta, Teresa Rivas, Helen Mejía, César Jiménez, Wilmer Vladimir López, Juan Carlos Romero y Rodd Alberto Franco Portillo, Luis Miguel Lovo Lara, Fátima Alas, Nelson Deras Rodríguez Marvin Meza y Xiomara Moya Menjívar. Tesis de la Facultad de Ciencias Agronómicas y a los estudiantes de los cursos de Fruticultura y Cultivos extensivos 2017, 2018 y 2019.

A la Ing. Aura Jazmín Morales de Borja jefa del Banco de Germoplasma del CENTA por su colaboración.

Al personal de campo y administrativo de la Estación Experimental y de prácticas en especial a Marianela González y Norma Domínguez, por su apoyo logístico.

A Dora Imelda Campos Pacheco por todo su apoyo administrativo en el Departamento de Fitotecnia y a esta jefatura.

Al personal administrativo en especial a Don Ovidio Márquez y Hans López por su apoyo.

Ing. Agr. Msc. Juan Rosa Quintanilla, Decano, Dr. Francisco Lara, Vicedecano de la Facultad de Ciencias Agronómicas, por facilitar ágilmente los diferentes procesos en la ejecución del proyecto.

### Agradecimientos

Esta publicación forma parte de la Investigación científica Titulada: “Conservación de recursos fitogenéticos de café y cacao criollo en sistemas agroecológicos productivos de El Salvador frente al cambio climático”, el cual es financiado a través del Proyecto de Educación Superior para el Crecimiento Económico, entre el proyecto de USAID y la Universidad de El Salvador (UES) con



Acuerdo de Cooperación Número 0214405-G2018-003-00. Los autores también agradecen a la Dra. Dora López por los comentarios y ediciones de este manuscrito.

### **DEDICATORIA**

A Dios todo poderoso, Jesucristo y nuestro San Óscar Arnulfo Romero, libertadores de nuestros pueblos, por acompañarnos en cada paso de nuestras vidas.

A nuestro pueblo salvadoreño, a quien dedicamos nuestro esfuerzo a fin de consolidar los cambios iniciados hacia una sociedad equitativa y realmente justa, pidiéndole sabiduría a nuestro creador para no dar pasos hacia atrás.

A los agricultores salvadoreños, a fin de lograr una agricultura autosostenible, ecológicamente amigable, soberanía y seguridad alimentaria y la no migración a otros países.

A las autoridades de nuestra *alma mater*, que dios ilumine de sabiduría y humildad, para que la toma de decisiones sea acertada en beneficio de la investigación, proyección social, desarrollo académico y técnico-científico de el salvador.

Al personal del departamento de Fitotecnia de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador, por su apoyo.

A los estudiantes de Ciencias Agronómicas de los cursos de Fruticultura y Cultivos Extensivos, años 2017, 2018 y 2019, quienes participaron muy activamente en la cadena productiva del proyecto.

Y por último y de manera particular a nuestras familias, por su apoyo que inspira a dejar un pequeño aporte para la sociedad salvadoreña.

## ANTECEDENTES

El germoplasma de cacao de almendra blanca (*Theobroma spp* y *Theobroma cacao*) conocido como “fino de aroma”, y sus especies afines cushta (*Theobroma angustifolium*) y patashte (*Theobroma bicolor*), tienen un alto potencial de industrializarse para chocolates con atributos exclusivos y otro tipo de productos como nueces saladas o endulzadas; sin embargo, en El Salvador están en peligro de extinción, por lo que urge continuar con su rescate, caracterización, conservación y propagación masiva a fin de evaluar la calidad de sus granos (Constanza 2014).

En el último Censo Agropecuario 2007-2008 se reportó que la producción nacional de cacao fue de 5,825 quintales (2.64 toneladas) y una superficie de siembra de 639 manzanas (446.5 ha), clasificado en el rubro de cultivos agroindustriales. Actualmente El Salvador es un país caracterizado por tener una gran dinámica en el sector de transformación secundaria de cacao (CATIE 2013), sin embargo, la mayor parte del cacao que se reporta son del tipo genético Trinitario, el cual es una hibridación natural de los cacaos criollos nativos y de los tipos forasteros amazónicos (Constanza 2014).

En el año 2009 El Salvador produjo 264,000 kg de cacao, viéndose en la necesidad de importar cacao de países como Guatemala, Nicaragua y Honduras, para suministrar las necesidades internas (CRS 2014).

A partir del año 2010 ha surgido interés por posicionar a El Salvador como productor de cacao fino de aroma y se están realizando esfuerzos e invirtiendo recursos en el establecimiento de siembras nuevas, sin embargo, a nivel general, estas se están desarrollando con plantas procedentes de semillas, sin tener un control de la calidad, sanidad y de los niveles de producción de los árboles. Un esfuerzo importante ha sido la cadena de cacao impulsada por el Instituto Interamericano de Investigación Agrícola (IICA) y por el Ministerio de Agricultura y Ganadería de El Salvador (MAG), introduciendo clones de cacao principalmente del tipo trinitario procedentes de la Fundación Hondureña de Investigación Agrícola (FHIA) y del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) de Costa Rica, y de otras instituciones de investigación de países reconocidos por su trayectoria como productores de cacao en la región, con el propósito de establecer los primeros jardines clonales en el país, contando la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador con una réplica de estas colecciones de campo; sin embargo, estos materiales todavía no han sido evaluados ni validados en el ámbito nacional.

En el año 2014 solamente se reportaron 42 productores de cacao, con un rendimiento que no sobrepasó los 167,876 kg, no obstante, las importaciones en ese mismo año fueron del orden de 700,000 kg. La Alianza Cacao reporta que al término del 2016 se establecieron 1,881 ha de las 2,700 hectáreas planificadas (todas propagadas por semilla) (CRS 2014).

El Salvador tiene potencial para la producción, comercialización y exportación de cacao fino, ya que es considerado un “centro de dispersión” o de origen del cacao criollo. El cacao fino obtiene precios más altos que el cacao corriente, usualmente los cacaos finos o gourmet tienen un precio promedio de US \$2,000.00 por TM, por encima del corriente (Dubón y Sánchez 2011).

El CATIE (2012) afirma que los países centroamericanos no pretenden competir en el mercado mundial del cacao en cantidad, sino en calidad, apuntando a mercados nicho de cacao fino. Competir en cantidad es prácticamente imposible ya que Centroamérica no produce ni el 1% de la producción mundial de cacao, la cual está dominada en un 95% por cacao normal o corriente. Sin embargo, sí se puede competir en calidad, ya que el cacao

centroamericano es apetecido por industrias, chocolaterías gourmet y consumidores que reconocen el valor de un chocolate diferenciado por sus características de sabor, aroma, nutrición (salud) y conciencia ambiental, además, es reconocido por tener polifenoles y flavonoides que son saludables para el sistema cardiovascular. Esto representa una gran oportunidad para pequeños, medianos y grandes productores centroamericanos para adicionar valor y optar por mercados nichos con buenos precios.

El CATIE (2012) menciona que no se debe de hablar de una sola calidad que tenga una definición específica, sino de calidades. La noción de calidad es variable, depende del proceso productivo y de los objetivos de los interesados en la calidad. Es por eso que la calidad final del cacao de una determinada zona será una combinación de las características deseadas por el productor, exportador, transformador, industrial (chocolatero) y consumidor.

Por otro lado, el cacao criollo tiene el potencial de aumentar la biodiversidad del país, restaurar ecosistemas degradados, mejorar la calidad y cantidad de los recursos suelo y agua, y fomentar el potencial de adaptación de cara a los fenómenos meteorológicos extremos actuales y futuros (MARN 2013).

La gran ventaja del cultivo del cacao es que requiere de sombra controlada, por lo que al establecerlo también es preciso la introducción de otras especies arbóreas que brinden la sombra necesaria y otros alimentos, de tal forma que se generen sistemas de producción con policultivos, siendo estos conocidos como Sistemas Agroforestales (SAF), los cuales tienen el potencial de aumentar la infiltración de agua en los terrenos y la biodiversidad, mejorar los ingresos de las familias rurales, generar fuentes de empleo, evitar la migración, mejorar la seguridad alimentaria y nutricional en los hogares, y crear oportunidades de pequeñas empresas para las mujeres y los jóvenes que viven en las zonas rurales.

La Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador, consciente del grave deterioro ambiental causado por las prácticas agrícolas insostenibles dejadas por el uso intensivo de los suelos, confirma que unas tres cuartas partes del territorio de El Salvador están siendo ocupadas por agroecosistemas en los que predominan especies agrícolas en monocultivo como el maíz, sorgo, frijol, caña de azúcar, pastizales, que poco a poco han degradado el recurso suelo volviéndolo improductivo, motivo por el cual en el año 2014 inició la colecta de germoplasma de cacao criollo de almendra blanca de alta calidad, los cuales se consideran cacaos de aroma fino por las características fenotípicas tanto en color de la semilla, forma del fruto, tamaño de árbol, dado que estos ecotipos en su procesamiento adquieren olores y sabores que los posicionan mundialmente como cacaos Gourmet, sin embargo, es importante comprobar sus atributos y propiedades organolépticas que determinen la verdadera calidad del germoplasma colectado.

Ing. M. Sc. Efraín Antonio Rodríguez Urrutia  
Profesor Investigador

#### Referencias

- Dubón, A; Sánchez, J. 2011. Manual de Producción de Cacao. 1 ed. La Lima, Cortés: FHIA. 208 p.
- CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, El Salvador). 2013. Informe Nacional: Uso actual y Oferta de tecnologías sostenibles en la cadena de valor del cacao para mejorar la Seguridad Alimentaria en El Salvador. Unidad de desarrollo de Agronegocios. 40 p.
- CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Costa Rica). 2012. Calidad de cacao en Centroamérica: un vistazo a la situación en 2009. Compilado por Marilyn Villalobos Rodríguez y Shirley Orozco Estrada. 1ª ed. Turrialba, Costa Rica. Serie técnica. Reuniones Técnicas/CATIE; No. 17). 88 p.
- Constanza, JA. 2014. Inventario de Productores y Material genético criollo de cacao en El Salvador. CRS. 108 p.
- CRS (Catholic Relief Services, El Salvador). 2014. Estrategia de Trabajo de la Alianza Cacao. San Salvador. 41 p.
- MARN (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, El Salvador). 2013. Estrategia Nacional de Biodiversidad. Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. El Salvador. 24 p.



**RECURSOS GENÉTICOS DE *Theobroma* spp.**







## **Rescate de patashte (*Theobroma bicolor* Humb & Bonpl.) y cushta (*Theobroma angustifolium*) dos especies promisorias en peligro de extinción en El Salvador.**

**Parada-Berrios, FA; Vásquez-Osegueda, EA; Lovo-Lara, LM; Arias de Linares, AY; Molina-Escalante, MO.**

### **RESUMEN**

En El Salvador existen especies vegetales como el patashte (*Theobroma bicolor*) y la cushta (*Theobroma angustifolium*) parientes silvestres del cacao, con alto potencial nutritivo para la alimentación y como materia prima para la agroindustria y el desarrollo de productos como chocolate, atoles, snack, entre otros, no obstante, estas especies están en peligro de extinción, por lo que no se cuenta con mucha información técnica. Por tal motivo se realizaron giras de colecta de estas especies, en municipios, con tradición en la producción de cacao a fin de incluir ambas especies en los bancos de germoplasma de cacao que se establecieron como parte del proyecto de rescate de recursos genéticos de cacao. Sin embargo, la situación de ambas especies es crítica por el alto grado de erosión genética, ya que, solamente se lograron obtener muestras de frutos en el cantón Cangrejera, Izalco, Sonsonate. Estas muestras se llevaron al Laboratorio de Química Agrícola de la Facultad de Ciencias Agronómicas de La Universidad de El Salvador (UES), a fin de realizar análisis bromatológicos y conocer de manera preliminar su composición química. Asimismo, desarrollar viveros con ambas especies para siembra en las colecciones de la UES. Como resultado se encontraron concentraciones para patashte y cushta de 16.04 y 4.48% de proteína; de 33.81 y 23.93% de grasa; 35.02 y 44.75% de carbohidratos respectivamente. Por otra parte se establecieron plantas de patashte y cushta en el banco de germoplasma del campus universitario, Estación Experimental y de Prácticas (EEP), San Pedro Nonualco y La cooperativa Hacienda Santa Clara, procurando contribuir al rescate de las mismas. Se concluye que ambas especies tienen potencial para consumo directo con preparaciones artesanales y materia prima para elaboración de muchos productos alimenticios nutritivos, e incluirlos en programas de Seguridad Alimentaria y Nutricional (SAN), por lo que es importante y urgente, proponer y ejecutar estrategias de conservación *in situ* y *ex situ*.

## INTRODUCCION

El Salvador se encuentra ubicada en una franja tropical donde la diversidad genética es abundante, por lo que las fuentes de alimento son variadas, sin embargo muchas de estas especies son subutilizadas o simplemente desconocidas en riesgo de erosión y peor aún en peligro de extinción, no obstante Martínez Alfaro (2007) afirma que en los trópicos los frutales tienen una diversidad genética y que están en continuo manejo por la gente, entre estas, muchas especies nativas como las del género *Theobroma* presentan poblaciones silvestres o cultivadas lo cual permite que una especie pueda estar en un matorral, bosque, reserva natural, huerto familiar, cafetal, cacaotal, potreros o en las orillas de campos y cultivos. Generalmente de las especies que se investigan siempre tienen su contraparte silvestre muchas veces generando cruces entre poblaciones y que resultan en una amplia diversidad infra e intraespecífica.

Las principales causas de la extinción de plantas, inducidas por el hombre son la sobre explotación, la fragmentación, la pérdida del hábitat y la pérdida de la elasticidad de los sistemas, producto de la desaparición de especies claves. Frente a las amenazas que asechan a las especies en el mundo la conservación *ex situ* constituye una opción cada vez más importante como medida de respaldo de la biodiversidad. En general, es importante tomar en consideración las estrategias complementarias de conservación que combinen la dinámica *in situ* de los ambientes naturales con la estática de las alternativas *ex situ*, las cuales posiblemente constituyen una opción más segura de conservación (CATIE, 2007).

En el caso específico del género *Theobroma*, éstas son originarias de regiones de Centro y Sur América dentro de las 22 especies conocidas el *T. cacao* es la única que se cultiva comercialmente, sin embargo, existen otras con alto potencial que se encuentran en proceso de domesticación entre ellas el *Theobroma bicolor* y *Theobroma angustifolium* conocidas en algunas regiones como Patashte y Cushta respectivamente. El patashte en México, incluye los estados de Chiapas, Oaxaca y Tabasco y a nivel mundial, reportando su presencia en Colombia, Venezuela y Brasil (Gálvez-Marroquín, *et al.* 2016). En El Salvador Tanto El patashte como la cushta se reporta principalmente en los municipios de Izalco y Nahuilingo, Sonsonate, aunque no se descarta su presencia en otros lugares que se puedan considerar de prevalencia natural de la especie asociada a poblaciones de origen en nuestro país como San Pedro Nonualco en La Paz, Cacaopera, Morazán, Cerro Tecapa, Usulután, entre otros (Gutiérrez-Hernández, 2011). Gálvez-Marroquín, *et al.* (2016) mencionan que el patashte en México se encuentra asociado a cacaotales o en traspatio, ya que no existen plantaciones comerciales. Los Frutos de *T. bicolor* son los más grandes del género *Theobroma* entre 25 a 35 cm de largo por 12 a 15 de ancho llegando a pesar entre 0.5 a 3.0 kg. La cáscara es leñosa y dura, el árbol produce aproximadamente de 14 a 40 frutos por cosecha (Bressani y Furlan, 1997 citado por Gálvez-Marroquín, *et al.* 2016). En algunas regiones de México, esta especie tiene importancia por sus usos en bebidas tradicionales y como ingrediente del chocolate. El *Theobroma angustifolium* es nativo de Mesoamérica, el árbol es de tamaño medio entre 8 y 26 m de altura, las hojas son simples y alternadas; oblongo-lanceoladas de 14 a 21 cm de largo y de 5-6.5 de ancho; los frutos son de 10-18 cm de largo y de 6-9 cm de diámetro, este fruto contiene de 20 a 25 semillas (Brunner, s.f.). Reflexionando que ambas especies son consideradas subutilizadas y en peligro de extinción en El Salvador, se propuso como objetivo contribuir al rescate y conservación *ex situ*, y a la generación de conocimiento básico iniciando con caracterización bromatológica y el establecimiento de pequeñas áreas de cultivo que nos conduzcan a futuro a una caracterización completa de ambas especies y por ende a su rescate y multiplicación.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Giras de colecta

Estas iniciaron entre el 15 de octubre de 2017 hasta el mes de julio de 2018, realizando recorridos en los municipios de Tenancingo, Cuscatlán; Ciudad Delgado, San Salvador; San Pedro Nonualco, y Cooperativa Santa Clara No 2, La Paz; Caluco, San Isidro e Izalco en Sonsonate; Arcatao, Chalatenango y Tecapán, Usulután. De todos los lugares recorridos en este período *Theobroma bicolor* y *Theobroma angustifolium* solamente se encontró en el municipio de Izalco en la propiedad del Señor Jaime Alonso Arévalo, productor en pequeño de cacao, pero que además se ha encargado de conservar y propagar ambas especies.

### Características del Sitio de Colecta

El Cantón Cangrejera pertenece al municipio de Izalco, Sonsonate a 65 km al suroeste de San Salvador a 418 m sobre el nivel del mar y con coordenadas geográficas 13°44'20" latitud norte y 89°40'52" longitud oeste. Don Jaime Arévalo propietario de la Finca donde se colectaron los frutos de patashte y cushta se ha encargado desde hace más de 10 años de reproducir ambas especies y comercializarlas entre los clientes de sus productos a base de cacao (bombones, tablilla, semillas confitadas, entre otros) y patashte (semillas tostadas y en mezcla con chocolate), al parecer de la cushta aún no ha desarrollado productos. La parcela donde se colectaron los frutos su suelo es franco limoso y dispone de riego por gravedad durante todo el año, de fuentes provenientes de los desagües del Lago de Coatepeque, Santa Ana.

### Colecta de Frutos.

Por contar con riego por gravedad en la estación seca, tanto el patashte como la cushta presentan producciones de frutos durante todo el año, sin embargo presenta algunos picos de producción durante los meses de junio a agosto y de enero a marzo, en el caso del patashte solo cuenta con un árbol productivo y su altura es de más de 15 metros, por lo que se dificulta una caracterización profunda de todas las partes del árbol. El resto de árboles aún no han comenzado a producir. Con respecto a la cushta cuenta con cinco árboles que han comenzado producción. De ambas especies se colectaron 10 frutos de los cuales se tomaron variables como el peso de frutos, número de semillas, longitud y ancho de frutos, entre otras variables simples.

### Análisis bromatológico

Se realizaron análisis a las semillas de patashte y de cushta sin fermentar, en el laboratorio de Química Agrícola de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador, con la finalidad de determinar: humedad parcial y total, porcentaje de proteína, grasa, fibra cruda, calcio, fósforo y potasio.

Los métodos usados para cada análisis fueron los propuestos por la Association of Official Analytical Chemists (AOAC 1990).

### Humedad parcial

Se pesó la porción de muestra de las semillas frescas, en una bolsa de papel perforada, se colocó en una estufa de aire forzado a una temperatura de 70° C durante 24 horas, luego se llevó a un desecador para enfriar la muestra seca y posteriormente se pesó para calcular el porcentaje de humedad parcial.

### Humedad total

Se pesaron 10 g de muestra molida y seca en una caja de aluminio, se colocó en una estufa de vacío a temperatura de 105° C por seis horas, transfiriéndola a un desecador por un



tiempo de 20 minutos y posteriormente se pesó para calcular el porcentaje de humedad total.

### **Determinación de grasa**

Se realizó por el método de Soxhlet, utilizando como solvente éter de petróleo, el proceso consistió en colocar en papel filtro dos gramos de muestra de semilla de cacao molida y se colocó en un dedal de extracción limpio y seco. El dedal con la muestra se colocó en el condensador del aparato de extracción, donde se realizó una solubilización de los materiales solubles de la muestra, el éter se evaporó y se condensó continuamente, y al pasar a la muestra extrajo materiales solubles. El extracto se recogió en un balón y cuando el proceso se completó por un período de seis horas, el éter se destiló y se recolectó en otro recipiente y la grasa cruda que quedó en el balón se secó y se pesó.

### **Determinación de proteína cruda**

Se realizó siguiendo el método de Kjeldahl, el cual consiste en tres procesos: digestión, destilación y titulación. Se pesó 0.1 g de muestra la cual se llevó a la destrucción oxidativa de los componentes por calentamiento con ácido sulfúrico concentrado y formación de anhídrido carbónico (CO<sub>2</sub>) y anhídrido sulfuroso (SO<sub>2</sub>), mientras que el nitrógeno que quedó retenido como sulfato de amonio [(N<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>], posteriormente se transformó en amoníaco y se destiló sobre un ácido estándar débil para formar la respectiva sal amoniaca, que al final se tituló con una solución ácida estandarizada. Finalmente fue calculado el porcentaje de nitrógeno empleando la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de Nitrógeno} = \frac{[(\text{ml HCl muestra} - \text{ml HCl testigo}) * N (\text{HCl}) * 0.014 * 100]}{\text{peso de muestra}} = \% \text{ de proteína cruda} = \% \text{ Nitrógeno} * 6.25.$$

### **Determinación de ceniza**

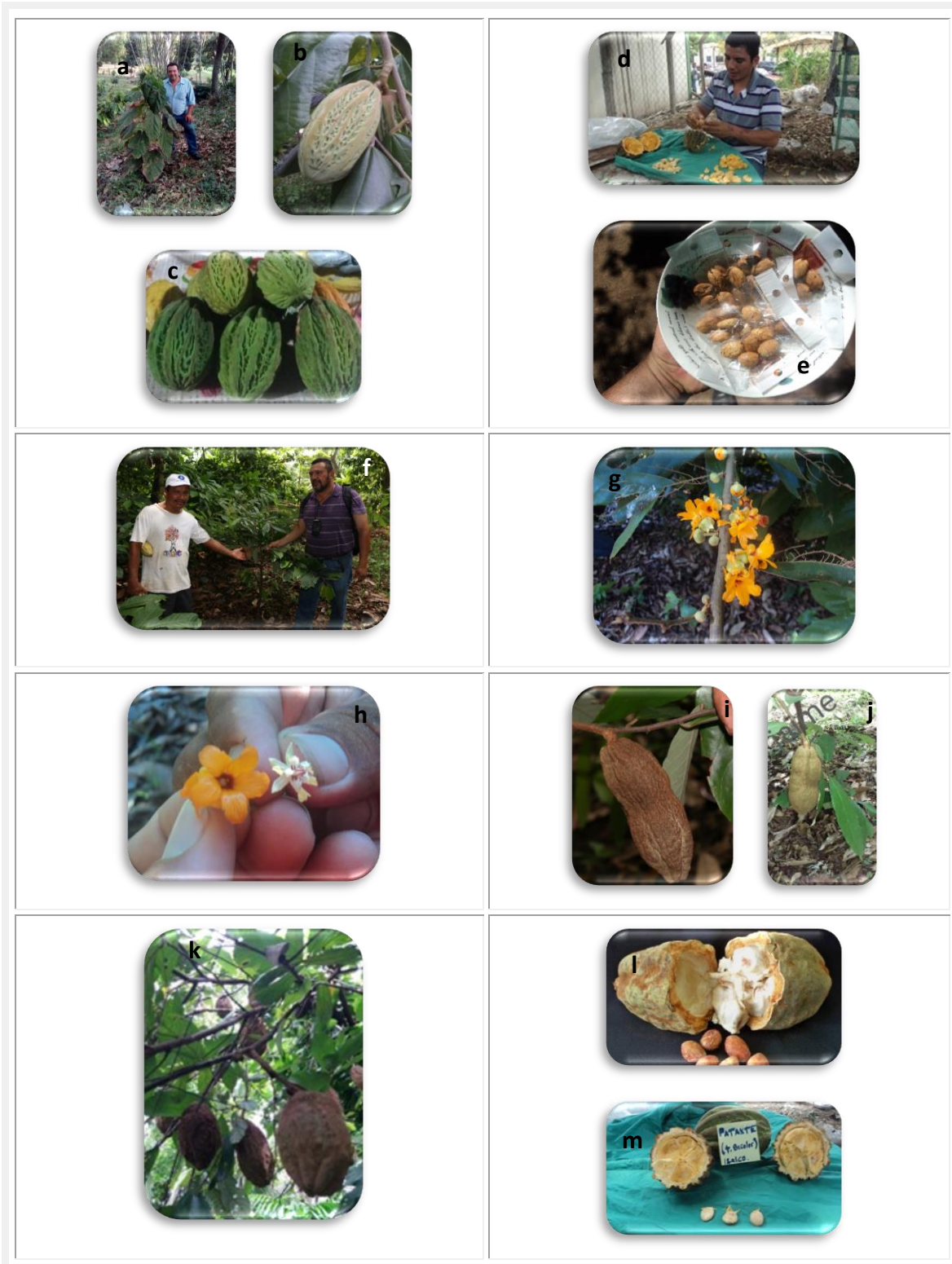
Se realizó a través de la incineración o calcinación de la muestra en un horno de mufla a temperatura de 550° C por un período de dos horas, para quemar el material orgánico, quedando solo el inorgánico llamado ceniza que no se destruye a esta temperatura y donde quedan los minerales presentes en la muestra (Ca, P, K).

### **Determinación de calcio, fósforo y potasio**

Se trató la ceniza con ácido clorhídrico y agua bidestilada, se llevó a ebullición y luego se filtró a través de un papel filtro número 42 para separar los minerales, para su posterior cuantificación por el método de fotometría de llama.

### **Determinación de fibra cruda**

Se realizó utilizando el método gravimétrico, que la pérdida de masa que corresponde a la incineración del residuo orgánico que queda después de la digestión con solución de ácido sulfúrico e hidróxido de sodio en condiciones específicas.



**Figura 1.** a) Árbol de patashte de un año en banco de germoplasma de cacao en UES. b y c) Frutos de patashte. d) Extracción de semillas de patashte. e) Semillas de patashte tostadas listas para consumo. f) Árbol de cushta en Izalco. g) Flores de cushta. h) Comparación de una flor de cushta y una de cacao. i, j y k) Frutos de cushta. l) Fruto de cushta y semillas (Tomada de B.R. Brunner. [www. Motogardens.com](http://www.Motogardens.com)) y m) fruto abierto de patashte.

## RESULTADOS Y DISCUSION

### Giras de colecta y características generales del sitio

Se hicieron 30 giras de colecta a diferentes localidades de El Salvador, donde existe prevalencia natural de árboles de cacao, sin embargo solamente en el Cantón Cangrejera, Izalco, Sonsonate, a 60 km de San Salvador se encontró germoplasma relacionado a las dos especies de patashte (*Theobroma bicolor*) y cushta (*Theobroma angustifolium*), en la propiedad del productor de cacao Jaime Arévalo quien originalmente cuenta con un árbol en producción de cada una de las especies con una edad aproximada de 10 – 12 años cada uno y que son los árboles de los que nos proporcionaron sus frutos para realizar los respectivos análisis, el resto de árboles se encuentran en crecimiento y no están en su etapa de producción.

Considerando que solamente en la propiedad del Señor Arévalo se encontraron ambas especies, se cree que están en peligro de extinción y que es urgente su multiplicación e investigaciones orientadas a conocer en primer lugar la variabilidad genética, caracterizar el germoplasma que se identifique o se genere a partir de segregantes de árboles provenientes de estos encontrados originalmente, ya que con el poco producto se hace difícil una caracterización profunda.

Por otra parte, las condiciones edafoclimáticas de la propiedad como la abundancia de agua, topografía plana, suelo franco limoso, altura sobre el nivel del mar, generan las condiciones apropiadas para ambas especies, las cuales están vinculadas muy estrechamente con el *Theobroma cacao*, cuyas exigencias ecofisiológicas prácticamente son las mismas y las recomendaciones para cacao según Dubón y Sánchez, (2011), con respecto a temperatura media anual de 25°C, directamente relacionada con alturas máximas de 700 msnm, la propiedad donde se realizó la colecta, su altura es de 418 msnm y la precipitación recomendada para cacao oscila entre los 1800-2500 mm de lluvia distribuidas a lo largo del año. En Izalco no sobrepasa los 1800 mm pero cuenta con agua de riego en la estación seca, del agua procedente de los desagües del lago de Coatepeque. Por otra parte la plantación de cacao donde se encuentran estos árboles cuenta con una sombra adecuada para el buen desarrollo de ambas especies, aunque aparentemente el patashte por ser más alto (10 metros) logre superar los estratos de sombra y recibir mayor cantidad lumínica hasta incluso servir de sombra del cacao y cushta.

### Análisis de los frutos

Para las dos especies se colectaron 10 frutos de cada uno, lográndose determinar el peso de la pulpa, de la cáscara y del fruto completo, tal como se muestra en las figuras 2 y 3, observándose en los frutos de patashte una variación en sus pesos entre los 400 - 1000 gramos por frutos (Figura 2). Gálvez-Marroquín, *et al.* (2016) reportan que *T. bicolor* son los más grandes del género *Theobroma*, llegando a pesar entre 500-3000 gramos.

El caso de la cushta, sus frutos son más pequeños entre los 200 – 350 gramos (Figura 3), es importante mencionar que el porcentaje promedio de pulpa presente en ambas especies es del 32.51% y 29.07% respectivamente (Cuadro 1). Con respecto al patashte, Gonzáles y Torres (2010) reportan valores entre los 110 – 661 gramos de peso e indican además que la cáscara es leñosa y dura, de 12 mm de espesor, con cinco o muchas fisuras, de color amarillo cuando maduras. Asimismo, indica que el porcentaje de pulpa es en promedio de 26.76%. Bressani y Furlan (1997) citado por Gálvez-Marroquín, *et al.* (2016) mencionan que el patashte está compuesto por 23.76% de pulpa, 62.54% de cáscara y 13.70% lo constituye el peso de la semilla, además mencionan, que México se reconoce como centro de domesticación del cacao y asociado a esta especie se encuentra el patashte con una

amplia diversidad de formas y sabores del fruto. Al comparar con los pesos de algunos clones de *Theobroma cacao*, el patashte presenta valores similares, mientras que la cushta siempre reporta valores inferiores que el cacao (FEDECACAO, 2010). Gálvez-Marroquín, *et al* (2016) menciona que en algunas regiones de México, esta especie tiene gran importancia por sus usos en bebidas tradicionales y como ingrediente del chocolate. A pesar de ésta importancia, son pocos los estudios sobre diversidad, conservación y utilización.

Cuadro 1. Porcentaje de pulpa en los frutos de dos especies de *Theobroma*.

Número de fruto	Porcentaje de pulpa por especie (%)	
	Patashte	Cushta
1	33.94	26.83
2	33.67	27.43
3	30.00	28.03
4	35.87	27.35
5	33.67	29.09
6	30.00	29.56
7	33.94	30.09
8	30.00	30.57
9	38.49	30.79
10	25.50	30.99
<b>Promedio</b>	<b>32.51</b>	<b>29.07</b>

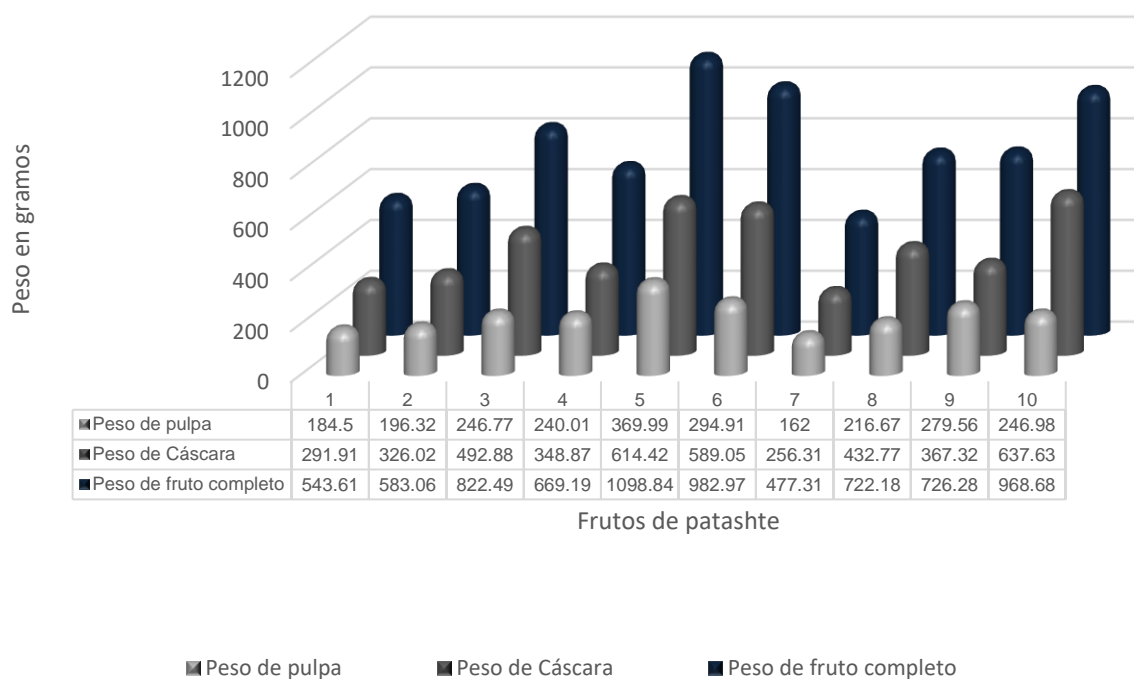


Figura 2. Características del peso de la pulpa, cáscara y fruto completo de patashte.



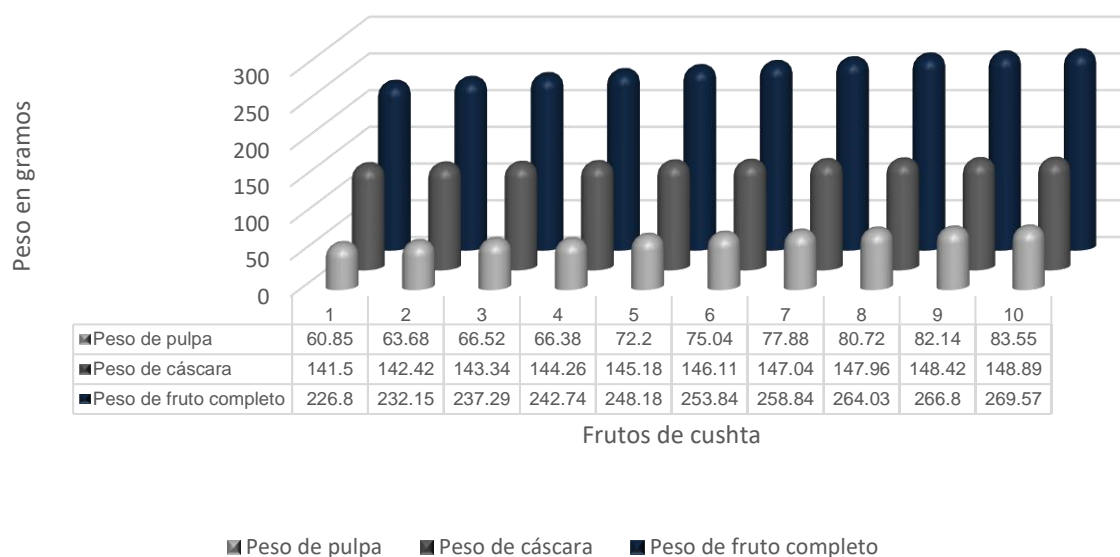


Figura 3. Características del peso de la pulpa, cáscara y fruto completo de cushta.

Con respecto a las dimensiones de los frutos de patashte (Figura 4), se registraron valores de 13.94 - 19.08 cm de largo y de 7.97 - 13.79 cm de ancho; mientras que de cushta 10.56 - 12 cm de largo y 5.6 – 7.04 cm de ancho (Figura 5), al respecto Gálvez-Marroquín, *et al.* (2016) reafirma, que el patashte presenta los frutos más grandes del género *Theobroma*, con dimensiones entre 25 a 35 cm de largo por 12 a 15 cm de ancho, además reportan para México cuatro ecotipos de patashte, con valores desde 14.3 - 21.7 cm de largo, González y Torres (2010), reportan una longitud promedio de 15 cm. FEDECACAO (2010), cuando se refiere a las dimensiones del *Theobroma cacao*, registra valores desde los 17 – 24 cm de largo y 9.7- 11 cm de ancho, valorando que las ambas especies en cuanto a sus dimensiones son muy similares, no obstante cacao y patashte presentan los frutos más grandes entre los tres géneros de *Theobroma*.

Baudillo y Cumana (2005) citados por Gálvez-Marroquín, *et al.* (2016), indican que el fruto de patashte es una baya de 14-25 cm de longitud, subglobosa-elipsoidal con costillas pronunciadas, reticuladas y tomentosa. Mendoza *et al.* (2012) mencionan que existen cuatro tipos de *T. bicolor* en países como Perú, Colombia y Brasil, cuya diferencia se determina por la textura externa del fruto (rugoso y liso) y dureza del pericarpio (blando o duro). Asimismo, mencionan que en México se encuentran tres tipos, y con mayor frecuencia el tipo rugoso con pericarpio duro, seguido del liso y pericarpio duro, y finalmente el rugoso de cáscara suave. En el caso de los frutos patashte salvadoreños podemos asegurar que los utilizados en nuestra investigación son los frutos rugosos con pericarpio duro. Se desconoce aún la presencia de los otros ecotipos mencionados por los autores.

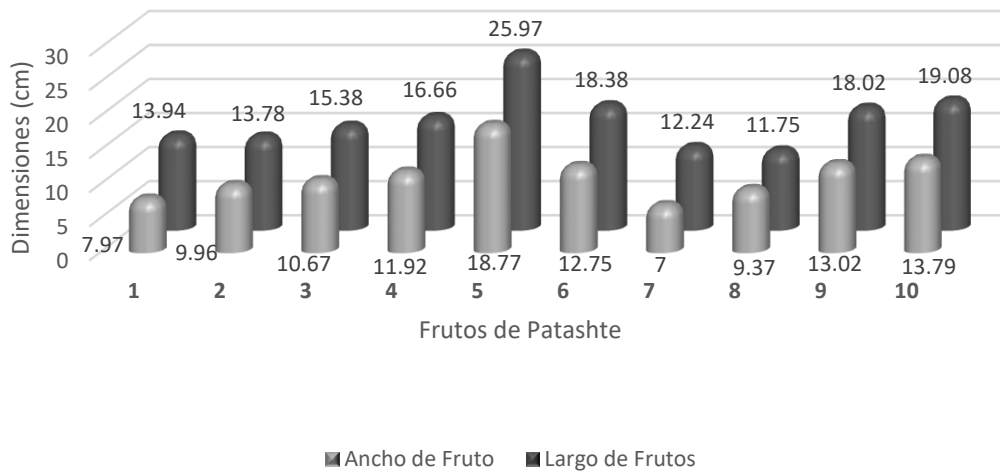


Figura 4. Dimensiones longitud y ancho de frutos de patashte

En la figura 5, se observa que los frutos de cushta, sus dimensiones fueron entre 10 y 12 cm de largo y entre 5.6 y 7.06 cm de diámetro, con la presencia de un polvillo sobre la superficie de los frutos, el cual se puede retirar frotando los frutos y que probablemente pueda ser índice de cosecha de los mismos, tal como ocurre con algunas especies sapotáceas como níspero (*Manilkara zapota*). Al respecto Brunner (s.f.) reporta que los frutos de cushta miden entre 10 y 18 cm de largo y entre 6 y 9 cm de diámetro. La fruta alargada tiene una cáscara semidura irregular con cinco costados o costillas de color verde con un recubrimiento marrón tipo oxidado que se elimina fácilmente frotando los frutos con los dedos.

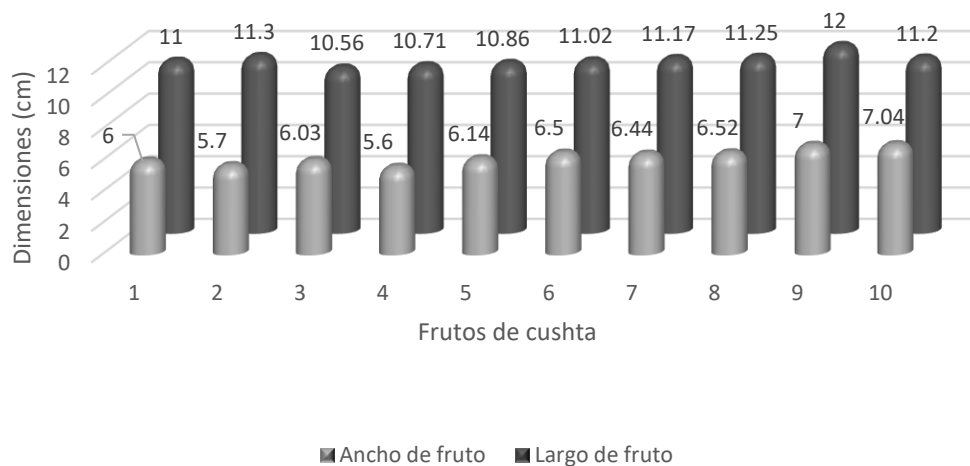


Figura 5. Dimensiones longitud y ancho de frutos de Cushta

Al realizar el conteo de semillas en cada fruto de ambas especies de *Theobroma* (Figura 6), estas pueden variar entre 26-49 semillas para el patashte, mientras que se encontraron 10-16 semillas para la cushta, sin embargo, al determinar los pesos promedio de las semillas frescas, se registran valores muy similares para ambos frutos, variando entre 1.54-2.34 g de

semillas por fruto (Figura 7). Burlan y Bressani (1999) citado por Gonzáles y Torres (2010) reportan un promedio de 38 semillas en los frutos de patashte, mientras que Brunner (s.f.) indican que la cushta contiene entre 20 y 25 semillas, rodeadas por una pulpa aromática amarga de color crema.

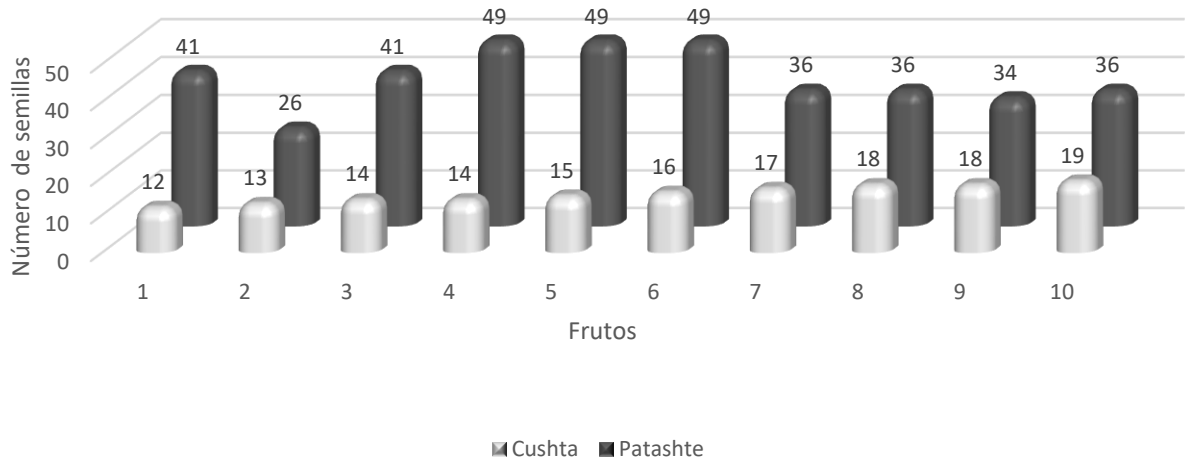


Figura 6. Número de semillas por fruto de cushta y patashte

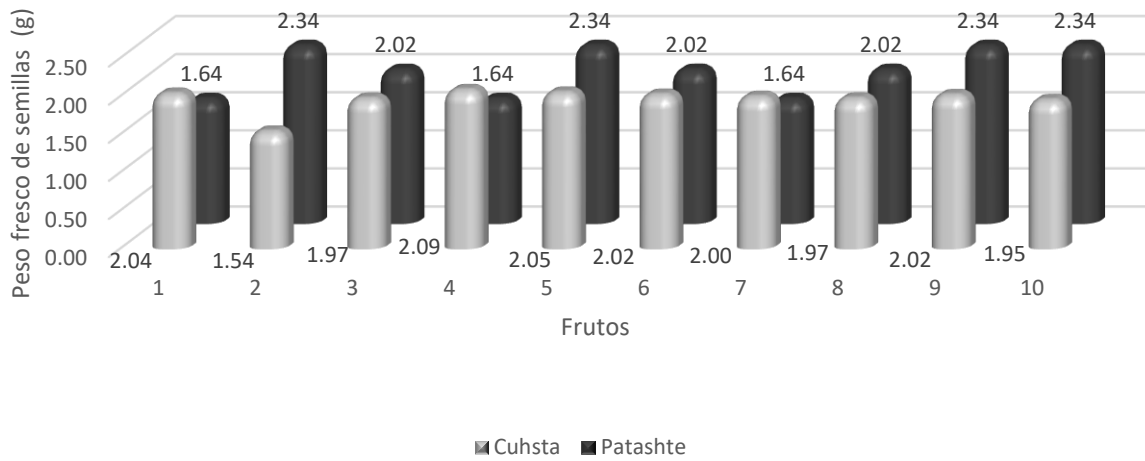


Figura 7. Peso fresco promedio de semillas por fruto de cushta y patashte.

### **Análisis Bromatológicos**

Al analizar la humedad, se registró un valor de 4.33% para patashte y 0.74% para la cushta, al referirnos al patashte el parámetro fue un poco inferior al reportado por Bressani y Furlan (1997) citado por Gálvez-Marroquín, *et al.* (2016), sin embargo esta cualidad nos permite que los granos o almendras sean almacenadas por un mayor lapso de tiempo, considerando el caso de la cushta aun con mayores ventajas por presentar valores inferiores a la unidad (Cuadro 2). Con respecto al contenido de grasa, de acuerdo a los resultados obtenidos para las muestras en estudio de patashte y cushta se reportan 33.81% y 23.93% respectivamente, siendo estos valores muy inferiores al comparar con el estudio realizado por Gálvez-Marroquín, *et al.* (2016). Guardado y López (2018), reportan para germoplasma de cacao de almendra oscura valores superiores a 50% de grasa mientras que los de almendra blanca el contenido de grasa casi siempre reporta valores inferiores a 50%, en cacao estas variaciones se asocian al origen genético de la especie, no obstante es importante mencionar que tanto los granos de patashte como los de cushta también presentan coloración blanca de la almendra. Tannenbaum (2004), menciona que el contenido de grasa presentes en las semillas de cacao y sus especies afines depende principalmente de la variedad y de las condiciones ambientales como clima y suelo. Brunner (s.f.), reporta para cushta un intervalo muy amplio de contenido de grasa entre 17.5 y 46%.

Otzey Rosales (2012) desarrolló el perfil de ácidos grasos, encontrando, que el ácido esteárico en la muestra de semillas de patashte duplica el valor de  $24.95 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$  de grasa, respecto a la muestra de semillas de cushta, considerado como valores altos, pero a pesar de ser un ácido saturado, el ácido esteárico tiene un efecto menor sobre los lípidos y las lipoproteínas plasmáticas (molécula de proteína unida con un lípido cuya función es el transporte de lípidos a los tejidos del organismo), sobre todo en contraste con el resto de grasas saturadas. Esto explica que el consumo de chocolates con alto contenido de manteca de cacao, rica en este ácido, no influya tanto en el colesterol plasmático. Este hecho podría explicar el efecto neutro que ejerce la ingesta del ácido esteárico sobre los triglicéridos, el colesterol total, el colesterol LDL y el colesterol HDL (colesterol "beneficioso"). La concentración de ácido oleico por su parte fue mayor ( $43.28 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$  de grasa) en cushta que en patashte ( $34.37 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$  de grasa). Los expertos señalan que al ácido oleico ejerce una acción beneficiosa para los vasos sanguíneos y el corazón, ya que aumenta el colesterol denominado bueno (HDL), contribuyendo a reducir las enfermedades cardiovasculares.

También Otzey Rosales (2012) reporta la concentración del ácido araquídico el cual determinó con valores de  $12.52 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$  de grasa, en cushta y de  $2.12 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$  de grasa en patashte. En síntesis, la cushta presentó mayores concentraciones de ácidos grasos insaturados (oleico y araquídico), benéficos para la salud.

En cuanto al contenido de proteína en patashte se reporta en este estudio un valor de 16.04% y para la cushta de 4.48%, siendo el primero superior a los contenidos del cacao, para los que FEDECACAO (2010), reporta valores en la mayoría de clones inferior al 13%. Al respecto Gutiérrez-Hernández, *et al.* (2011), reportan 21.30% y Gonzáles y Torres (2011) reportan 24.42% de proteína para el patashte. Para el caso de la cushta Brunner (s.f.), reporta valores que oscilan entre 5.6 y 10.5%.

Cuadro 2. Composición fisicoquímica de las semillas de Patashte (*Theobroma bicolor*) y Cushta (*Theobroma angustifolium*)

Parámetro	Valor	
	Patashte	Cushta
Humedad total (%)	4.33	0.74
Grasa Total (%)	33.81	23.93
Fibra cruda (%)	11.64	18.1
Proteína Total (%)	16.04	4.48
Cenizas (%)	3.49	8.74
Calcio (mg.100g <sup>-1</sup> )	0.20	0.40
Fósforo (mg)	0.26	0.30
Potasio (mg)	9.3	29.35
Carbohidratos (%)	35.02	44.75

Análisis realizados laboratorio de química agrícola de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la UES.

Arriaga (2007) citado por Otzoy Rosales (2012) reporta concentraciones de proteínas en patashte de 20.38%, no obstante, en la investigación realizada por Otzoy Rosales (2012) reporta un valor ligeramente más bajo de 18.1% y para cushta 9.91%, concluyendo que las semillas de *Theobroma bicolor* presentaron mayores contenidos de proteína que el de *Theobroma angustifolium* e incluso que mayor que el cacao.

En cuanto a las concentraciones de ceniza Otzoy Rosales (2012), reporta para patashte 3.4% y para la cushta 3.2%, en la presente investigación de 3.49% muy similar a lo reportado, sin embargo para cushta reportamos 8.74%.

### Usos del Patashte y Cushta

Al realizar una comunicación personal con el productor Don Jaime Alonso Arévalo del cantón Cangrejera, Izalco, nos relata que desde sus ancestros se usa el patashte para evitar que la semilla de cacao se contamine por hongos, para ello utilizaban un 25% de semilla patashte y el resto de cacao, ya que lo consideraban como un preservante natural de la pasta de cacao para chocolate, considerando de importancia evaluar esta especie por sus propiedades ya sea fungistáticas o fungicidas. Además, menciona que los abuelos lo utilizaban medicinalmente en los niños para tratar las hernias de ombligo con una masa elaborada con la semilla fresca y para el adulto se recomendaba para evitar la inflamación de la próstata. Otra información de importancia proporcionada por el Sr. Arévalo, es que, en la actualidad el mucilago fresco de patashte y cushta lo usa para elaborar vino y que el chocolate elaborado de cacao se puede enriquecer de proteína agregando ambas especies, considerando que esta aseveración es muy congruente por los contenidos encontrados en los análisis bromatológicos realizados en este estudio, reportando valores superiores al del cacao y cushta (Cuadro 2).

Con respecto al patashte menciona que produce todo el año pero tarda más en dar su primera cosecha (de tres a cinco años), y se conoce que están maduros cuando ellos solos caen, esta aseveración coincide con lo expresado por Gonzáles y Torres (2010) quienes mencionan que el fruto cae al suelo cuando está maduro. Cabe aclarar que por ser árboles que pueden llegar hasta 30 metros de altura ellos inician su producción en los lugares con exceso de sombra hasta que domina el dosel y se expone a la luz completamente, por esta

razón es difícil tener un control de la cosecha del mismo, y hasta que caen al suelo se sabe que están maduros.

Por otra parte, el Sr. Arévalo explica que el 80% de los frutos de patashte y cushta los usa para procesamiento y que un árbol puede producir bajo las condiciones de su parcela hasta 300 y 400 frutos por año respectivamente, en el caso de la cushta presenta dos cosechas en el año entre febrero y marzo la primera y en noviembre la segunda cosecha, el índice de madurez de la cushta se detecta por el aroma el cual se esparce en la parcela indicando el momento de cosecha, característica señalada por Brunner (s.f.). El 20% restante de semillas las utiliza para producir plantas de vivero, las cuales vende a productores interesados en sembrar en sus terrenos, considerando que ésta actividad desarrollada por el Sr. Arévalo es muy importante para el rescate de ambas especies.

Al revisar el uso de ambas especies en la región, Gutiérrez-Hernández, *et al.* (2011), mencionan que la pulpa y los granos de patashte se utilizan principalmente para la elaboración de golosinas (mazapán, turrón y melcocha), chocolate (mezcla de semillas de patashte y cacao), bebidas como atole, pozol, polvillo y popo y en menor medida se consumen como fruta fresca. En Oaxaca, México, una de las bebidas tradicionales es el “popo”, también conocida por extranjeros como “capuchino oaxaqueño”.

Otzoy Rosales (2012) en Guatemala, en un sondeo de opinión realizado con pobladores de la región suroccidental muestran resultados, respecto a los usos que la población le da a la cushta, encontrando que únicamente conocen la existencia de dichos árboles y solamente consumen el fruto como alimento y las semillas para la elaboración de una bebida llamada “panecito”. Para el caso del patashte las personas consultadas no le dan ningún uso a las plantas de esta especie, mencionando que únicamente utilizan los frutos como madurante de frutas de temporada como mango, aguacate, banano, plátano, entre otros; además otros ingieren el fruto como fruta de temporada, utilizando las semillas para la elaboración de bebidas como pinol, panecito y chocolate. Por último, el autor concluye que existió una buena cantidad de personas que no dan uso alguno a las plantas de parientes silvestres de cacao, lo que viene a aumentar la pérdida de conocimiento del uso de estas especies y con ello el aumento del riesgo a la pérdida de la biodiversidad, siendo más el impacto en la cushta ya que ésta especie es más escaza.

Considerando la importancia de ambas especies y de sus atributos potenciales en la alimentación, basados en los reportes de los análisis bromatológicos, hemos iniciado un proceso de rescate y propagación de ambas especies, estableciéndolos en bancos de germoplasma en el campus de la Universidad de El Salvador, en la Estación Experimental y de Prácticas (EEP), en la cooperativa Santa Clara y en San Pedro Nonualco, lugares donde se han sembrado ejemplares de ambas especies.

## **CONCLUSIONES**

Tanto el patashte como la cushta son dos especies en estado silvestre, encontrando en sus análisis bromatológicos respectivos, cualidades alimenticias que las pueden posicionar con un buen potencial agroindustrial como alimentos de alto valor nutritivo que pueden responder a programas de Seguridad Alimentaria y Nutricional por su alto contenido de grasas, carbohidratos y proteínas.

Ambas especies se encuentran en peligro de extinción, ya que en las giras de colecta a escala nacional, solamente se encontró un productor en Izalco, Sonsonate, quien se encarga de realizar conservación *in situ*, produciendo viveros y contribuyendo de manera modesta a la preservación y multiplicación de las mismas.

Se ha logrado incluir ambas especies en los bancos de germoplasma de cacao de la Universidad de El Salvador, de la Estación Experimental y de Prácticas, La Hacienda Santa Clara y en San Pedro Nonualco.

### RECOMENDACIONES

Proponer estrategias de conservación *in situ* y *ex situ* para su rescate, conservación y utilización en El Salvador.

Conocer el perfil proteínico y de ácidos grasos de patashte y de cushta, a fin de desarrollar una gama de productos y diferentes formas de consumo de manera industrial o artesanalmente.

Evaluar el potencial fungicida del patashte en la protección antimicótica de la pasta de chocolate entre otras propiedades que puedan presentar ambas especies.

### BIBLIOGRAFÍA

**AOAC (Official Methods of Analysis of the Association of Official Agricultural, United States). 1990.** 13° Edition published by the association of Official Analytical, Chemists, Washington, D.C. 125 p.

**Brunner, BR. s.f.** Montoso Gardens, Hwy 120 Km 18.9, Box 692, Maricao, Puerto Rico 00606 USA [http://www.montosogardens.com/theobroma\\_angustifolium.htm](http://www.montosogardens.com/theobroma_angustifolium.htm).

**CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza). 2007.** Asegurando Nuestro Futuro. Colecciones de germoplasma del CATIE. Turrialba, Costa Rica. 204 p.

**Dubón, A; Sánchez, J. 2011.** Manual de Producción de Cacao. 1 ed. La Lima, Cortés: FHIA. 208 p.

**FEDECACAO (Federación Nacional de Cacaoteros). 2013.** Características de calidad del Cacao de Colombia. Bucaramanga, Colombia. 107 p.

**Gálvez-Marroquín, LA; Reyes-Reyes, AL; Avendaño-Arrazate, C.H; Hernández-Gómez, E; Méndoz-López; Díaz-Fuentes, VH. 2016.** Pataxte (*Theobroma bicolor* Humb & Bonpl.) especie subutilizada en México. Revista Agroproductividad. 9: 41-42.

**González, AG; Torres, GM. 2010.** Manual cultivo de Mocambo. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana-IIAP. Av. Abelardo Quiñones km 2.5. Iquitos, Perú. 46 p.

**Guardado Deras, EC; López, M. 2017.** Caracterización morfoagronómica *in situ* de cacao criollo (*Theobroma cacao* L.) en lugares de prevalencia natural y su incidencia en la selección de germoplasma promisorio en El Salvador. Tesis de grado para obtener el título de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador. San Salvador, El Salvador. 180 p.



**Gutiérrez Hernández, BE. 2011.** Estudio agromorfológico y fisicoquímico de los ecotipos de cacao cultivados en los municipios de Izalco y Nahulingo, en el Departamento de Sonsonate en El Salvador. Seminario de especialización para obtener el grado de Ingeniería en Alimentos. La Libertad, El Salvador. Universidad Dr. José Matías Delgado. 116 p.

**Martínez Alfaro, MA. 2007.** Los Frutales de la Sierra norte de Puebla. Frutales Nativos. Un recurso fitogénético de México. Universidad Autónoma de Chapingo. Km 38.5, Carretera México-Texcoco. 270 p.

**Mendoza L, A; Avendaño Arrazate CH; Hernández Sandoval, L; Sandoval Esquivez, A. 2012.** Pataxte (*Theobroma bicolor*) especie subutilizada en México. INIFAP. CIRPAS. Campo Experimental Rosaria Izapa. Folleto productores No. 23. 32 p.

**Otzoy Rosales, MR. 2012.** Evaluación de la variabilidad y preservación de parientes silvestres de cacao (*Theobroma bicolor*) y (*Theobroma angustifolium*) provenientes de la región suroccidental de Guatemala. Informe final proyecto FODECYT. Guatemala. 57p.

**Tannenbaum G. 2004.** Chocolate: A Marvellous Natural Product of chemistry, Journal of Education 81 (1): 1131-1135.

## **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.**

**López-Hernández, JA; Ortiz-Mejía, FN; Parada-Berríos, FA; Lara-Ascencio, F; Vásquez-Osegueda, EA.**

### **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, 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%; 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.

## INTRODUCCIÓN

El cultivo del cacao es una actividad que está nuevamente estimulando el interés de productores, advirtiendo 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 cacaos criollos de aroma fino, del cual internacionalmente solo se abastece un 5% de la producción, dominando los cacaos forasteros y trinitarios 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

### Localización

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 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.

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-SMO-12	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

### **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.

### **Metodología estadística**

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, los 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 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, según el promedio de índice frutos por árbol, siendo un rango relativamente menor a los encontrados en la presente investigación (Figura 1).

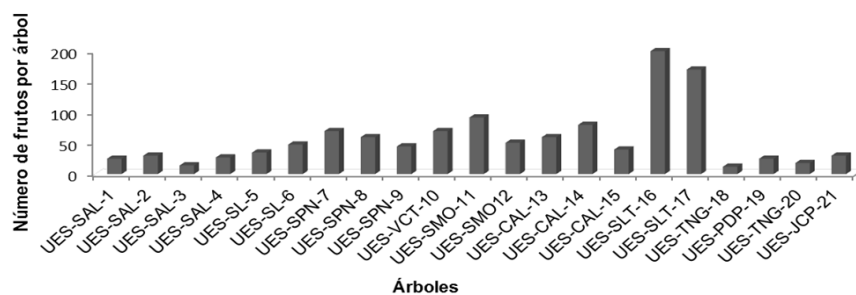


Figura 1. Frutos por árbol

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.

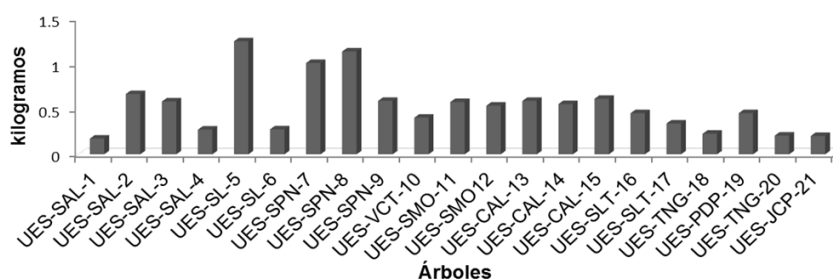


Figura 2. Peso del fruto

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. El 100% de los árboles, la variable 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.

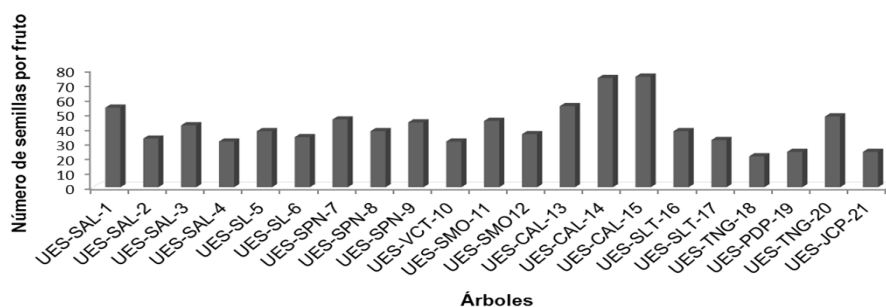
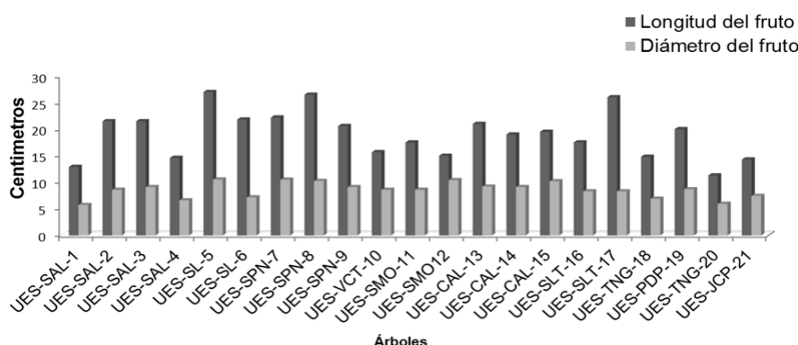


Figura 3. Número de semillas por fruto.

### 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. 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

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 lo 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).

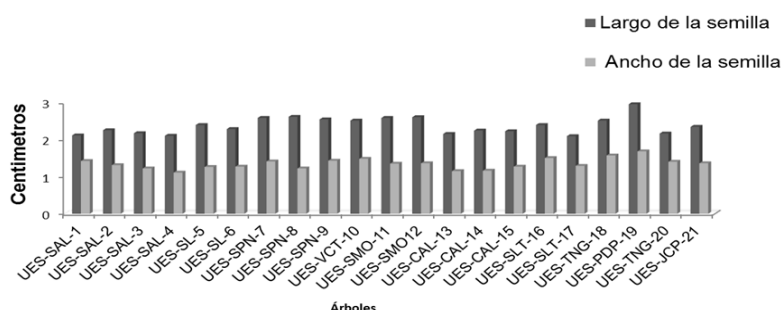


Figura 5. Largo y ancho de la semilla.

Al referirnos al peso 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).

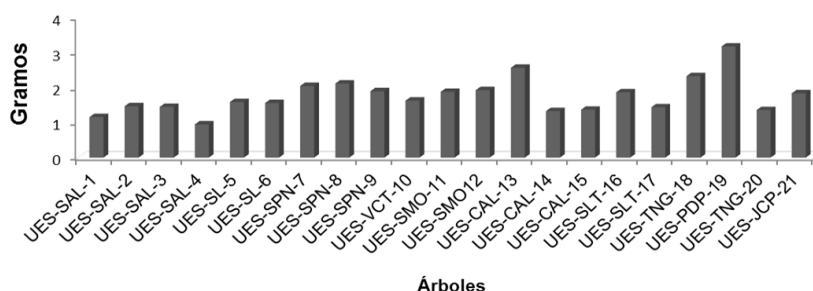


Figura 6. Peso de la semilla

### 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).

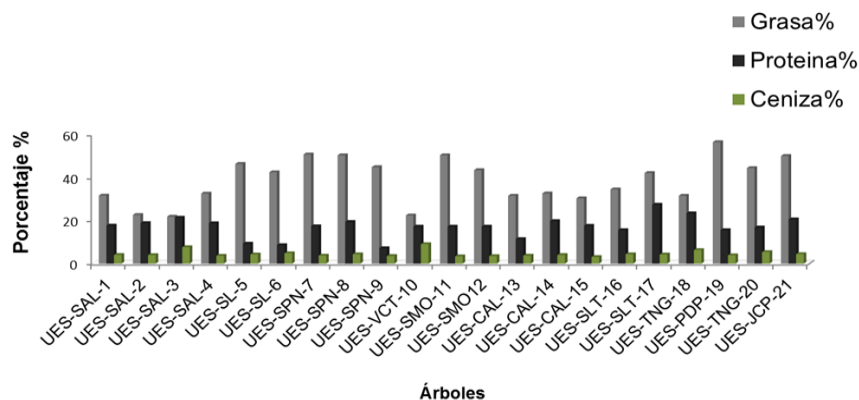


Figura 7. Contenido de grasa, proteína y ceniza de la semilla de cacao.

### Contenido de hierro y zinc

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

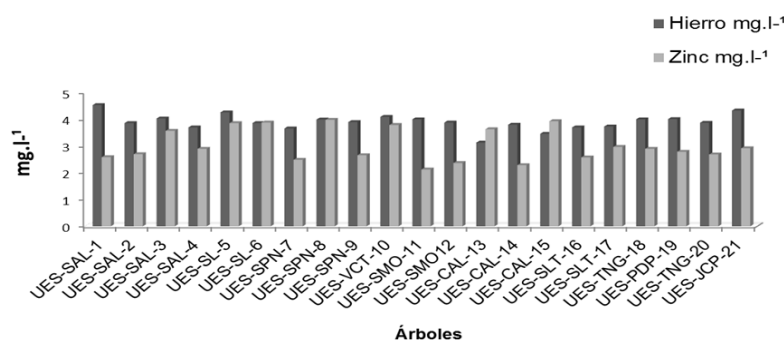


Figura 8. Contenido de hierro y zinc de la semilla de cacao.

## **Análisis de conglomerados**

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

El grupo uno, está formado por los árboles: UES-SAL-1, UES-SAL-2, UES-SAL-3, UES-SAL-4; estos materiales fueron influenciados por los descriptores, altura de árbol y edad, 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 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 siguiente descriptores, número de frutos por árbol,

## CATÁLOGO DE SELECCIONES DE CACAO CRIOLLO Y TRINITARIO

ceniza y zinc, caracterizándose por presentar los valores más altos en las variables 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%.

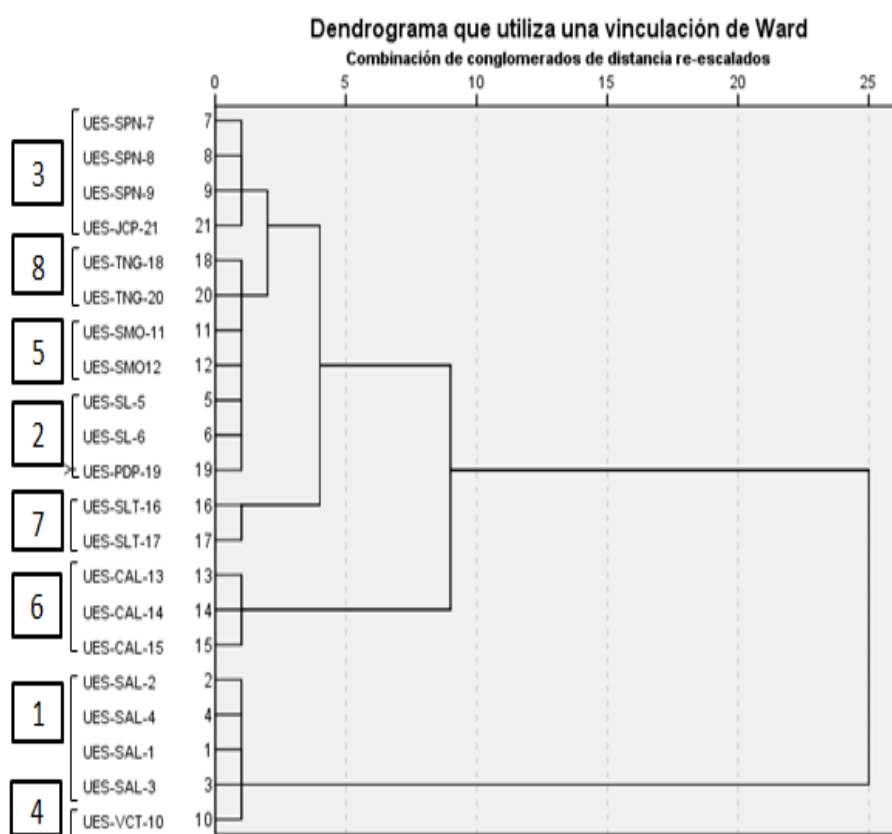


Figura 9. Dendrograma de distancias entre 21 árboles de cacao

### Árbol 1 (UES-SAL-1)



**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, 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)



**Localización:** encontrado en el Hospital Nacional Dr. José Antonio Saldaña, Panchimalco, San Salvador, 13°64'68.3" latitud norte, 89°19'548" longitud oeste, a una elevación de 961 msnm.

**Descripción del árbol:** árbol de aproximadamente 20 años de edad, 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 obtuso, rugosidad ligera y constricción basal ausente, con un número de 30 frutos al momento de levantar la información, número de semillas por frutos de 33, peso de fruto de 0.66 kg, longitud de fruto de 21.5 cm, diámetro de 8.6 cm, número de surcos de 10, separación de surco de 3.70 cm, altura de caballete 2.8 cm y una profundidad de surco de 2.6 cm.

**Descripción de la semilla:** color violeta, sección longitudinal ovada, sección transversal intermedia, longitud de 2.25 cm, diámetro de 1.31 cm, y un peso promedio de 1.47 g.

**Análisis bromatológico:** pH mucilago 3.87, ceniza 3.98%, grasa 22.61%, proteína 18.79%, humedad parcial 25.60%, humedad total 6.2%, materia seca 68.2%, zinc 2.69 mg.l<sup>-1</sup> y hierro 3.85 mg.l<sup>-1</sup>.

### Árbol 3 (UES-SAL-3):



**Localización:** encontrado en el Hospital Nacional Dr. José Antonio Saldaña, Panchimalco, San Salvador, 13°64'58.5" latitud norte, 89°19'55.1" longitud oeste, a una elevación de 953 msnm.

**Descripción del árbol:** árbol de aproximadamente 20 años de edad, que posee un DAP de 8.5 cm, con una altura de 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)



**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, 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>.




<p><b>Árbol 5 (UES-SL-5)</b></p>  <p>Laureano 05</p>	<p><b>Localización:</b> 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.</p> <p><b>Descripción del árbol:</b> árbol de aproximadamente 40 años de edad, que posee un DAP de 13.4 cm, con una altura de 6 m, y con siete ramas.</p> <p><b>Descripción de fruto:</b> 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.</p> <p><b>Descripción de la semilla:</b> 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.</p> <p><b>Análisis bromatológico:</b> 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>.</p>
<p><b>Árbol 6 (ES-SL-6)</b></p>  <p>Laureano 06</p>	<p><b>Localización:</b> 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.</p> <p><b>Descripción del árbol:</b> árbol de aproximadamente 60 años de edad, que posee un DAP de 10.25 cm, con una altura de 3 m, y con una rama principal.</p> <p><b>Descripción de fruto:</b> 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.</p> <p><b>Descripción de la semilla:</b> 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.</p> <p><b>Análisis bromatológico:</b> 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>.</p>
<p><b>Árbol 7 (UES-SPN-7)</b></p>  <p>San Pedro 07</p>	<p><b>Localización:</b> 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.</p> <p><b>Descripción del árbol:</b> árbol de aproximadamente 30 años de edad, que posee un DAP de 10.45 cm, con una altura de 6 m, y con una rama principal.</p> <p><b>Descripción de fruto:</b> 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.</p> <p><b>Descripción de la semilla:</b> 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.</p> <p><b>Análisis bromatológico:</b> 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>.</p>
<p><b>Árbol 8 (UES-SPN-8)</b></p>  <p>San Pedro 08</p>	<p><b>Localización:</b> 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.</p> <p><b>Descripción del árbol:</b> árbol de aproximadamente 30 años de edad, que posee un DAP de 10.4 cm, con una altura de 3.5 m, y con cuatro de ramas.</p> <p><b>Descripción de fruto:</b> 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.</p> <p><b>Descripción de la semilla:</b> 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.</p> <p><b>Análisis bromatológico:</b> 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>.</p>

<p style="text-align: center;"><b>Árbol 9 (UES-SPN-9)</b></p> 	<p><b>Localización:</b> 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.</p> <p><b>Descripción del árbol:</b> árbol de aproximadamente 40 años de edad, que posee un DAP de 13.4 cm, con una altura de 6 m, y con siete ramas.</p> <p><b>Descripción de fruto:</b> 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.</p> <p><b>Descripción de la semilla:</b> 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.</p> <p><b>Análisis bromatológico:</b> 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>.</p>
<p style="text-align: center;"><b>Árbol 10 (UES-VCT-10)</b></p> 	<p><b>Localización:</b> encontrado en Villa Victoria, Ilobasco, Cabañas, 13°95'12.8" latitud norte, 88°63'35.2" longitud oeste, a una elevación de 896 msnm.</p> <p><b>Descripción del árbol:</b> árbol de aproximadamente 80 años de edad, que posee un DAP de 16.5 cm, con una altura de 4 m, y con una rama principal.</p> <p><b>Descripción de fruto:</b> 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.</p> <p><b>Descripción de la semilla:</b> 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.</p> <p><b>Análisis bromatológico:</b> 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>.</p>
<p style="text-align: center;"><b>Árbol 11 (UES-SMO-11)</b></p> 	<p><b>Localización:</b> 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.</p> <p><b>Descripción del árbol:</b> árbol de aproximadamente 35 años de edad, que posee un DAP de 7.6 cm, con una altura de 4 m, y con cinco ramas.</p> <p><b>Descripción de fruto:</b> 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.</p> <p><b>Descripción de la semilla:</b> 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.</p> <p><b>Análisis bromatológico:</b> 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>.</p>
<p style="text-align: center;"><b>Árbol 12 (UES-SMO-12)</b></p> 	<p><b>Localización:</b> encontrado en Santa María Ostuma, La Paz, 13°62'38.72" latitud norte, 89°94'56.7" longitud oeste, a una elevación de 553 msnm.</p> <p><b>Descripción del árbol:</b> árbol de aproximadamente 35 años de edad, que posee un DAP de 10.45 cm, con una altura de 3 m, y con cuatro ramas.</p> <p><b>Descripción de fruto:</b> 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.</p> <p><b>Descripción de la semilla:</b> color violeta, sección longitudinal elíptica, sección transversal aplanado, longitud de 2.60 cm, diámetro de 1.36 cm, y un peso promedio de 1.93 g.</p> <p><b>Análisis bromatológico:</b> 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>.</p>



<p><b>Árbol 13 (UES-CAL-13)</b></p> 	<p><b>Localización:</b> 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.</p> <p><b>Descripción del árbol:</b> árbol de aproximadamente 50 años de edad, que posee un DAP de 19 cm, con una altura de 7 m, y con cuatro ramas.</p> <p><b>Descripción de fruto:</b> 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.</p> <p><b>Descripción de la semilla:</b> 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.</p> <p><b>Análisis bromatológico:</b> 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>.</p>
<p><b>Árbol 14 (UES-CAL-14)</b></p> 	<p><b>Localización:</b> 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.</p> <p><b>Descripción del árbol:</b> árbol de aproximadamente 50 años de edad, que posee un DAP de 18 cm, con una altura de 6 m, y con dos ramas principales.</p> <p><b>Descripción de fruto:</b> 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.</p> <p><b>Descripción de la semilla:</b> 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.</p> <p><b>Análisis bromatológico:</b> 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>.</p>
<p><b>Árbol 15 (UES-CAL-15)</b></p> 	<p><b>Localización:</b> encontrado en Finca Tecoma, Caluco, Sonsonate, 13°69'51.1" latitud norte, 89°65'01.2" longitud oeste, a una elevación de 363 msnm.</p> <p><b>Descripción del árbol:</b> árbol de aproximadamente 50 años de edad, que posee un DAP de 22 cm, con una altura de 7 m, y con una rama principal.</p> <p><b>Descripción de fruto:</b> 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.</p> <p><b>Descripción de la semilla:</b> 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.</p> <p><b>Análisis bromatológico:</b> 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>.</p>
<p><b>Árbol 16 (UES-SLT-16)</b></p> 	<p><b>Localización:</b> encontrado en Salitre, Nejapa, San Salvador, 13°78'72.0" latitud norte, 89°25'51.9" longitud oeste, a una elevación de 739 msnm.</p> <p><b>Descripción del árbol:</b> árbol de aproximadamente 70 años de edad, que posee un DAP de 22 cm, con una altura de 7 m, y con una rama principal.</p> <p><b>Descripción de fruto:</b> 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.</p> <p><b>Descripción de la semilla:</b> 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.</p> <p><b>Análisis bromatológico:</b> 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>.</p>

<p><b>Árbol 17 (UES-SLT-17)</b></p> 	<p><b>Localización:</b> encontrado en Salitre, Nejapa, San Salvador, 13°78'71.0" latitud norte, 89°25'50.8" longitud oeste, a una elevación de 737 msnm.</p> <p><b>Descripción del árbol:</b> árbol de aproximadamente 70 años de edad, que posee un DAP de 15.5 cm, con una altura de 8 m, y con siete ramas.</p> <p><b>Descripción de fruto:</b> 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.</p> <p><b>Descripción de la semilla:</b> 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.</p> <p><b>Análisis bromatológico:</b> 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>.</p>
<p><b>Árbol 18 (UES-TNG-18)</b></p> 	<p><b>Localización:</b> 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.</p> <p><b>Descripción del árbol:</b> árbol de aproximadamente 10 años de edad, que posee un DAP de 10.5 cm, con una altura de 3.5 m, y con dos ramas principales.</p> <p><b>Descripción de fruto:</b> el color del fruto inmaduro es verde, forma del fruto ovada, forma del ápice agudo, rugosidad intermedia 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.</p> <p><b>Descripción de la semilla:</b> 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.</p> <p><b>Análisis bromatológico:</b> 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>.</p>
<p><b>Árbol 19 (UES-PDP-19)</b></p> 	<p><b>Localización:</b> 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.</p> <p><b>Descripción del árbol:</b> árbol de aproximadamente 40 años de edad, que posee un DAP de 19 cm, con una altura de 10 m, y con una rama principal.</p> <p><b>Descripción de fruto:</b> el color del fruto inmaduro es verde, forma del fruto oblongo, forma del ápice agudo, rugosidad intermedia 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.</p> <p><b>Descripción de la semilla:</b> color violeta, sección longitudinal oblonga, sección transversal intermedia, longitud de 2.95 cm, diámetro de 1.68 cm, peso promedio de 3.18 g.</p> <p><b>Análisis bromatológico:</b> 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>.</p>
<p><b>Árbol 20 (UES-TNG-20)</b></p> 	<p><b>Localización:</b> encontrado en Rosario Tablón, Tenancingo, Cuscatlán, 13°80'10.4" latitud norte, 89°96'55.7" longitud oeste, a una elevación de 573 msnm.</p> <p><b>Descripción del árbol:</b> árbol de aproximadamente 10 años de edad, que posee un DAP de 7 cm, con una altura de 2 m y con una rama principal.</p> <p><b>Descripción de fruto:</b> 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.</p> <p><b>Descripción de la semilla:</b> 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.</p> <p><b>Análisis bromatológico:</b> 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>.</p>

<b>Árbol 21 (UES-JCP-21)</b>	
	<p><b>Localización:</b> 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.</p> <p><b>Descripción del árbol:</b> árbol de aproximadamente 15 años de edad, que posee un DAP de 7 cm, con una altura de 2.5 m, y con dos ramas principal.</p> <p><b>Descripción de fruto:</b> 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.</p> <p><b>Descripción de la semilla:</b> 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.</p> <p><b>Análisis bromatológico:</b> 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>.</p>

## CONCLUSIONES

Se cuenta con los primeros 21 árboles de cacao caracterizados morfoagronómicamente, colectados en ocho municipios correspondiente 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 esta arriba del 50% de grasa, considerado como germoplasma de interés para la agroindustria.

## RECOMENDACIONES

Continuar la prospección y colecta de germoplasma en el ámbito nacional estableciendo bancos de germoplasma y jardines clonales, con el objetivo de propagarlos masivamente en sistemas de producción de cacao en apoyo a los agricultores y programas de mejoramiento genético.

## 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 peru. (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 Nahulingo, 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, Catalogo de 26 cultivares, UIS, Bucaramanga, CO. 101 p.

**Zambrano Pazmiño, LA. 2010.** "Establecimiento, manejo y capacitación en vivero de cacao (*Theobroma cacao* L.) utilizando dos tipos de injertos en la comunidad de naranjal ii del cantón quininde provincia de esmeraldas" (en línea). Tesis Ing. Agr. MANABI, EC. UTEMA. 92p. Consultado 6 sep. 2012. Disponible en <http://repositorio.utm.edu.ec/bitstream/123456789/238/1/TESIS%20CACAO%20LUIS%20ZAMBRANO.pdf>

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

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

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

## RESUMEN

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

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

## INTRODUCCIÓN

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

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

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

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

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



## MATERIALES Y MÉTODOS

### Localización

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

### Material experimental

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

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

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

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

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

## **Evaluación del germoplasma de cacao**

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

## **Variables en estudio**

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

## **Análisis bromatológico**

Para el análisis de las muestras de semilla colectadas de los 28 árboles, se siguió los procedimientos propuestos por la *Association of Official Analytical Chemists* (AOAC). El análisis fue realizado en el laboratorio de Química Agrícola de la Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador, con la finalidad de determinar: humedad parcial y total, porcentaje de proteína, grasa, fibra cruda y minerales (calcio, fósforo y potasio).

## **Metodología estadística**

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

# **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

## **Descripción de variables cualitativas**

### **Arquitectura, forma de ramificación y vigor de árbol**

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

En cuanto al vigor: el 70.2% presentaron vigor intermedio, 19.2% vigor débil, donde destacaron los árboles Tenancingo (TG 1 – TG 3) por encontrarse en abandono y 10.6% fueron árboles vigorosos. García Carrión (2012) en estudios de caracterización de cacao, describió el vigor de los árboles con los mismos criterios: débil, intermedio o vigoroso, donde el 100 % de los árboles caracterizados presentó vigor débil. Es importante destacar que la mayoría de árboles caracterizados se encontraron en condiciones rústicas, sin ningún tipo de manejo agronómico creciendo libres y con sus ramas desorganizadas en plena competencia con su entorno inmediato, encontrando el primer crecimiento ortotrópico

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

### **Color de brotes tiernos**

El 44.6% de los árboles presentaron brotes de color verde claro, 31.5% brotes rojo claro, 11.1% brotes de color rojo medio, 8.8% brotes de color marrón y el 4% brotes color rojo oscuro. El INIA (2005) menciona que el color de las hojas tiernas está asociado a la presencia de antocianina y difiere del resto de las hojas. En muchos casos este color de los brotes coincide con la coloración de los cotiledones, es decir cuando los brotes tienden a ser verde claro la tendencia es que los cotiledones sean blancos, lo cual se pudo evidenciar en la investigación, principalmente con el germoplasma colectado en San José Cortez. Las hojas jóvenes son flácidas, quebradizas y presentan coloraciones variadas desde café claro, morado o rojizo, a verde pálido (Rojas *et al.* 2012). El mismo autor Rojas *et al.* (2012) afirma que las semillas del cacao blanco de Piura, al germinar, emiten cotiledón color verde, asimismo, el cogollo de la plántulas es verde claro con pubescencia; mientras que las otras semillas (violetas), al germinar, originan cotiledones violetas y cogollo del mismo color.

### **Pubescencia en brotes terminales**

El 96% de los árboles caracterizados presentaron pubescencia débil, 3.5% pubescencia fuerte y 0.6% pubescencia moderada. Sobresalió la característica fenotípica de pubescencia fuerte en los árboles San José Cortez (CD 1 – CD 3) y Tenancingo (TG 1 – CD 3), que tienen alta tendencia a cacaos de tipo criollo. Marcano (2007) citado por Duarte (2014), afirma que la pubescencia en ramas jóvenes es una característica evidente en los árboles de cacao criollo y hay una escala de pubescencia entre estos y los forasteros, siendo ésta imperceptible en los últimos. Esta característica fue muy evidente en el germoplasma encontrado en San José Cortez, Ciudad Delgado y en Tenancingo, La Paz, y la característica principal en estos árboles fue que la almendra en su totalidad era blanca, considerándose este tipo de germoplasma con alta probabilidad de pertenecer a los tipos criollos de aroma fino.

### **Forma del Fruto**

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

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

### **Color del Fruto**

Se encontraron cinco colores de frutos maduros: 80.6% son frutos de color amarillo verde; 6.4% color púrpura, 6.4% anaranjado, 3.2% color amarillo y 3.2% presentaron color rojo medio. Sobresalió el color amarillo verde, el cual fue más representativo en los árboles que presentaron mayor tendencia fenotípica a cacaos criollos. Dubón y Sánchez (2011), indican en términos generales que los cacaos criollos se pueden encontrar en colores verdes y rojos cuando están inmaduros, cuando completan su madurez se vuelven amarillos y anaranjados respectivamente.

### **Morfología de la superficie del fruto y resistencia de cáscara**

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

### **Color de semillas**

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

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

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

## **Descripción de variables cuantitativas**

### **Número de semillas por fruto**

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

### **Índice de frutos**

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

### **Peso seco de semilla**

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

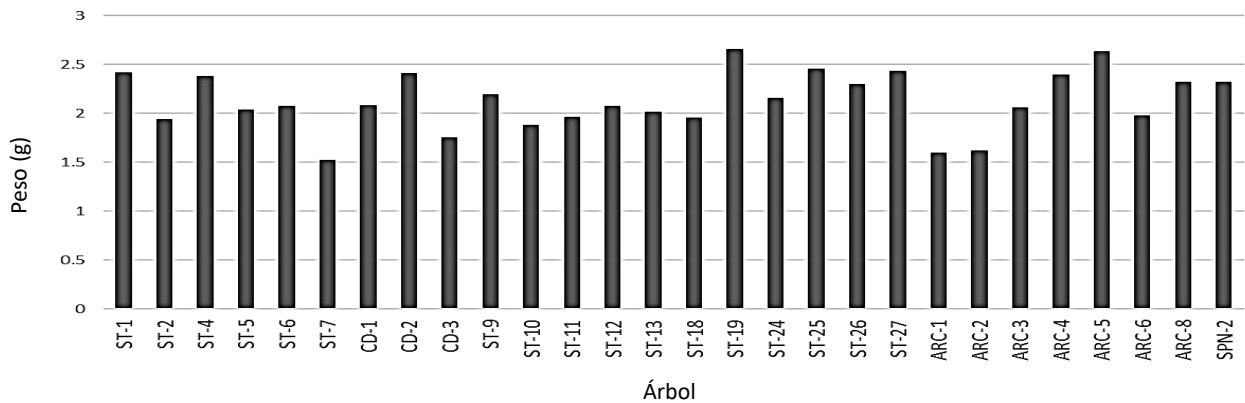


Figura 1. Peso seco de semillas de cacao de 28 árboles caracterizados *in situ*.

## Análisis bromatológico

### Contenido de grasa y fibra cruda en la semilla de cacao

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

Enríquez (1994) citado por Vicencio (2001) destaca que uno de los factores más importantes en términos comerciales es el porcentaje de grasa en el grano, y que el alto nivel de grasa podría interferir en el proceso normal de fermentación, haciéndolo más largo. El tipo forastero tiene un porcentaje de grasa entre 40 a 60%, mientras que el cacao criollo conocido como fino de aroma tiene un porcentaje de 25 a 50%, en los resultados que se presentan en esta investigación se reporta que 24 de los árboles caracterizados se asemejan a los criollos, porque presentaron semillas con porcentajes de grasa menores al 52.9% y los árboles ST 7, 10 y 22 presentaron 56.7%, 59.7% y 62.6% característico del tipo forastero. En la clasificación de García (2009) citado por García Carrión (2012), debajo de 50% los describe como muy bajos y arriba de 59% muy altos en grasa, una clasificación muy parecida a la que presenta FEDECACAO (2005), respecto a los cacaos colombianos. Respecto a la fibra cruda se reporta el mayor valor de 24.9% en el árbol ST 10 y el menor valor de 2.4% para ST 4 (Figura 2), sin embargo, el promedio fue de 13% con una desviación estándar de 6.5%

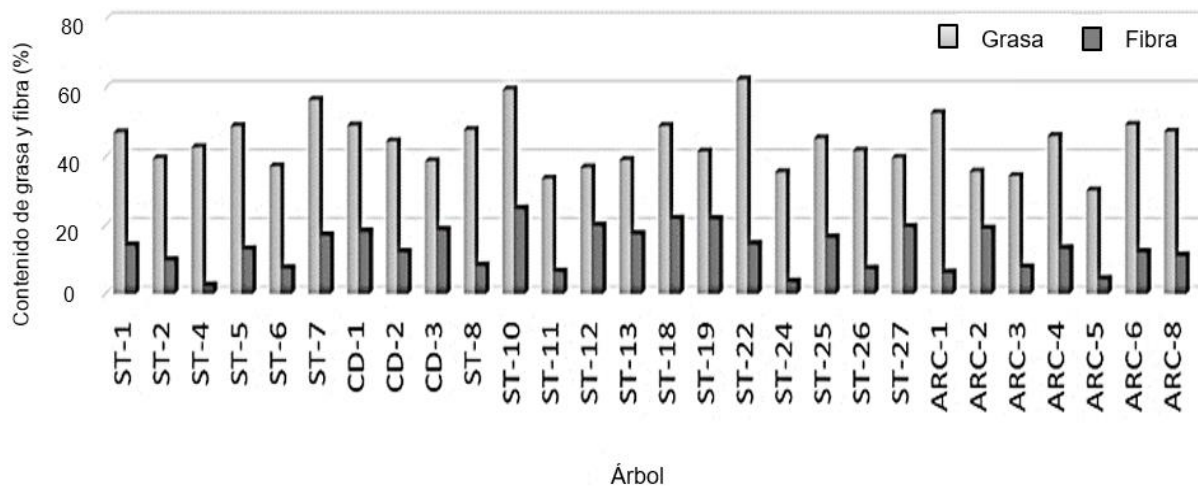


Figura 2. Porcentaje de grasa y fibra en la semilla de cacao de 28 árboles de cacao *in situ*.

### Contenido de ceniza en la semilla

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

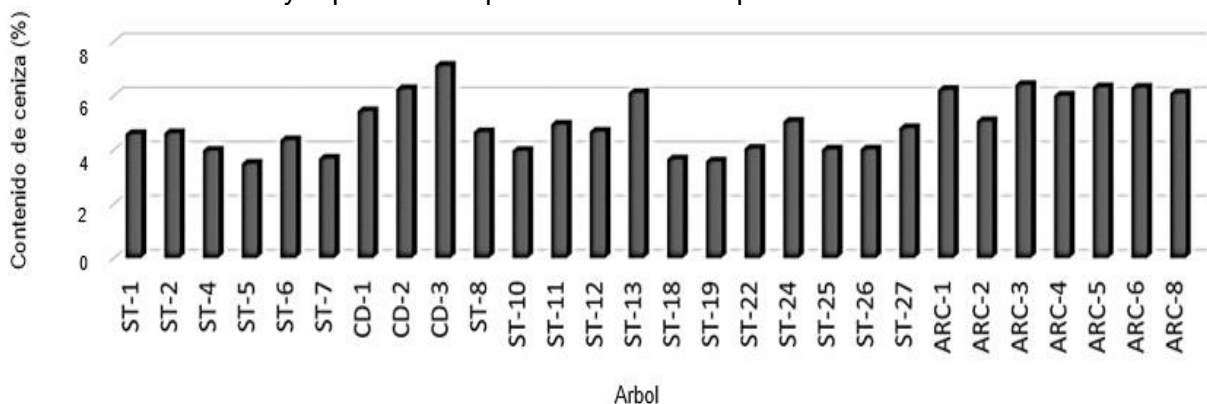


Figura 3. Concentración de ceniza en la semilla de cacao de 28 árboles caracterizados *in situ*.

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

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

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



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

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

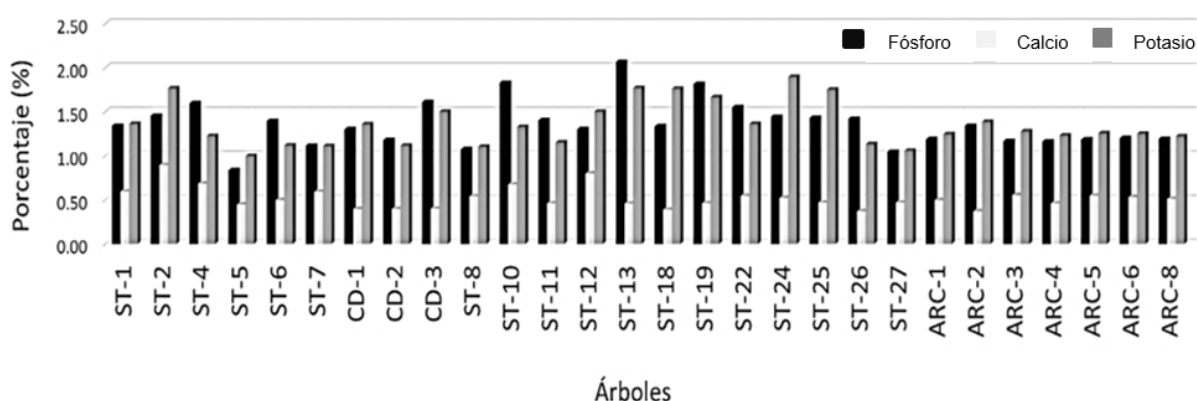


Figura 4. Concentración de fósforo, calcio y potasio en la semilla de 28 árboles de cacao caracterizados *in situ*.

### Estimación de variabilidad genética

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

### Análisis de correlación

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

Tabla 2. Comunalidades de los descriptores cuantitativos de cacao.

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

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

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

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

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

En la figura 5 se observa que los primeros 11 componentes expresan la variabilidad existente total en la especie con 86.7% de confiabilidad, de igual manera a través de los autovalores iniciales que presentaron un valor menor que uno a partir del componente 11 (el criterio de selección indica que valores menores que uno, no indican variabilidad y por lo

tanto su comportamiento es homogéneo). También se aprecia el corte y la formación de un ángulo de 45° justamente sobre el componente 11, donde al menos con una característica participa de la varianza total.

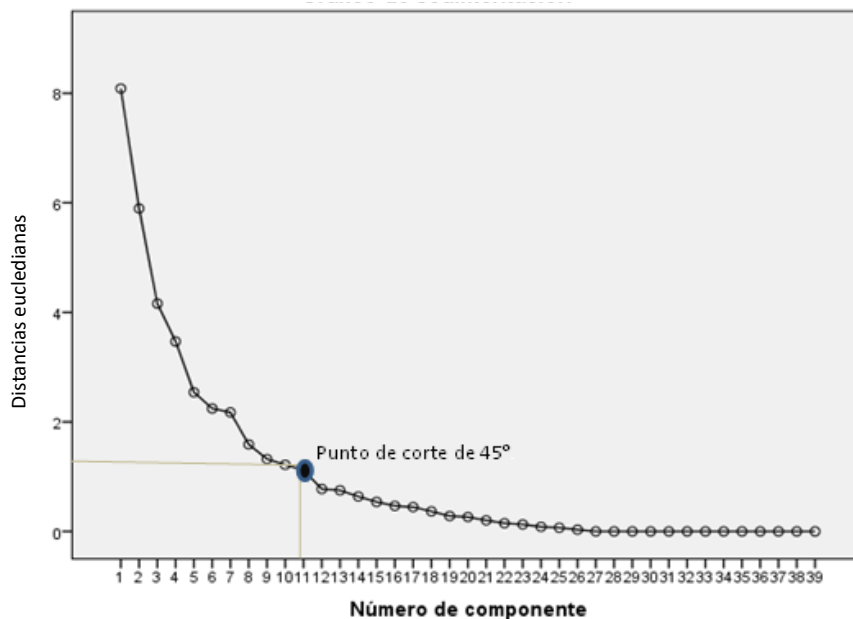


Figura 5. Proporción de la varianza explicada por cada componente principal en la caracterización de cacao.

### Análisis de conglomerados

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

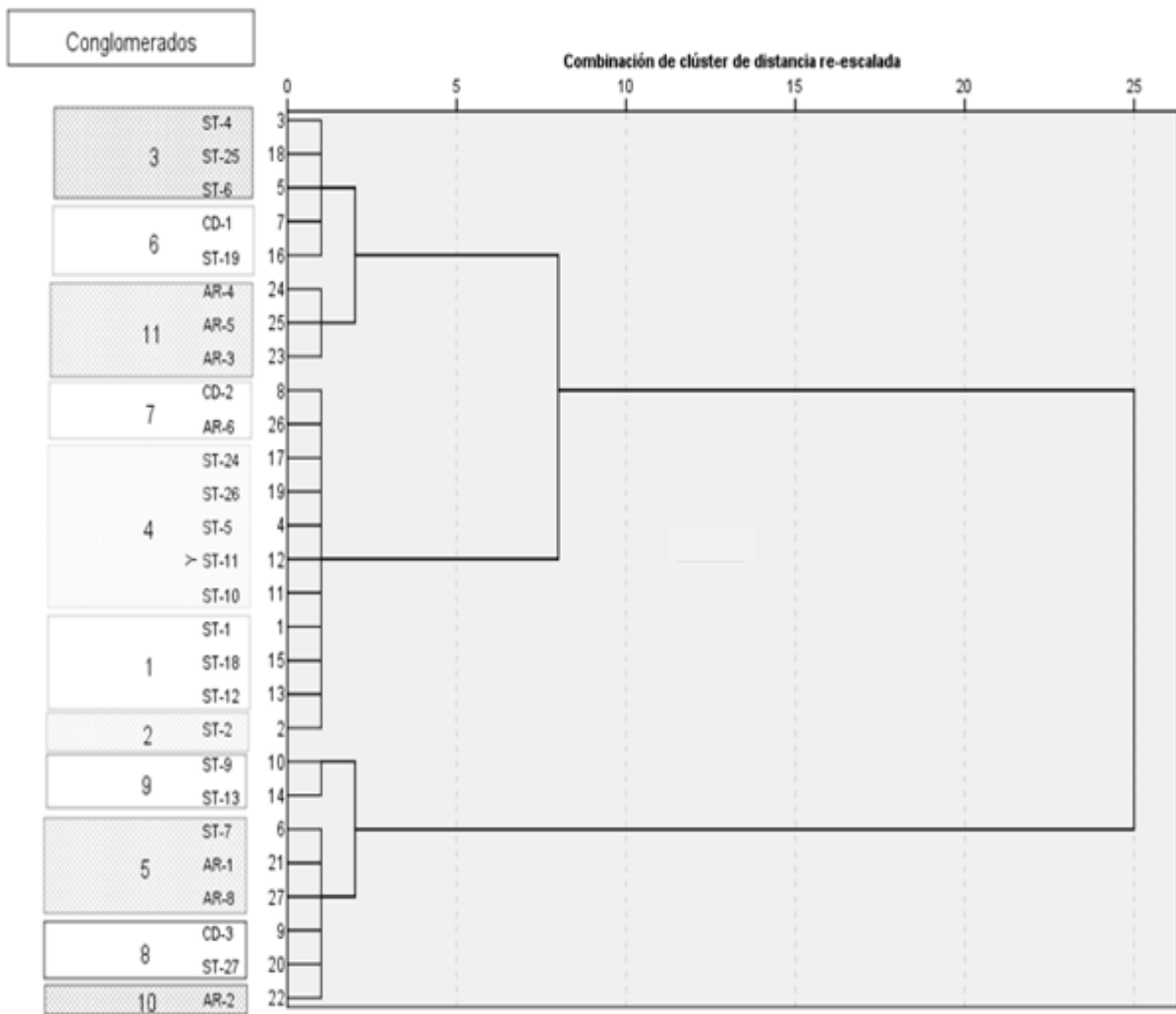


Figura 6. Fenograma de 27 árboles de cacao.

## CATÁLOGO DE SELECCIONES DE CACAO CRIOLLO DE ALMENDA BLANCA

### San José Cortez 1 (CD 1)



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

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

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

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

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

### San José Cortez 2 (CD 2)



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

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

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

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

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

### San José Cortez 3 (CD 3)



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

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

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

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

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

### Arcatao 1 (ARC 1)



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

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

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

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

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



### Arcatao 2 (ARC 2)



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

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

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

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

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

### Arcatao 3 (ARC 3)



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

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

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

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

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

### Arcatao 4 (ARC 4)



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

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

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

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

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

### Arcatao 5 (ARC 5)



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

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

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

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

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

## CLONES SANTA CLARA (COOPERATIVA SANTA CLARA)

**Santa Clara 1 (SC 1)**



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

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

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

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

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

**Santa Clara 2 (SC 2)**



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

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

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

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

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



**Santa Clara 4 (SC 4)**

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

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

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

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



**Santa Clara 5 (SC 5)**

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

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

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

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



### Santa Clara 6



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

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

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

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

### Santa Clara 7 (SC 7)



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

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

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

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

### Santa Clara 9 (SC 9)



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

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

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

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

### Santa Clara 11 (SC 11)



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

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

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

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



Santa Clara 12 (SC 12)

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

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

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

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

Santa Clara 13 (SC 13)



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

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

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

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

Santa Clara 18 (SC 18)



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

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

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

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

Santa Clara 19 (SC 19)



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

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

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

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



Santa Clara 24 (SC 24)

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

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

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

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



Santa Clara 25 (SC 25)

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

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

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

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



Santa Clara 26 (SC 26)

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

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

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

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



## CONCLUSIONES

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

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

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

## RECOMENDACIONES

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

### Agradecimientos

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

## BIBLIOGRAFIA

**APPCACAO (Asociación Peruana de Productores de Cacao). 2008.** Estudio de Caracterización del Potencial Genético del Cacao en el Perú. M y O Consulting S.A.C (Empresa Consultora). Lima, Peru. UE-PERU/PENX. 152 p.

**Ayesta Villega, ED. 2009.** Caracterización morfológica de cien árboles promisorios de *Theobroma cacao* L. en Waslala, RAAN. Tesis. Ing. A. Managua, NI, UNA. 58 P.

**Bartley D. 1989.** Manejo de Germoplasma de Cacao (en línea). Turrialba. IICA. Consultado 10 mar. 2017. Disponible en <https://books.google.com.sv/books?id=wbdCxx->

**Cote Flores, MS; Jiménez Betacourt, JH. 2005.** Caracterización de Clones de Cacao Promisorios con énfasis en el contenido de micronutrientes. Tesis MSc. Química. Universidad industrial de Santander, Facultad de Fisicoquímicas Escuela de Ingeniería Química Bucaramanga. Colombia. 102 p.

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

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

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

**García Carrión, LF. 2012.** Catálogo de cultivares del cacao del Perú (en línea). Lima, PE. Consultada 8 sep. 2016. Disponible en: [http://www.regionhuanuco.gob.pe/grde/.../cultivares\\_2012.pdf](http://www.regionhuanuco.gob.pe/grde/.../cultivares_2012.pdf).

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

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

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

**INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícola y Pecuaria). (2014).** Manual grafico de descriptores varetales de cacao (*Theobroma cacao* L). Chiapas, México. 72p.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

## **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.**

**Franco-Portillo, RA; Romero-Quintanilla, JC; Parada-Berríos, FA; Urrutia-Rodríguez, EA; Arias de Linares, AY; Vásquez-Osegueda, EA.**

### **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.



## 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 encuentran 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).

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

### **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.

### **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 siguió 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).

### **Metodología estadística**

Para el análisis de los datos o atributos cualitativos se utilizó estadística descriptiva a partir de tablas y para los datos cuantitativos se aplicó estadística simple (desviación estándar, media y coeficiente de variación) y análisis multivariado, específicamente 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 rugosa 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 trasversal 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 **purpura 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 mostro 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.

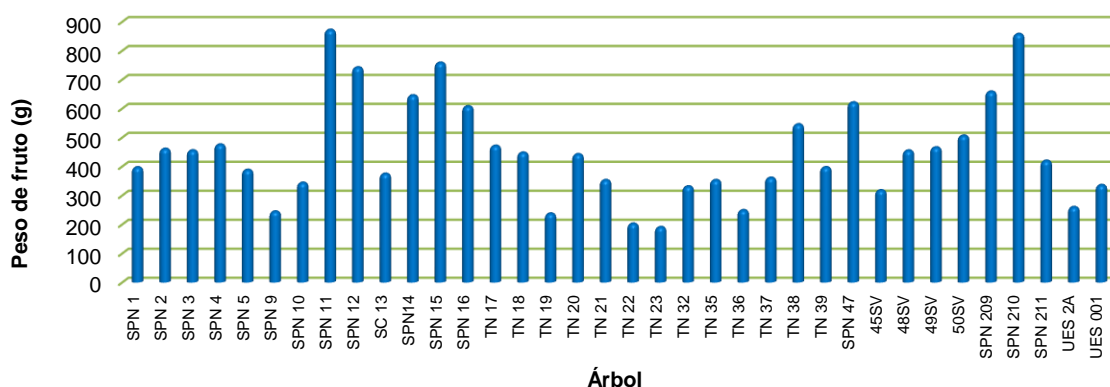


Figura 1. Peso de frutos de 36 árboles caracterizados

### 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.

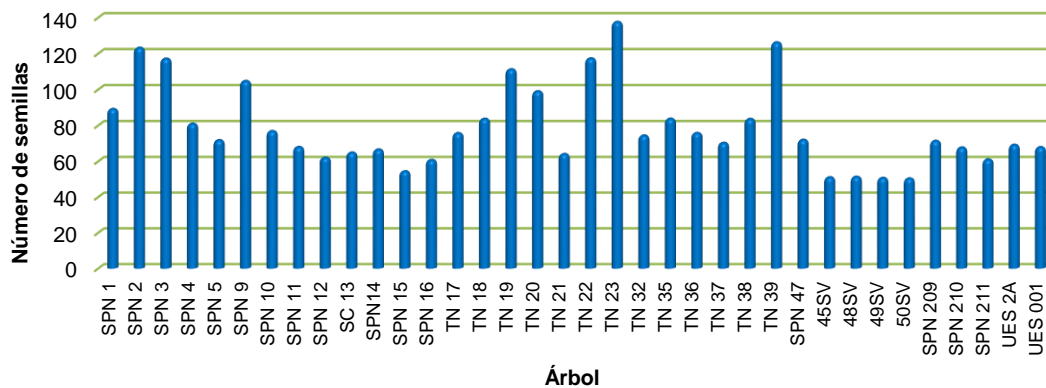


Figura 2. Índice de semilla de 36 árboles caracterizados

### 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.

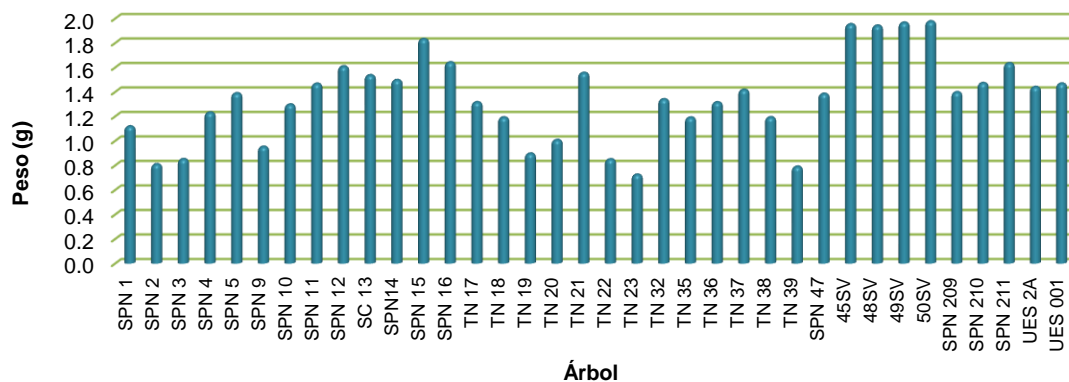


Figura 3. Peso seco de semillas de cacao de 36 árboles caracterizados in situ

### 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).

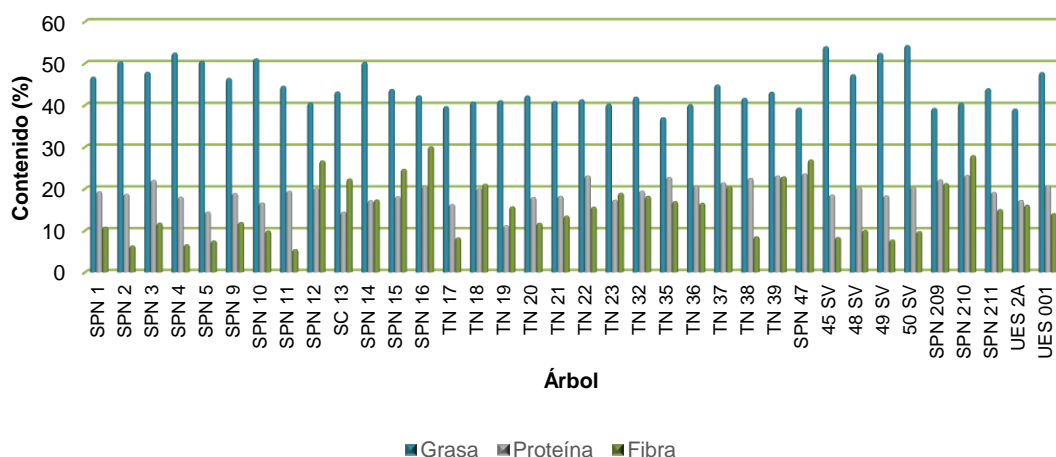


Figura 4. Contenido de grasa, proteína y fibra cruda de la semilla de 36 árboles de cacao



### 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.

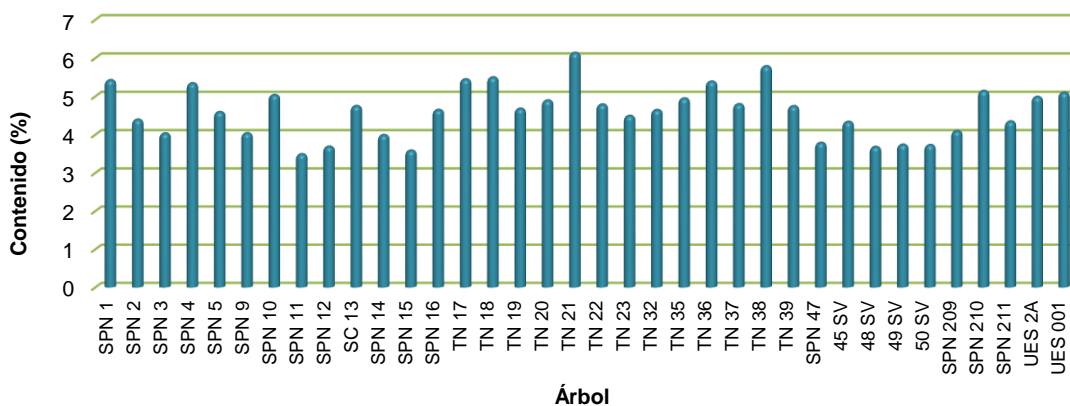


Figura 5. Contenido de ceniza de la semilla de 36 árboles de cacao

### 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.

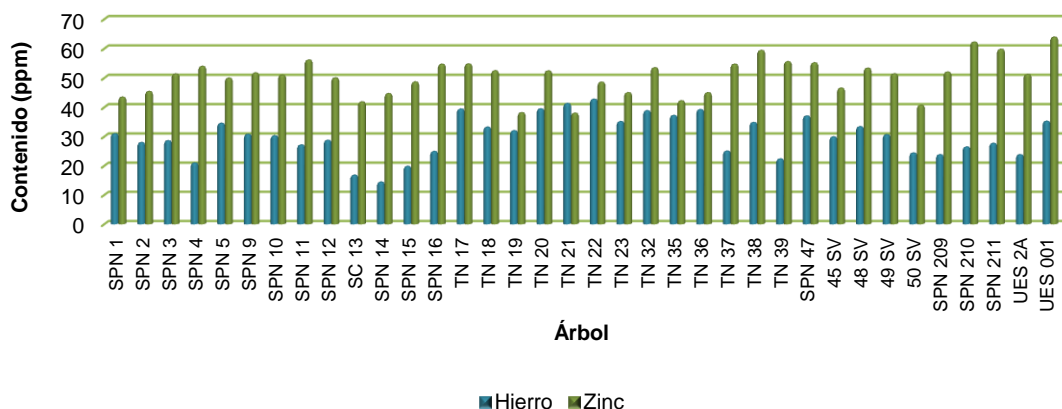


Figura 6. Contenido de hierro y zinc de la semilla de 36 árboles de cacao

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).

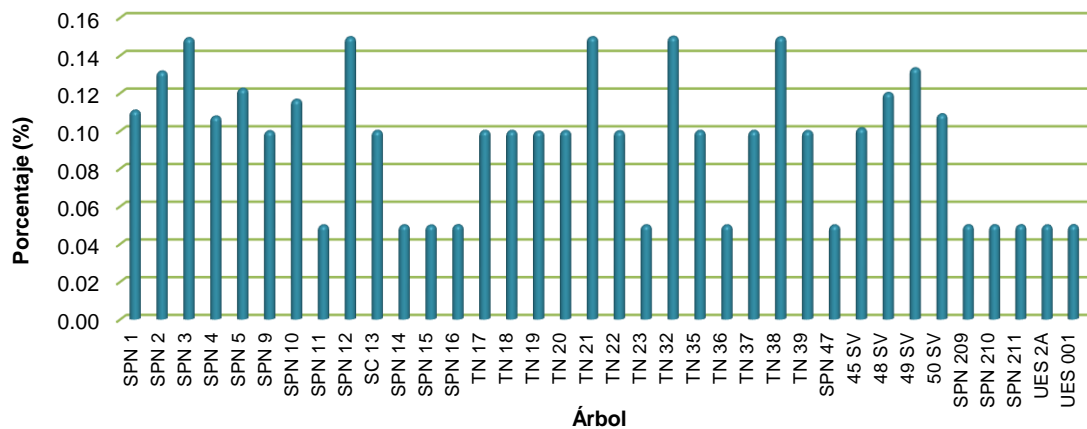


Figura 7. Contenido de calcio de la semilla de 36 árboles de cacao

### 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.

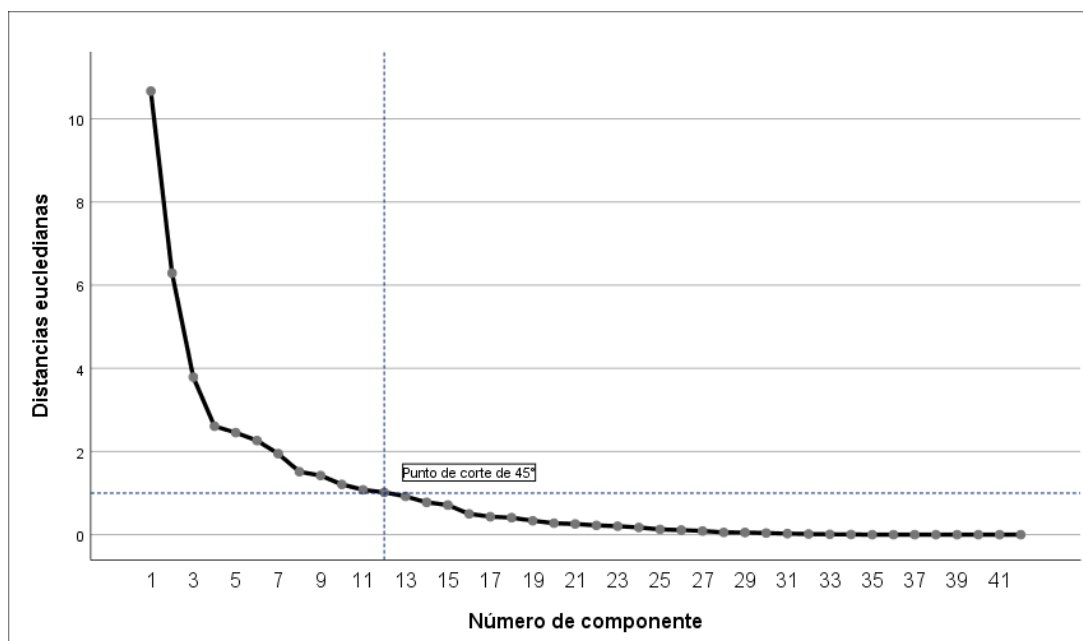


Figura 8. Proporción de la varianza explicada por cada componente principal en la caracterización de cacao

### **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 SPN 1 y SC 13, 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 11 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 12 agrupo únicamente el árbol TN 39 perteneciente a Tenancingo, en el cual la única variable agrupada fue el contenido de calcio que es altamente homogénea.

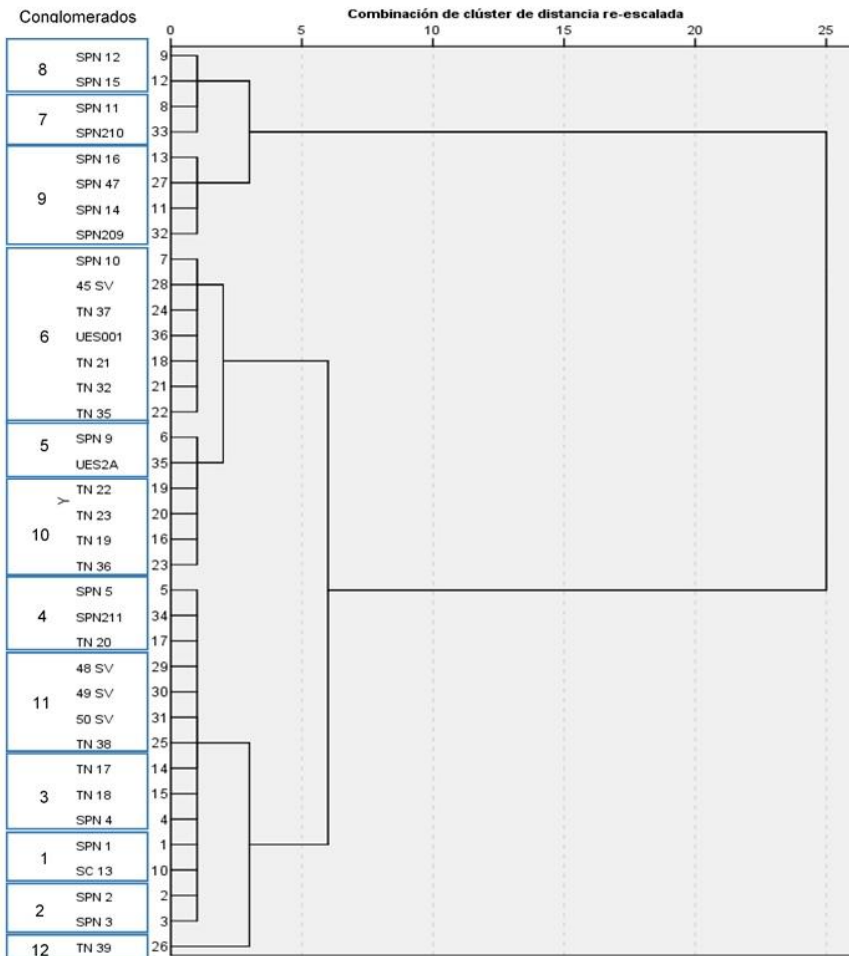


Figura 9. Dendrograma de distancias de 36 árboles de cacao

## CATÁLOGO DE SELECCIONES DE 19 ÁRBOLES DE CACAO CRIOLLO

### San Pedro Nonualco 10 (SPN 10)



**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.

**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.

**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)



**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.

**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.

**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)



**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.

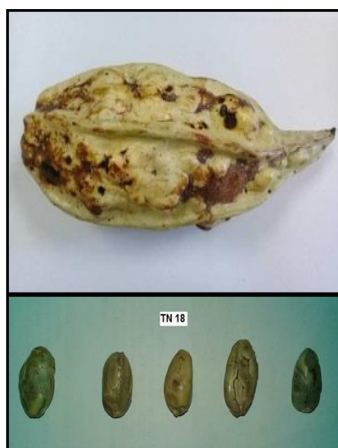
**Descripción del árbol:** edad 20 años, arquitectura erecta, forma de ramificación simple, número de chupones 1, diámetro a la altura del pecho 5.50 cm, altura 4.50 m y número de frutos 3.

**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.

**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.

**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%.

### 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.

**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.

**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%.

### 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.

**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.

**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%.

### 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.




**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.



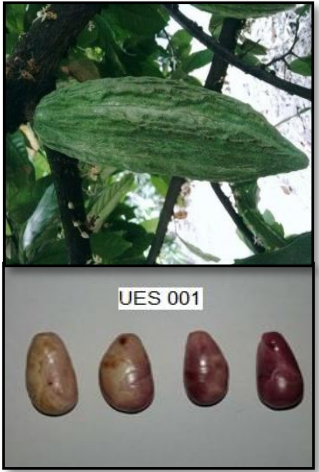
**Análisis bromatológico:** humedad parcial 12.00%, humedad total 2.88%, grasa 42.27%, proteína 17.93%, fibra 11.80%, ceniza 4.90%, carbohidratos 14.13%, materia seca 76%, hierro 39.50 ppm, zinc 52.46 ppm y calcio 0.10%.




<p><b>Tenancingo 21 (TN 21)</b></p> 	<p><b>Localización:</b> 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.</p> <p><b>Descripción del árbol:</b> 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.</p> <p><b>Descripción de fruto:</b> 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.</p> <p><b>Descripción de la semilla:</b> 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.</p> <p><b>Análisis bromatológico:</b> 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%.</p>
<p><b>Tenancingo 22 (TN 22)</b></p> 	<p><b>Localización:</b> 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.</p> <p><b>Descripción del árbol:</b> 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.</p> <p><b>Descripción de fruto:</b> 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.</p> <p><b>Descripción de la semilla:</b> 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.</p> <p><b>Análisis bromatológico:</b> 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%.</p>
<p><b>Tenancingo 23 (TN 23)</b></p> 	<p><b>Localización:</b> 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.</p> <p><b>Descripción del árbol:</b> 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.</p> <p><b>Descripción de fruto:</b> 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.</p> <p><b>Descripción de la semilla:</b> 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.</p> <p><b>Análisis bromatológico:</b> 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%.</p>
<p><b>Tenancingo 32 (TN 32)</b></p>	<p><b>Localización:</b> encontrado en cantón Corral Viejo, Tenancingo, Cuscatlán, propiedad de Inocente Hernández, latitud 13°48'41.05", longitud 88°58'80.30", altitud 513 msnm.</p>

 <p style="text-align: right; font-size: small;">TN 32</p>	<p><b>Descripción del árbol:</b> 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.</p> <p><b>Descripción de fruto:</b> 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.</p> <p><b>Descripción de la semilla:</b> 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.</p> <p><b>Análisis bromatológico:</b> 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 %.</p>
<p style="text-align: center;"><b>Tenancingo 35 (TN 35)</b></p>  <p style="text-align: center; font-size: small;">TN 35</p>	<p><b>Localización:</b> 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.</p> <p><b>Descripción del árbol:</b> 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.</p> <p><b>Descripción de fruto:</b> 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.</p> <p><b>Descripción de la semilla:</b> 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.</p> <p><b>Análisis bromatológico:</b> 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 %.</p>
<p style="text-align: center;"><b>Tenancingo 36 (TN 36)</b></p>  <p style="text-align: center; font-size: small;">TN 36</p>	<p><b>Localización:</b> 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.</p> <p><b>Descripción del árbol:</b> 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.</p> <p><b>Descripción de fruto:</b> 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.</p> <p><b>Descripción de la semilla:</b> 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.</p> <p><b>Análisis bromatológico:</b> 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%.</p>
<p style="text-align: center;"><b>Tenancingo 37 (TN 37)</b></p>	

 <p style="text-align: right; font-size: small;">TN 37</p>	<p><b>Localización:</b> 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.</p> <p><b>Descripción del árbol:</b> 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.</p> <p><b>Descripción de fruto:</b> 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.</p> <p><b>Descripción de la semilla:</b> 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.</p> <p><b>Análisis bromatológico:</b> 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%.</p>
<p style="text-align: center;"><b>Tenancingo 38 (TN 38)</b></p>  <p style="text-align: right; font-size: small;">TN 38</p>	<p><b>Localización:</b> 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.</p> <p><b>Descripción del árbol:</b> 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.</p> <p><b>Descripción de fruto:</b> 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.</p> <p><b>Descripción de la semilla:</b> 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.</p> <p><b>Análisis bromatológico:</b> 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%.</p>
<p style="text-align: center;"><b>San Pedro Nonualco 209 (SPN 209)</b></p>  <p style="text-align: right; font-size: small;">SPN 209</p>	<p><b>Localización:</b> 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.</p> <p><b>Descripción del árbol:</b> 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.</p> <p><b>Descripción de fruto:</b> 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.</p> <p><b>Descripción de la semilla:</b> 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.</p> <p><b>Análisis bromatológico:</b> 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%.</p>
<p style="text-align: center;"><b>San Pedro Nonualco 210 (SPN 210)</b></p>	<p><b>Localización:</b> 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.</p> <p><b>Descripción del árbol:</b> 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,</p>

	<p>número de frutos 44.</p> <p><b>Descripción de fruto:</b> 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.</p> <p><b>Descripción de la semilla:</b> 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.</p> <p><b>Análisis bromatológico:</b> 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%.</p>
<p><b>San Pedro Nonualco 211 (SPN 211)</b></p> 	<p><b>Localización:</b> 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.</p> <p><b>Descripción del árbol:</b> 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.</p> <p><b>Descripción de fruto:</b> 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.</p> <p><b>Descripción de la semilla:</b> 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.</p> <p><b>Análisis bromatológico:</b> 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%.</p>
<p><b>Universidad de El Salvador (UES 001)</b></p> 	<p><b>Localización:</b> encontrado en la Universidad de El Salvador, San Salvador, latitud 13°43'80.80", longitud 89°12'00.80", altitud 699 msnm.</p> <p><b>Descripción del árbol:</b> 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.</p> <p><b>Descripción de fruto:</b> 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.</p> <p><b>Descripción de la semilla:</b> 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.</p> <p><b>Análisis bromatológico:</b> 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%.</p>
<p><b>Universidad de El Salvador (UES 2A)</b></p>	<p><b>Localización:</b> encontrado en la Universidad de El Salvador, San Salvador, latitud 13°43'19.50", longitud 89°12'40.70", altitud 695 msnm.</p>



	<p><b>Descripción del árbol:</b> 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.</p> <p><b>Descripción de fruto:</b> 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.</p> <p><b>Descripción de la semilla:</b> 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.</p> <p><b>Análisis bromatológico:</b> 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%.</p>
---	--

## CONCLUSIONES

En 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 pentágona 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.

## RECOMENDACIONES

Para caracterizar el fruto se deben tomar los datos el día de su colecta, ya que se comprobó que al pasar un día desde su corte, este presenta modificaciones tanto en su peso, dureza de mazorca y color, lo que genera datos erróneos para la investigación.

En investigaciones futuras se debe realizar una evaluación de las características organolépticas de los árboles establecidos en el banco de germoplasma de San Pedro Nonualco.

Hacer un análisis molecular a cada árbol establecido para conocer con certeza el porcentaje de características criollo que este posee.

## 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/>

**Avendaño 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. Consultado 10 sep. 2018. Disponible en [http://www.worldcocoaoundation.org/wp-content/uploads/files\\_mf/phillipsmora2012clones4.64mb.pdf](http://www.worldcocoaoundation.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](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.



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

**Lovo-Lara, LM; López-Avilés, WV; Parada-Berríos, FA; Lara-Ascencio, F; Arias de Linares, AY; Vásquez Osegueda, EA.**

### **RESUMEN**

La investigación se llevó a cabo entre los meses de agosto de 2017 y octubre de 2018, en el cantón Cangrejera, municipio de Izalco, departamento de Sonsonate, El Salvador. El objetivo de la investigación fue identificar árboles élitos de cacao criollo, utilizando herramientas de caracterización de cacao criollo, adaptado, de los descriptores de INIFAP y CATIE. Se ejecutaron giras de caracterización *in situ* y colecta en la finca, identificándose aquellos árboles que presentaron características de cacao criollo, haciendo énfasis en la coloración de la semilla. Se colectaron muestras de flores, frutos, hojas y semillas; estas últimas, con la finalidad de conocer la composición química de las mismas, se les realizó análisis bromatológicos en el laboratorio de Química Agrícola de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador. Para la interpretación de datos se utilizó estadística descriptiva y análisis multivariado utilizando el programa SPSS versión 25, incorporándose 41 árboles y 33 descriptores cuantitativos sujetos del análisis descriptivo. Los análisis de componentes principales se evaluaron por el método de Clúster. Como resultados se caracterizaron 41 árboles de cacao, encontrando alta variabilidad genética confirmada por la formación de 14 grupos de conglomerados con una alta heterogeneidad entre ellos y homogeneidad en los subgrupos basada en el ordenamiento de los descriptores, que reunieron las características de los árboles aportando con 84.98% a la varianza total. Además se encontraron 11 árboles de cacao con sus frutos conteniendo almendras cuyo cotiledón eran 100% de color blanco, valores de grasa de hasta 56.55% y de proteína con 17.15% respectivamente. Finalmente se elaboró un catálogo ilustrado de los árboles caracterizados.

**PALABRAS CLAVES:** Caracterización, descriptores, color de semilla, árboles élitos.

## INTRODUCCIÓN

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

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

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

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

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

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Localización

El estudio se ejecutó entre agosto de 2017 y octubre de 2018, en la finca del productor Jaime Arévalo, ubicada en el cantón Cangrejera, municipio de Izalco, departamento de Sonsonate, El Salvador, con coordenadas geográficas 13°44'28" latitud norte y 89°40'52" longitud oeste, encontrándose a una altitud de 418 metros sobre el nivel del mar.

### Herramientas para la caracterización

Las herramientas utilizadas para la caracterización fueron los descriptores de caracteres morfológicos y agronómicos propuestos por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) (INIFAP 2014), Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA) (INIA 2005) y Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) (Phillips 2012). Estos sirvieron para comparar los atributos y así establecer las propiedades morfoagronómicas que presentaban cada árbol seleccionado.

### Variables en estudio

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

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

### Análisis bromatológico

El análisis se realizó en 41 árboles específicamente dirigido a la semilla de forma normal y de forma artesanal (semillas fermentadas) se siguió los procedimientos propuestos por la AOAC (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, grasa, fibra cruda, carbohidratos, cenizas y minerales (calcio, fósforo y potasio).

### Metodología estadística

Para el análisis de los datos y atributos cualitativos se utilizó estadística descriptiva a partir de cuadros y tablas; y para los datos cuantitativos se aplicó estadística simple utilizando la desviación estándar, media, coeficiente de variación, análisis multivariado (específicamente componentes principales), análisis de correlación y de conglomerados; ambos análisis permitieron resumir toda la información de un número grande de casos, agrupándolos con base a similitudes, cercanías o distancia, para lo cual se utilizó el programa SPSS versión 25.

### Material experimental

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

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

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

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Descripción de variables cualitativas

#### Arquitectura, forma de ramificación y vigor de árbol

El 97.56% de los árboles caracterizados presentaron arquitectura erecta, 2.44% arquitectura péndulosa como consecuencia de la falta del manejo agronómico adecuado y arquitectura intermedia no lo presentó ningún árbol. El 46.34% poseen ramificación intermedia, 46.34% simple y 7.36% verticilada. El 51.22% se reportaron como vigorosos, 48.78% vigor intermedio y el vigor débil no se presentó en ningún árbol, porque tienen un buen manejo agronómico. García Carrión (2012) en estudios de caracterización de cacao, describió el vigor de los árboles con los mismos criterios: débil, intermedio o vigoroso, donde el 100 % de los árboles caracterizados presentó vigor débil.

#### Color de brotes tiernos

El 46.34% de los árboles presentaron brotes de color rojo claro, 29.27% brotes verde claro, 14.63% brotes de color verde medio, 7.32 % brotes de color rojo oscuro y el 2.44% brotes color rojo medio. El INIA (2005) menciona que el color de las hojas tiernas está asociado a la presencia de antocianina y difiere del resto de las hojas. En muchos casos este color de los brotes coincide con la coloración de los cotiledones, es decir cuando los brotes tienden a ser verde claro la tendencia es que los cotiledones sean blanco, lo cual se pudo evidenciar en la investigación. Las hojas jóvenes son flácidas, quebradizas y presentan coloraciones variadas desde rojo claro, verde claro, verde medio, rojo oscuro y rojo medio.

#### Pubescencia en brotes terminales

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

#### Forma del fruto

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

#### Color del fruto

Se encontraron cuatro colores de frutos maduros: 48.78% son frutos de color verde amarillo; 39.02% color amarillo, 7.32% rojo medio, 4.88% de color anaranjado. Sobresaliendo el color verde amarillo, el cual fue más representativo en los árboles que presentaron mayor tendencia fenotípica a cacaos criollos. Dubón y Sánchez (2011), indican en términos

generales que los cacaos criollos se pueden encontrar en colores verdes y rojos cuando están inmaduros, cuando completan su madurez se vuelven amarillos y anaranjados respectivamente.

### **Morfología de la superficie del fruto (rugosidad)**

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

### **Resistencia de cáscara**

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

### **Color de semillas**

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

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

### **Descripción de variables cuantitativas**

#### **Números de frutos por árbol**

En cuanto al número de frutos, el árbol JA 7A, registró el mayor valor con 80 frutos y el mínimo de frutos fue el árbol JA 37A con cinco frutos, en el resto de árboles varió en el rango de 6 a 70 frutos (Figura 1); el promedio de frutos obtenido de los 41 árboles es 40.37, la desviación estándar encontrada es de 20.88 frutos y el coeficiente de variación es de 51.12%, esto indica que es notable una alta heterogeneidad en cuanto al número de frutos por árbol. Naundirf y Villamil (s.f.) citados por IICA (1957) concluyeron que existe una relación entre el desarrollo de las flores, frutos y la producción de hormonas: un fruto que crece sobre un cojinete con unas pocas flores tiene más oportunidades de desarrollarse que un fruto nacido sobre un cojinete con muchas flores. Al respecto Dubón y Sánchez (2011) explican que la diversidad genética que origina una alta variabilidad entre familias y miembros de una misma familia al propagarse por semilla, queda demostrado en reiterados estudios sobre el comportamiento productivo de una población de semilla (híbridos

naturales), que corroboran inconsistencias en la producción, señalando que un bajo porcentaje de la población de árboles provenientes de semilla (30%) genera los más altos rendimientos (70%), mientras que la mayoría de los individuos (70%) genera una baja producción (solo el 30%). A estas diferencias extremas entre la población y la producción se le conoce como la regla 70:30 y es un comportamiento propio de plantas que provienen de semillas, condición que se agrava, cuando se presenta incompatibilidad entre los árboles.

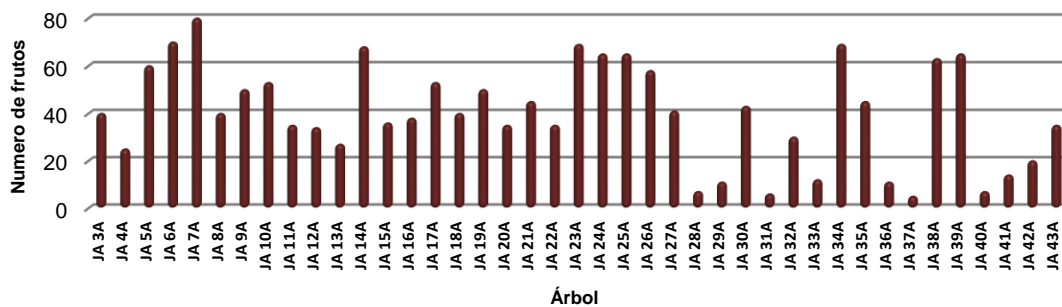


Figura 1. Número de frutos de 41 árboles de cacao criollo caracterizados en Cangrejera, Izalco, Sonsonate.

### Peso de frutos

El valor máximo lo presentó el fruto del árbol JA 28A con 883.10 g, el valor mínimo lo presentó el fruto del árbol JA 11A con 226.40 g, los restantes frutos de los demás árboles oscilan entre 263.50 y 747.95 g (Figura 2). También esta variable mostró una correlación positiva significativa con las variables: longitud de frutos con  $r= 0.58$ ; peso del mucilago incluyendo la placenta con  $r= 0.60$ ; espesor de cáscara  $r= 0.73$  y diámetro del fruto con  $r= 0.73$  respectivamente. El promedio encontrado fue de 439.76 g, con una desviación estándar de 142.41 g y un coeficiente de variación de 32.38%, lo que indica la alta heterogeneidad de la variable entre los árboles. Los valores encontrados están dentro del rango mencionado por Dostert *et al.* (2012), quienes manifiestan que los pesos de los frutos de cacao oscilan entre 200 y 1,000 g.

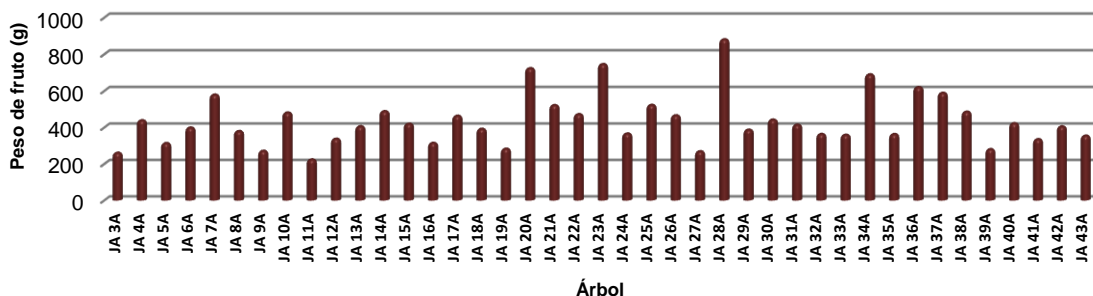


Figura 2. Peso de fruto de los de 41 árboles de cacao criollo caracterizados en Cangrejera, Izalco, Sonsonate.



### Número de semillas por fruto

El árbol JA 32A y JA 34A reportó el valor máximo con 45 semillas por fruto y el árbol JA 22A presentó el valor mínimo con 18 semillas, los demás árboles tenían entre 21 y 38 semillas (Figura 3). También ésta variable mostró una correlación positiva significativa con las variables: peso húmedo del total de semillas con  $r= 0.69$  respectivamente. El promedio es de 31.17 semillas, desviación estándar es de 5.89 semillas y el coeficiente de variación de 18.18%, mostrando homogeneidad en el comportamiento de dicha variable entre los árboles, Vega *et al* (2013) reportaron que las mazorcas de cacao de Waslala, Nicaragua contenían en promedio 39 semillas, con un rango de 20 - 49 unidades.

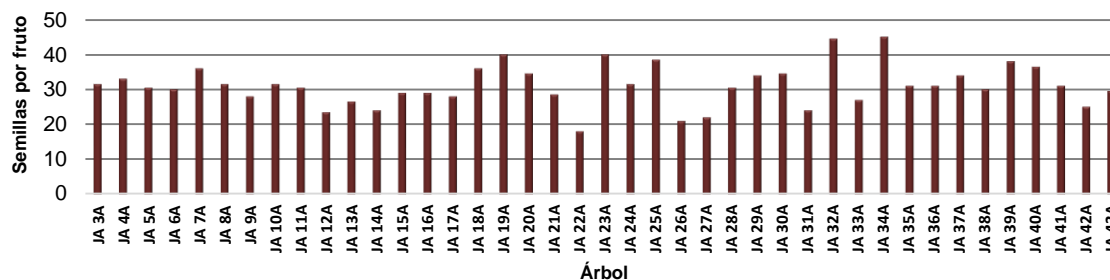


Figura 3. Número de semillas por fruto de 41 árboles de cacao criollo caracterizados en Cangrejera, Izalco, Sonsonate.

### Longitud y diámetro de fruto

El máximo valor de longitud de fruto lo presentó el árbol JA 23A con 24.50 cm, mientras el árbol JA 12A, tuvo mínimo valor de 11.04 cm, los demás árboles mostraron frutos con longitudes entre 11.10 y 22.70 cm (Figura 4). También esta variable mostró una correlación positiva significativa con las variables: peso de cáscara sin mucilago con  $r= 0.52$ ; peso de fruto con  $r= 0.58$  respectivamente. De los 28 árboles, se encontró una longitud promedio de fruto de 16.35, desviación estándar de 3.23 cm y un coeficiente de variación de 19.78%, esto quiere decir que existe homogeneidad en dicha variable. El promedio encontrado es cercano al valor promedio reportado por Quiroz y Soria (1994), donde los frutos del germoplasma nacional caracterizados en Ecuador poseen un promedio de 16.68 cm. En relación con las longitudes máximas y mínimas son bastante similares a los reportados por Vargas (1995), donde la mayor longitud de mazorca en el CCAT se registró en el árbol 004 con 20 cm y la menor longitud la presentó el 126 con 11.17 cm.

El árbol JA 28A presentó el diámetro máximo de 10.0 cm, el árbol JA 9A presentó el diámetro mínimo con 6.83 cm (Figura 4). También esta variable mostró una alta correlación positiva con las variables: peso de fruto con  $r= 0.73$ ; peso de cáscara sin mucilago con  $r= 0.74$  respectivamente. El promedio obtenido fue de 7.99 cm, una desviación de 0.78 cm y un coeficiente de variación de 9.76, esto quiere decir que existe una alta homogeneidad en dicha variable entre los árboles. Estos resultados coinciden con los mencionados por Ayesta (2009) donde el diámetro del fruto varió de 6.77 cm para el árbol ID-269 a 11.83 cm en el árbol ID-298, con promedio de 9.1 cm.

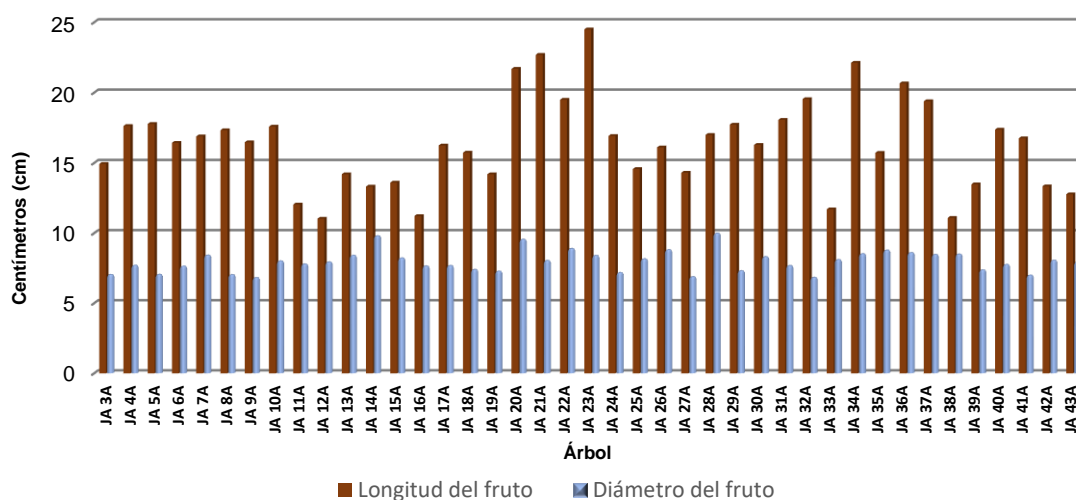


Figura 4. Largo y diámetro de fruto de los de 41 árboles de cacao criollo caracterizados en Cangrejera, Izalco, Sonsonate.

### Longitud, ancho y espesor de semilla

El árbol JA 23A registró la máxima longitud de 3.72 cm y el árbol JA 24A reportó la mínima con 1.80, los demás valores oscilan entre 1.81 y 2.48 cm (Figura 5). También esta variable mostro una alta correlación positiva con las variables: ancho de semillas con  $r= 0.84$ . El promedio fue de 2.22 cm, una desviación de 0.31 cm y un coeficiente de variación de 14.13%, indican que esta variable su comportamiento fue homogéneo. Ayesta (2009) en su investigación expresa que la longitud de la semilla varió de 2 cm para el árbol ID-337 a 4 cm en el árbol ID-298, con un promedio de 2.7 cm, similar al promedio obtenido.

El árbol JA 23A presentó el máximo ancho de semilla con 2.41 cm y el valor mínimo lo mostró el árbol JA 6A y el árbol JA 13A con 1.05 cm (Figura 5). Las restantes semillas oscilan entre 1.16 y 1.56 cm. También ésta variable, presentó una correlación positiva con las variables: peso seco de una semilla con  $r= 0.54$ ; peso seco del total de semillas con  $r= 0.57$ ; largo de semillas con  $r= 0.84$  respectivamente. Se obtuvo un promedio de 1.32 cm, una desviación estándar 0.20 cm y un coeficiente de variación de 15.25%, comportándose la variable de manera homogénea. Estos resultados son bastante cercanos a los mencionados por Ayesta (2009) quien mostró un promedio de 1.4 cm, con máximo de 2.1 cm en el árbol ID-265 y un mínimo de 0.9 cm para el árbol ID-357.

El árbol JA 23 A, presentó el máximo espesor de 1.14 cm y el árbol JA 6A el mínimo espesor de 0.62 cm, el resto oscila entre 0.69 y 1.01 cm (Figura 5). También esta variable mostró una correlación positiva con la variable peso húmedo del total de semillas con  $r= 0.51$ . Se obtuvo un promedio de 0.86 cm, desviación estándar de 0.11 cm y el coeficiente de variación de 12.70%, existiendo homogeneidad en el comportamiento de las variables entre los árboles.

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

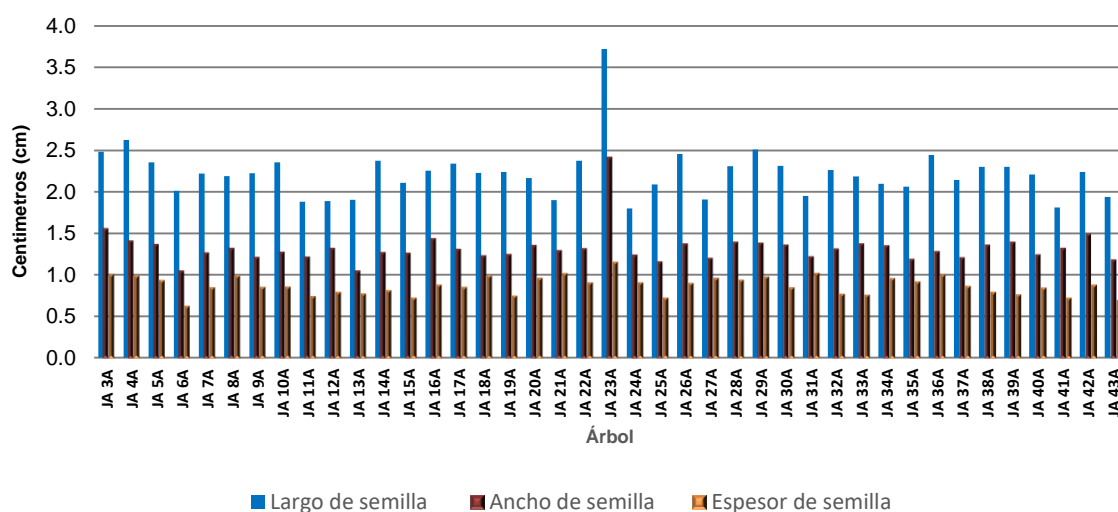


Figura 5. Longitud, ancho y espesor de semillas de 41 árboles de cacao criollo caracterizados en Cangrejera, Izalco, Sonsonate.

### Peso seco de una semilla

El árbol JA 23A reportó el peso máximo de semilla con 1.53 g y el árbol JA 3A el peso mínimo con 0.59 g, los restantes oscilan entre 0.60 y 1.31 g (Figura 6). También ésta variable mostró una correlación positiva con las variables: espesor de semillas con  $r= 0.51$ ; número de semillas por fruto con  $r= 0.68$  y peso seco del total de semillas con  $r= 0.81$  respectivamente, el promedio reportado fue de 0.89 g, desviación estándar de 0.19 g y el coeficiente de variación 22.04%, expresando que esta variable es ligeramente heterogénea entre las semillas de los árboles analizados.

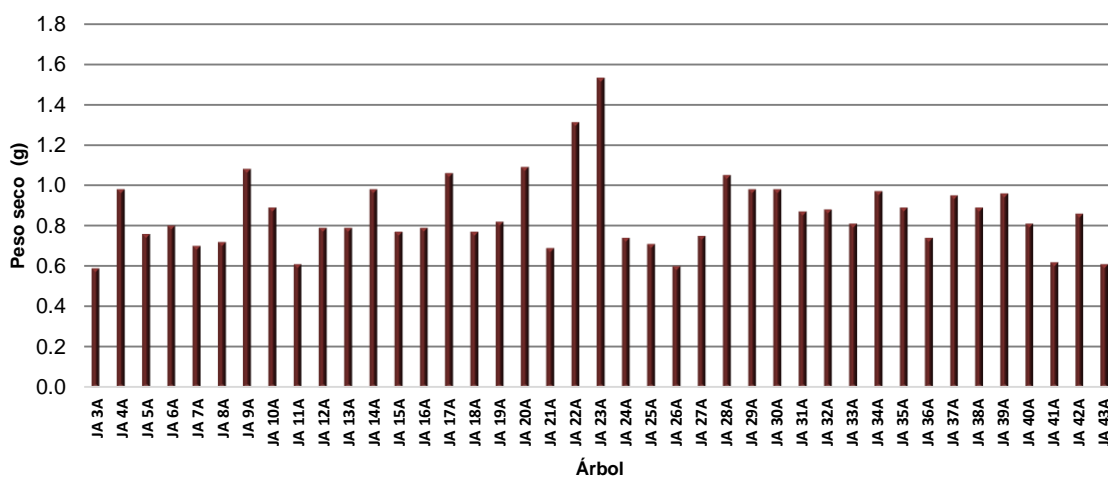


Figura 6. Peso seco por una semilla de cacao criollo proveniente de 41 árboles de cacao criollo caracterizados en Cangrejera, Izalco, Sonsonate caracterizado.

## Descripción del análisis bromatológico

### Contenido de grasa en las semillas de cacao

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

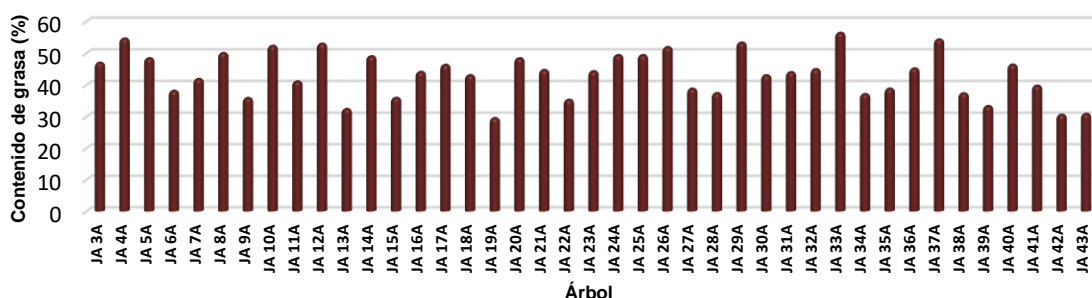


Figura 7. Contenido de grasa en la semilla proveniente de 41 árboles de cacao criollo caracterizados en Cangrejera, Izalco, Sonsonate.

### Contenido de proteína de cacao

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

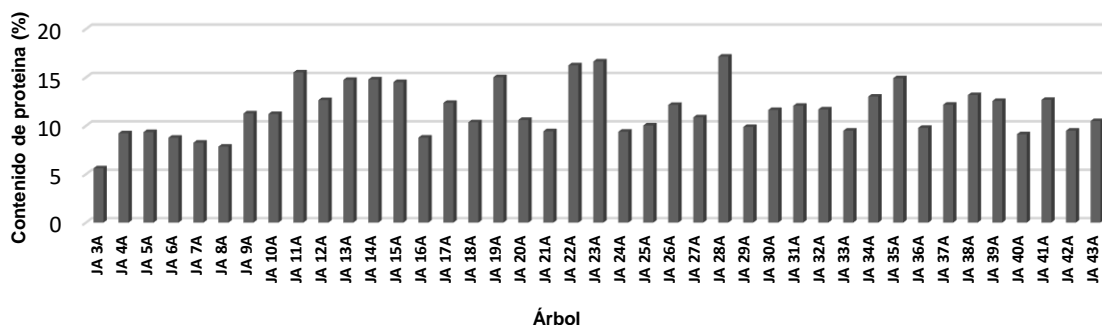


Figura 8. Contenido de proteína en la semilla de cacao proveniente de 41 árboles de cacao criollo caracterizados en Cangrejera, Izalco, Sonsonate.

### Contenido de ceniza

El árbol codificado como JA 3A, sus semillas presentaron el mayor contenido de ceniza con 7.14%, mientras que el menor valor lo mostraron las semillas del árbol JA 36A con 3.44% (Figura 9). El resto osciló entre 3.39 y 6.69%. El contenido promedio de ceniza en las semillas de los 41 árboles fue de 5.04%, con una desviación estándar de 2.64% y el coeficiente de variación de 28.80%, lo que implica que existe comportamiento heterogéneo en los contenidos de ceniza de las semillas de los árboles muestreados. También esta variable mostró una alta correlación negativa con las variables proteína con  $r = -0.75$ . Enríquez (1994) citado por Vicencio (2001) en su estudio de los parámetros de la calidad del cacao, menciona que el porcentaje de ceniza del grano es uno de los componentes que permite distinguir al cacao común con menos de 2.5% de ceniza del criollo fino de aroma con porcentajes superiores al 3%. Esto nos hace confiar que entre los 41 árboles caracterizados sus atributos se asemejan mucho a los cacaos criollos de aroma fino ya que todos reportaron valores superiores al 3%.

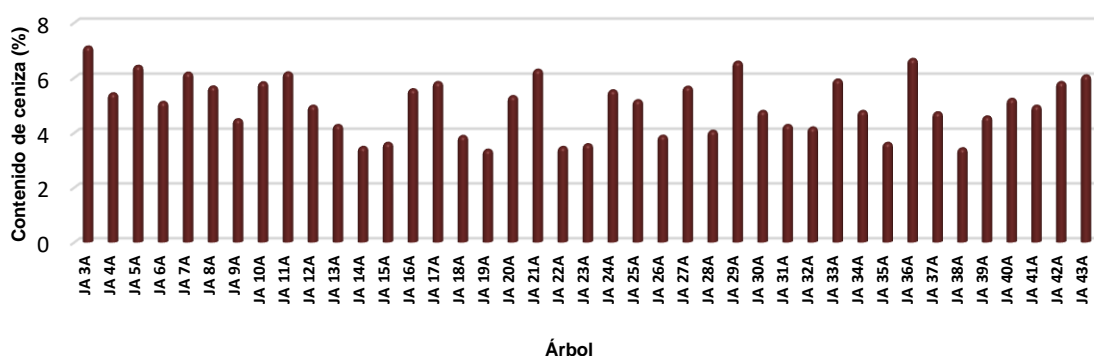


Figura 9. Contenido de ceniza en la semilla de cacao proveniente de los 41 árboles de cacao criollo caracterizados en Cangrejera, Izalco.

### Contenido de calcio

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

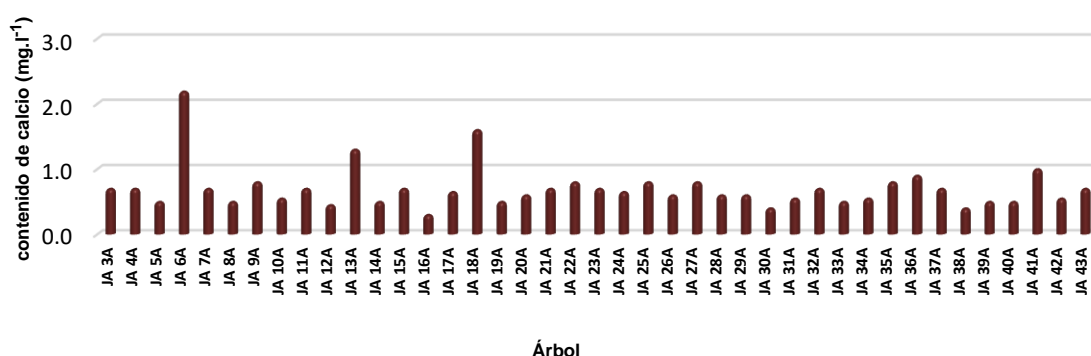


Figura 10. Contenido de calcio en la semilla de cacao proveniente de los 41 árboles de cacao criollo caracterizados en Cangrejera, Izalco.

### Contenido de fósforo

Las semillas del árbol JA 41A y JA 6A fueron las que presentaron el mayor valor en el contenido de fósforo con 0.34%, mientras que el menor valor lo mostró las semillas del árbol JA 24A con 0.04% (Figura 11). El resto oscilo entre 0.20 y 0.35 mg.l<sup>-1</sup>. El contenido promedio de fósforo en las semillas de los 41 árboles fue de 0.28 mg.l<sup>-1</sup>, la desviación estándar fue de 0.05% y el coeficiente de variación fue de 19.13 mg.l<sup>-1</sup>, encontrando homogeneidad de la variable, en sus diferentes muestras analizadas.

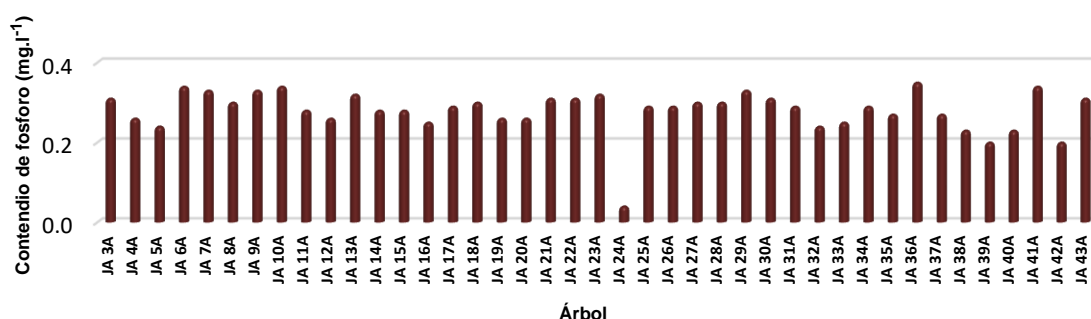


Figura 11. Contenido de fósforo en la semilla de cacao proveniente de los 41 árboles de cacao criollo caracterizados en Cangrejera, Izalco.

## Contenido de potasio

Las semillas del árbol JA 3A, presentaron el mayor valor de potasio con 18.82%, mientras que el menor valor lo mostró las semillas del árbol JA 22A con 9.48% (Figura 12). El resto oscilo entre 10.47 y 17.57 mg.l<sup>-1</sup>. El contenido promedio de potasio en las semillas de los 41 árboles fue de 13.57 mg.l<sup>-1</sup>, la desviación estándar fue de 2.33 mg.l<sup>-1</sup>, y el coeficiente de variación con un valor de 17.17%, lo que implica que existe un comportamiento homogénea en los análisis de las semilla de los diferentes árboles. También esta variable mostro una alta correlación negativa entre las variables proteína con  $r = -0.75$ .

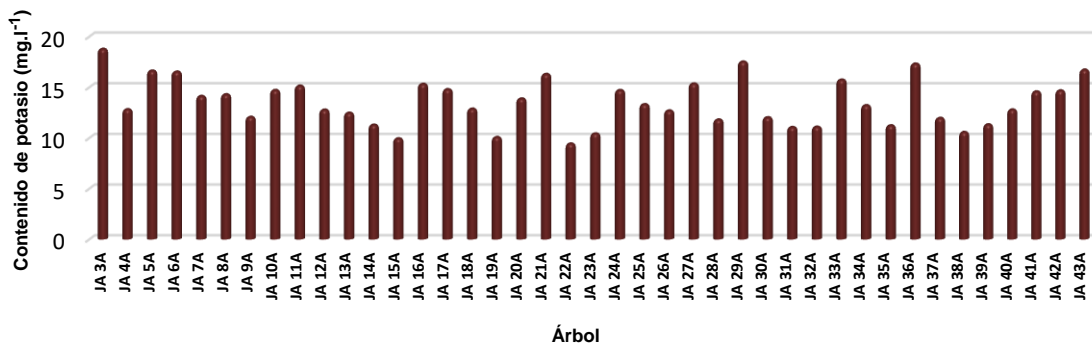


Figura 12. Contenido de potasio en la semilla de cacao de los 41 árboles.

## Análisis factorial mediante el método de componentes principales

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

En el cuadro 2, se muestran las comunales de los descriptores involucrados, los resultados indican que el descriptor del número de frutos, es la peor explicada, ya que el modelo factorial solo es capaz de reproducir el 70.60% de su variable original. Además, se observó que la calidad de representación de los descriptores en el plano factorial es importante, ya que, el resto de los descriptores involucrados oscilaron de 73.50% para el caso de altura del árbol a 95.20% correspondiente peso seco del total de semillas; determinándose de manera general que los 32 descriptores restantes están bien representados en el plano factorial; por lo tanto, buena parte de las varianzas, producto de los descriptores, son aplicadas por el modelo factorial obtenido.



Cuadro 2. Comunalidades de los descriptores cuantitativos de cacao.

Sección	Variabes	Inicial	Extracción	Porcentaje (%)
Árbol	Número de chupones por árbol	1	0.75	74.56
	Diámetro a altura del pecho (cm)	1	0.81	81.16
	Altura del árbol (m)	1	0.75	75.38
	Número de frutos	1	0.77	76.70
Hojas	Largo de la hoja (cm):	1	0.85	84.89
	Ancho de la hoja (cm).	1	0.87	87.24
	Largo desde la base hasta el punto más ancho (cm)	1	0.83	83.35
Flores	Número de flores por cojín	1	0.75	75.30
	Número de cojines por metro lineal	1	0.76	76.13
	Anchura de sépalo (mm):	1	0.76	75.52
	Longitud de sépalo (mm):	1	0.79	79.10
	Largo de estaminodios (mm):	1	0.80	80.44
	Largo del ovario (mm):	1	0.86	86.21
	Ancho del ovario (mm):	1	0.82	82.11
	Número de óvulos por ovario	1	0.89	88.52
Frutos	Largo de estilos en (mm):	1	0.81	80.81
	Longitud del fruto (cm):	1	0.84	83.85
	Diámetro del fruto (cm):	1	0.89	89.23
	Espesor de caballete (cm):	1	0.89	88.80
	Profundidad de surco (cm):	1	0.79	79.21
	Espesor de cascara (cm)	1	0.90	90.39
	Peso de futo (g):	1	0.92	92.21
	peso de mucílago incluyendo la placenta (g)	1	0.73	72.91
Semillas	peso de cáscara sin mucilago (g):	1	0.92	92.11
	Largo de semilla en (cm):	1	0.91	90.60
	Ancho de semilla en (cm):	1	0.93	92.99
	Espesor de semilla en (cm)	1	0.86	86.05
	Peso húmedo del total de semillas (g)	1	0.93	93.00
	peso seco del total de semillas (g):	1	0.97	96.76
	Peso seco de una semilla (g)	1	0.94	94.03
	Índice de semilla	1	0.95	95.36
Análisis Bromatológicos	Número de semilla por kg	1	0.95	95.10
	Índice de mazorca	1	0.95	95.10
	Humedad total (%)	1	0.93	92.54
	Humedad parcial (%)	1	0.68	68.32
	Grasa (%)	1	0.82	81.79
	Fibra (%)	1	0.89	89.49
	Proteína (%)	1	0.89	88.86
	Carbohidratos (%)	1	0.88	87.89
	Ceniza (%)	1	0.78	78.48
	Calcio (Mg.l-1)	1	0.88	87.64
	Fósforo (Mg.l-1)	1	0.83	82.60
	Potasio (Mg.l-1)	1	0.89	89.06
pH	1	0.83	83.46	
Grados brix	1	0.83	82.53	

Fuente: Método de extracción, análisis de comunalidades.

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

En la figura 12 se observa que los primeros 14 componentes expresan la variabilidad existente total en la especie con 84.99% de confiabilidad, de igual manera a través de los autovalores iniciales que presentaron un valor menor que uno a partir del componente 14 (el criterio de selección indica que valores menores que uno, no indican variabilidad y por lo tanto su comportamiento es homogéneo). También se aprecia el corte y la formación de un

ángulo de 45° justamente sobre el componente 14, donde al menos con una característica participa de la varianza total.

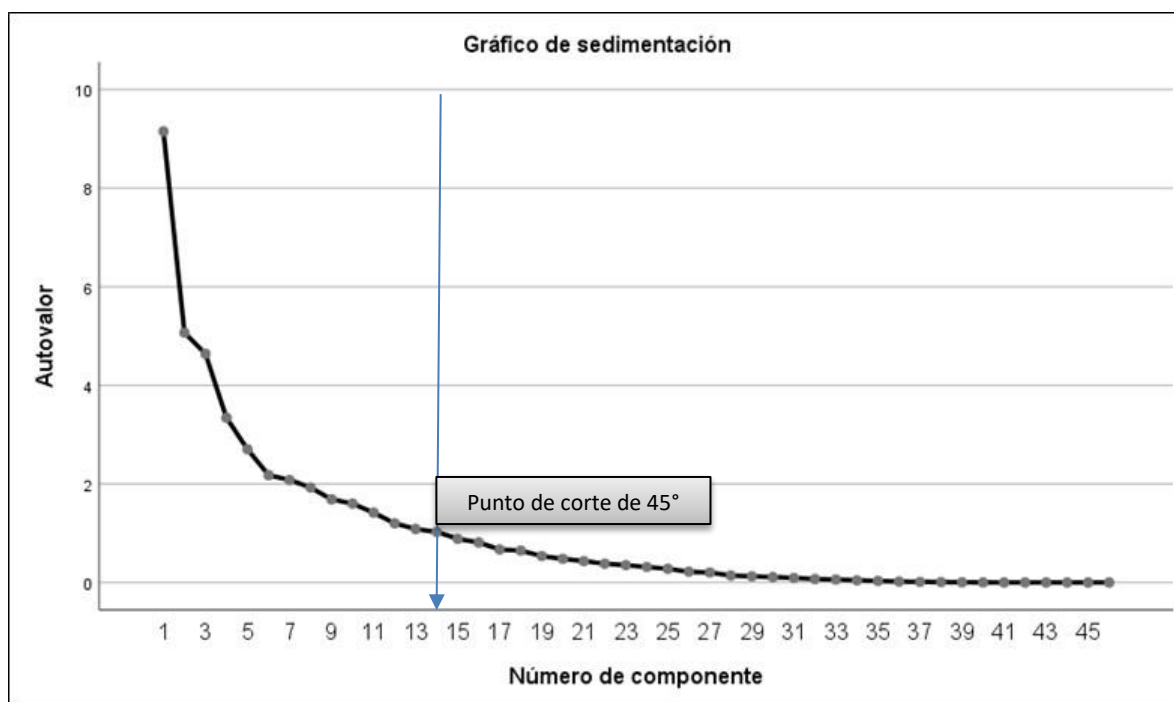


Figura 12. Proporción de la varianza explicada por cada componente principal en la caracterización de árboles de cacao.

### Análisis de conglomerados

**El conglomerado 1.** Está formado por los árboles: JA 3A, JA 11A, JA 41A y JA 43A; estos árboles fueron influenciados por las variables: contenido de potasio ( $\text{mg. l}^{-1}$ ), humedad, parcial (%), ceniza (%), contenido de proteína (%), índice de semilla, número de semilla por kilogramo y peso seco de una semilla (g). Este grupo se caracterizó por presentar los valores más altos en las siguientes variables: potasio (JA 3A); humedad parcial (JA 3A); ceniza (JA 3A); proteína (JA 3A); índice de semilla (JA 3A) y número de semilla por kilogramo (JA 3A), el coeficiente de variación promedio para este grupo fue de 20.31%.

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

**Conglomerado 3.** Está formado por los árboles: JA 5A, JA 16A, JA 19A y JA 27A, dichos árboles fueron influenciados por las variables: número de semillas por fruto, número de óvulos por ovario, índice de mazorca, peso húmedo del total de semillas (g), peso seco del total de semillas (g). El coeficiente de variación promedio para este grupo fue de 30.71%.

**Conglomerado 4.** Está formado por los árboles: JA 6A, JA 12A, JA 13A y JA 15A y JA 18A, JA 31A, JA 33A Y JA 40A, dichos árboles fueron influenciados por las variables: peso seco de una semilla (g), peso húmedo del total de semillas (g), ancho de la semilla (cm), largo de la semilla (cm), espesor de la semilla (cm). El coeficiente de variación promedio para este grupo fue de 19.82%.

**Conglomerado 5.** Está formado por los arboles: JA 7A y JA 36A, siendo influenciados por la variable: largo de la hoja (cm), largo desde la base hasta el punto más ancho de la hoja (cm), anchura de sépalo (mm), ancho de la hoja (cm), largo de estilos (mm), ancho del ovario (mm). Este grupo se caracterizó por presentar los valores más altos en las siguientes variables: anchura de sépalo (JA 7A). El coeficiente de variación promedio para este grupo fue de 14.50%.

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

**Conglomerado 7.** Está formado por los árboles: JA 9A, JA 32A y JA 39A. Influenciado por las variables: fibra (%) y grasa (%). El coeficiente de variación promedio para este grupo fue de 26.86%.

**Conglomerado 8.** Está formado por los árboles: JA 10A, JA 35A, JA 37A y JA 38A. Influenciado por las variables: profundidad de surco (cm). El coeficiente de variación promedio para este grupo fue de 45.99%.

**Conglomerado 9.** Está formado por los árboles: JA 20A, y JA 34A. Influenciado por la variable: calcio (mg. l<sup>-1</sup>), fósforo (mg.l<sup>-1</sup>). El coeficiente de variación promedio para este grupo fue de 33.02%.

**Conglomerado 10.** Está formado por el árbol: JA 21A. Influenciado por la variable: humedad total (%). El coeficiente de variación promedio fue de 72.28%.

**Conglomerado 11.** Está formado por el árbol: JA 22A. Influenciado por la variable: número de cojines por metro lineal. El coeficiente de variación promedio fue de 23.72%.

**Conglomerado 12.** Está formado por el árbol: JA 23A. Influenciado por la variable: número de chupones por árbol. El coeficiente de variación promedio fue de 120.98%.

**Conglomerado 13.** Está formado por el árbol: JA 26A. El coeficiente de variación promedio fue de 18.74%.

**Conglomerado 14.** Está formado por el árbol: JA 28A. Influenciado por la variable: número de frutos. El coeficiente de variación promedio fue de 51.72%.

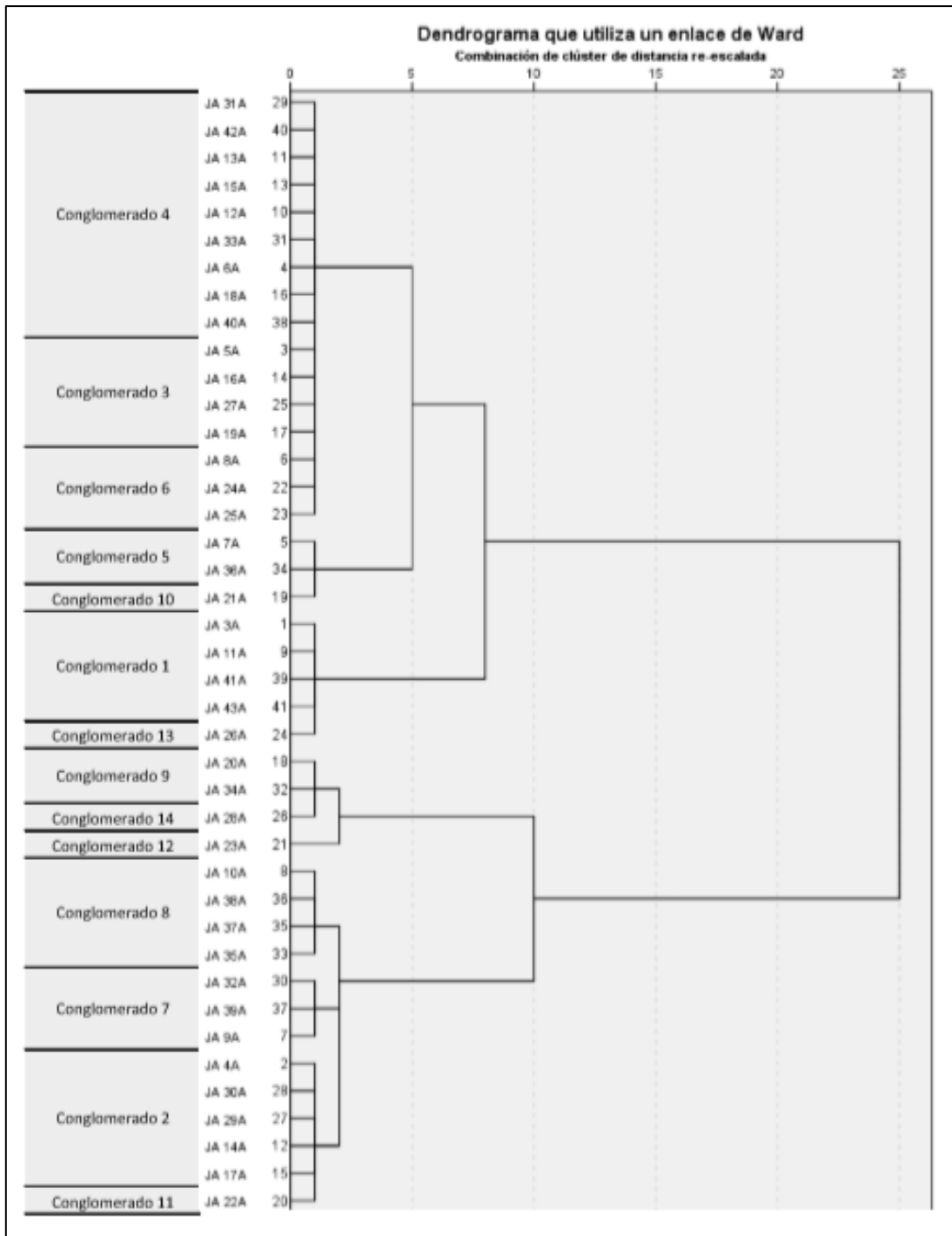


Figura 13. Dendrograma de distancias entre variables cuantitativas provenientes de los 41 árboles de cacao criollo caracterizados en Cangrejera, Izalco, Sonsonate.

CATÁLOGO DE SELECCIONES DE CACAO CRIOLLO Y TRINITARIO EN IZALCO, SONSONATE

Jaime Arévalo 3A



- **Localización:** encontrado en el cantón cangrejera, Izalco, Sonsonate, propiedad de don Jaime Arévalo, latitud norte 13°44'01.5", longitud oeste 89°40'48.9", altitud 384 msnm.
- **Descripción del árbol:** edad de 4 años, arquitectura erecta, vigor intermedio, número de chupones 2.0, una altura de 5.0 m, diámetro a la altura del pecho (DAP) es de 9.40 cm, 40 frutos por árbol.
- **Descripción del fruto:** color amarillo, forma ovado, cascara moderadamente rugosa y débil, constricción basal moderada, forma del ápice agudo, color de pulpa blanco, longitud 14.94 cm, ancho 7.05 cm, espesor de caballete 0.80 cm, profundidad de surco 0.16 cm, espesor de cáscara 0.58 cm, peso de fruto 263.50 g, número de semilla 32, índice de fruto 52.97 mazorca.
- **Descripción de la semilla:** color de semilla crema, forma sección longitudinal oblonga, forma sección transversal aplanada, longitud 2.48 cm, Ancho 1.56 cm, Grosor 1.0 cm, peso seco de una semilla 0.59 g, Índice de semilla 169.49 semillas, número de semilla seca por kg 1,694.92 semillas.
- **Análisis bromatológico:** un pH de 3.50 y 18.0 grados brix en mucilago, humedad parcial 66.37%, humedad total 2.35%, grasa 47.11%, fibra 13.27%, proteína 5.61%, carbohidrato 26.87%, cenizas 7.14%, calcio 0.70 mg.l<sup>-1</sup>, fosforo 0.31 mg.l<sup>-1</sup>, potasio 18.82 mg.l<sup>-1</sup>.

Jaime Arévalo 4A






- **Localización:** encontrado en el cantón cangrejera, Izalco, Sonsonate, propiedad de don Jaime Arévalo, latitud norte 13°44'02.0", longitud oeste 89°40'49.2", altitud 386 msnm.
- **Descripción del árbol:** edad de 4 años, arquitectura erecta, vigor vigoroso, número de chupones 1.0, una altura de 3.35 m, diámetro a la altura del pecho (DAP) es de 10.00 cm, 25 frutos por árbol.
- **Descripción del fruto:** color amarillo verde, forma ovado, cascara moderadamente rugosa y débil, constricción basal moderada, forma del ápice entallado, color de pulpa blanco, longitud 17.64 cm, ancho 7.71 cm, espesor de caballete 1.35 cm, profundidad de surco 0.14 cm, espesor de cáscara 1.10 cm, peso de fruto 441.27 g, número de semilla 33.0, índice de fruto 30.92 mazorca.
- **Descripción de la semilla:** color de semilla rojo oscuro, forma sección longitudinal ovada, forma sección transversal aplanada, longitud 2.62 cm, Ancho 1.41 cm, Grosor 0.98 cm, peso seco de una semilla 0.98 g, Índice de semilla 102.04 semillas, número de semilla seca por kg 1,020.41 semillas.
- **Análisis bromatológico:** un pH de 3.40 y 18.41 grados brix en mucilago, humedad parcial 44.27%, humedad total 2.29%, grasa 54.74%, fibra 13.51%, proteína 9.23%, carbohidrato 17.08%, cenizas 5.44%, calcio 0.70 mg.l<sup>-1</sup>, fosforo 0.26 mg.l<sup>-1</sup>, potasio 12.86 mg.l<sup>-1</sup>.




Jaime Arévalo 5A



- **Localización:** encontrado en el cantón cangrejera, Izalco, Sonsonate, propiedad de don Jaime Arévalo, latitud norte 13°44'02.0", longitud oeste 89°40'49.3", altitud 388 msnm.
- **Descripción del árbol:** edad de 4 años, arquitectura erecta, vigor vigoroso, número de chupones 1, una altura de 3.0 m, diámetro a la altura del pecho (DAP) es de 9.50 cm, 60 frutos por árbol.
- **Descripción del fruto:** color amarillo verde, forma ovado, cascara moderadamente rugosa y débil, constricción basal moderada, forma del ápice entallado, color de pulpa crema claro, longitud 17.78 cm, ancho 7.06 cm, espesor de caballete 1.12 cm, profundidad de surco 0.29 cm, espesor de cáscara 0.77 cm, peso de fruto 315.97 g, número de semilla 31.0, índice de fruto 42.44 mazorca.
- **Descripción de la semilla:** color de semilla blanco, forma sección longitudinal elíptica, forma sección transversal intermedia, longitud 2.36 cm, Ancho 1.37 cm, Grosor 0.93 cm, peso seco de una semilla 0.76 g, Índice de semilla 131.58 semillas, número de semilla seca por kg 1,315.79 semillas.
- **Análisis bromatológico:** un pH de 3.50 y 17.50 grados brix en mucilago, humedad parcial 44.61%, humedad total 2.58%, grasa 48.53%, fibra 12.09%, proteína 9.35%, carbohidrato 23.59%, cenizas 6.44%, calcio 0.50 mg.l<sup>-1</sup>, fosforo 0.24 mg.l<sup>-1</sup>, potasio 16.67 mg.l<sup>-1</sup>.




<p><b>Jaime Arévalo 6A</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Localización:</b> encontrado en el cantón cangrejera, Izalco, Sonsonate, propiedad de don Jaime Arévalo, latitud norte 13°44'02.1", longitud oeste 89°40'49.4", altitud 389 msnm.</li> <li>• <b>Descripción del árbol:</b> edad de 4 años, arquitectura erecta, vigor intermedio, número de chupones 1.0, una altura de 2.25 m, diámetro a la altura del pecho (DAP) es de 6.80 cm, 70 frutos por árbol.</li> <li>• <b>Descripción del fruto:</b> color amarillo verde, forma ovado, cascara moderadamente rugosa y fuerte, contricción basal débil, forma del ápice obtuso, color de pulpa crema claro, longitud 16.44 cm, ancho 7.65 cm, espesor de caballete 1.41 cm, profundidad de surco 0.14 cm, espesor de cáscara 1.00 cm, peso de fruto 401.50 g, número de semilla 30, índice de fruto 41.67 mazorca.</li> <li>• <b>Descripción de la semilla:</b> color de semilla crema, forma sección longitudinal oblonga, forma sección transversal aplanada, longitud 2.01 cm, Ancho 1.05 cm, Grosor 0.62 cm, peso seco de semilla 0.80 g, Índice de semilla 125.00 semillas, número de semilla seca por kg 1,250.00 semillas.</li> <li>• <b>Análisis bromatológico:</b> un pH de 3.90 y 15.20 grados brix en mucilago, humedad parcial 46.32%, humedad total 1.93%, grasa 38.27%, fibra 16.87%, proteína 8.67%, carbohidrato 30.96%, cenizas 5.13%, calcio 2.19 mg.l<sup>-1</sup>, fosforo 0.34 mg.l<sup>-1</sup>, potasio 16.58 mg.l<sup>-1</sup>.</li> </ul>
<p><b>Jaime Arévalo 7A</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Localización:</b> encontrado en el cantón cangrejera, Izalco, Sonsonate, propiedad de don Jaime Arévalo, latitud norte 13°44'02.2", longitud oeste 89°40'89.5", altitud 390 msnm.</li> <li>• <b>Descripción del árbol:</b> edad de 4 años, arquitectura pendulosa, vigor intermedio, número de chupones 5.0, una altura de 3.0 m, diámetro a la altura del pecho (DAP) es de 10.80 cm, 80 frutos por árbol.</li> <li>• <b>Descripción del fruto:</b> color amarillo verde, forma ovado, cascara moderadamente rugosa y fuerte, constricción basal débil, forma del ápice agudo, color de pulpa crema claro, longitud 16.90 cm, ancho 8.43 cm, espesor de caballete 1.66 cm, profundidad de surco 0.33 cm, espesor de cáscara 1.41 cm, peso de fruto 581.77 g, número de semilla 36, índice de fruto 39.68 mazorca.</li> <li>• <b>Descripción de la semilla:</b> color de semilla rojo oscuro, forma sección longitudinal elíptica, forma sección transversal aplanada, longitud 2.22 cm, Ancho 1.27 cm, Grosor 0.84 cm, peso seco de una semilla 0.70 g, Índice de semilla 142.86 semillas, número de semilla seca por kg 1,428.87 semillas.</li> <li>• <b>Análisis bromatológico:</b> un pH de 3.40 y 16.50 grados brix en mucilago, humedad parcial 51.02%, humedad total 1.63%, grasa 41.99%, fibra 14.29%, proteína 8.26%, carbohidrato 29.27%, cenizas 6.19%, calcio 0.70 mg.l<sup>-1</sup>, fosforo 0.33 mg.l<sup>-1</sup>, potasio 14.17 mg.l<sup>-1</sup>.</li> </ul>
<p><b>Jaime Arévalo 8A</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Localización:</b> encontrado en el cantón cangrejera, Izalco, Sonsonate, propiedad de don Jaime Arévalo, latitud norte 13°44'02.2", longitud oeste 89°40'49.6", altitud 388 msnm.</li> <li>• <b>Descripción del árbol:</b> edad de 4 años, arquitectura erecta, vigor vigoroso, una altura de 3.0 m, diámetro a la altura del pecho (DAP) es de 9.50 cm, 40 frutos por árbol.</li> <li>• <b>Descripción del fruto:</b> color amarillo verde, forma ovado, cascara moderadamente rugosa y fuerte, constricción basal moderada, forma del ápice agudo, color de pulpa blanco, longitud 17.34 cm, ancho 7.04 cm, espesor de caballete 1.32 cm, profundidad de surco 0.26 cm, espesor de cáscara 1.08 cm, peso de fruto 381.76 g, número de semilla 32.0, índice de fruto 43.40 mazorca.</li> <li>• <b>Descripción de la semilla:</b> color de semilla rosa, forma sección longitudinal ovada, forma sección transversal intermedia, longitud 2.19 cm, Ancho 1.32 cm, Grosor 0.98 cm, peso seco de semilla 0.72 g, Índice de semilla 138.89 semillas, número de semilla seca por kg 1,388.89 semillas.</li> <li>• <b>Análisis bromatológico:</b> un pH de 4.60 y 18.10 grados brix en mucilago, humedad parcial 41.00%, humedad total 4.21%, grasa 50.17%, fibra 12.95%, proteína 7.85%, carbohidrato 23.34%, cenizas 5.69%, calcio 0.50 mg.l<sup>-1</sup>, fosforo 0.30 mg.l<sup>-1</sup>, potasio 14.34 mg.l<sup>-1</sup>.</li> </ul>






<p style="text-align: center;"><b>Jaime Arévalo 9A</b></p>  <p style="text-align: center;"><b>JA 9A</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Localización:</b> encontrado en el cantón cangrejera, Izalco, Sonsonate, propiedad de don Jaime Arévalo, latitud norte 13°44'02.7", longitud oeste 89°40'49.1", altitud 388 msnm.</li> <li>• <b>Descripción del árbol:</b> edad de 4 años, arquitectura erecta, vigor vigoroso, una altura de 2.50 m, diámetro a la altura del pecho (DAP) es de 6.75 cm, 50 frutos por árbol.</li> <li>• <b>Descripción del fruto:</b> color amarillo, forma ovado, cascara moderadamente rugosa y débil, constricción basal fuerte, forma del ápice entallado, color de pulpa blanco, longitud 16.48 cm, ancho 6.83 cm, espesor de caballete 1.05 cm, profundidad de surco 0.13 cm, espesor de cáscara 0.74 cm, peso de fruto 273.50 g, número de semilla 28, índice de fruto 33.07 mazorca.</li> <li>• <b>Descripción de la semilla:</b> color de semilla crema, forma sección longitudinal oblonga, forma sección transversal aplanada, longitud 2.22 cm, Ancho 1.21 cm, Grosor 0.82 cm, peso seco de una semilla 1.08 g, Índice de semilla 92.59 semillas, número de semilla seca por kg 925.93 semillas.</li> <li>• <b>Análisis bromatológico:</b> un pH de 4.70 y 15.80 grados brix en mucilago, humedad parcial 31.49%, humedad total 1.44%, grasa 35.99%, fibra 7.71%, proteína 11.28%, carbohidrato 40.52%, cenizas 4.50%, calcio 0.80 mg.l<sup>-1</sup>, fósforo 0.33 mg.l<sup>-1</sup>, potasio 12.11 mg.l<sup>-1</sup>.</li> </ul>
<p style="text-align: center;"><b>Jaime Arévalo 10A</b></p>  <p style="text-align: center;"><b>JA 10A</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Localización:</b> encontrado en el cantón cangrejera, Izalco, Sonsonate, propiedad de don Jaime Arévalo, latitud norte 13°44'02.6", longitud oeste 89°40'49.2", altitud 391 msnm.</li> <li>• <b>Descripción del árbol:</b> edad de 4 años, arquitectura erecta, vigor vigoroso, número de chupones 1.0, una altura de 4.50 m, diámetro a la altura del pecho (DAP) es de 8.25 cm, 53 frutos por árbol.</li> <li>• <b>Descripción del fruto:</b> color amarillo verde, forma ovado, cascara moderadamente rugosa y fuerte, constricción basal moderada, forma del ápice entallado, color de pulpa crema claro, longitud 17.59 cm, ancho 8.02 cm, espesor de caballete 1.46 cm, profundidad de surco 0.21 cm, espesor de cáscara 1.02 cm, peso de fruto 483.40 g, número de semilla 32.0, índice de fruto 35.11 mazorca.</li> <li>• <b>Descripción de la semilla:</b> color de semilla rosa, forma sección longitudinal oblonga, forma sección transversal aplanada, longitud 2.36 cm, Ancho 1.27 cm, Grosor 0.85 cm, peso seco de semilla 0.89 g, Índice de semilla 112.36 semillas, número de semilla seca por kg 1,123.60 semillas.</li> <li>• <b>Análisis bromatológico:</b> un pH de 3.50 y 17.70 grados brix en mucilago, humedad parcial 33.96%, humedad total 2.77%, grasa 52.55%, fibra 13.94%, proteína 11.22%, carbohidrato 16.55%, cenizas 5.84%, calcio 0.55 mg.l<sup>-1</sup>, fósforo 0.34 mg.l<sup>-1</sup>, potasio 14.76 mg.l<sup>-1</sup>.</li> </ul>
<p style="text-align: center;"><b>Jaime Arévalo 11A</b></p>  <p style="text-align: center;"><b>JA 11A</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Localización:</b> encontrado en el cantón cangrejera, Izalco, Sonsonate, propiedad de don Jaime Arévalo, latitud norte 13°44'02.1", longitud oeste 89°40'48.8", altitud 385 msnm.</li> <li>• <b>Descripción del árbol:</b> edad de 4 años, arquitectura erecta, vigor intermedio, número de chupones 4.0, una altura de 3.0 m, diámetro a la altura del pecho (DAP) es de 7.50 cm, 35 frutos por árbol.</li> <li>• <b>Descripción del fruto:</b> color amarillo verde, forma ovado, cascara lisa o ligeramente rugosa y débil, constricción basal débil, forma del ápice obtuso, color de pulpa crema claro, longitud 12.05 cm, ancho 7.80 cm, espesor de caballete 1.05 cm, profundidad de surco 0.20 cm, espesor de cáscara 0.95 cm, peso de fruto 226.40 g, número de semilla 31.0, índice de fruto 52.88 mazorca.</li> <li>• <b>Descripción de la semilla:</b> color de semilla crema, forma sección longitudinal elíptica, forma sección transversal intermedia, longitud 1.88 cm, Ancho 1.22 cm, Grosor 0.74 cm, peso seco de una semilla 0.61 g, Índice de semilla 163.93 semillas, número de semilla seca por kg 1,639.34 semillas.</li> <li>• <b>Análisis bromatológico:</b> un pH de 3.70 y 24.10 grados brix en mucilago, humedad parcial 37.89%, humedad total 1.62%, grasa 41.23%, fibra 10.28%, proteína 15.52%, carbohidrato 26.77%, cenizas 6.20%, calcio 0.70 mg.l<sup>-1</sup>, fósforo 0.28 mg.l<sup>-1</sup>, potasio 15.18 mg.l<sup>-1</sup>.</li> </ul>












<p align="center"><b>Jaime Arévalo 12A</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Localización:</b> encontrado en el cantón cangrejera, Izalco, Sonsonate, propiedad de don Jaime Arévalo, latitud norte 13°44'02.0", longitud oeste 89°40'48.7", altitud 389 msnm.</li> <li>• <b>Descripción del árbol:</b> edad de 4 años, arquitectura erecta, vigor intermedio, una altura de 3.25 m, diámetro a la altura del pecho (DAP) es de 7.70 cm, 34 frutos por árbol.</li> <li>• <b>Descripción del fruto:</b> color amarillo, forma elíptica, cascara moderadamente rugosa y fuerte, constricción basal ausente, forma del ápice redondeado, color de pulpa crema claro, longitud 11.04 cm, ancho 7.95 cm, espesor de caballete 0.95 cm, profundidad de surco 0.10 cm, espesor de cáscara 0.94 cm, peso de fruto 339.75 g, número de semilla 24.0, índice de fruto 52.74 mazorca.</li> <li>• <b>Descripción de la semilla:</b> color de semilla blanco, forma sección longitudinal ovada, forma sección transversal intermedia, longitud 1.89 cm, Ancho 1.32 cm, Grosor 0.79 cm, peso seco de semilla 0.79 g, Índice de semilla 126.58 semillas, número de semilla seca por kg 1,265.82 semillas.</li> <li>• <b>Análisis bromatológico:</b> un pH de 3.57 y 18.97 grados brix en mucilago, humedad parcial 26.66%, humedad total 2.64%, grasa 53.12%, fibra 21.79%, proteína 12.66%, carbohidrato 7.44%, cenizas 4.99%, calcio 0.45 mg.l<sup>-1</sup>, fosforo 0.26 mg.l<sup>-1</sup>, potasio 12.82 mg.l<sup>-1</sup>.</li> </ul>
<p align="center"><b>Jaime Arévalo 13A</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Localización:</b> encontrado en el cantón cangrejera, Izalco, Sonsonate, propiedad de don Jaime Arévalo, latitud norte 13°44'01.9", longitud oeste 89°40'48.6", altitud 390 msnm.</li> <li>• <b>Descripción del árbol:</b> edad de 4 años, arquitectura erecta, vigor vigoroso, número de chupones 1, una altura de 3.25 m, diámetro a la altura del pecho (DAP) es de 6.35 cm, 27 frutos por árbol.</li> <li>• <b>Descripción del fruto:</b> color amarillo verde, forma ovado, cascara moderadamente rugosa y moderada, constricción basal débil, forma del ápice obtuso, color de pulpa crema claro, longitud 14.20 cm, ancho 8.42 cm, espesor de caballete 1.41 cm, profundidad de surco 0.32 cm, espesor de cáscara 1.52 cm, peso de fruto 408.35 g, número de semilla 27.0, índice de fruto 46.88 mazorca.</li> <li>• <b>Descripción de la semilla:</b> color de semilla rojo oscuro, forma sección longitudinal irregular, forma sección transversal intermedio, longitud 1.90 cm, Ancho 1.05 cm, Grosor 1.77 cm, peso seco de una semilla 0.79 g, Índice de semilla 126.58 semillas, número de semilla seca por kg 1,265.82 semillas.</li> <li>• <b>Análisis bromatológico:</b> un pH de 4.60 y 20.10 grados brix en mucilago, humedad parcial 39.47%, humedad total 1.58%, grasa 32.54%, fibra 22.09%, proteína 14.75%, carbohidrato 26.33%, cenizas 4.29%, calcio 1.30 mg.l<sup>-1</sup>, fosforo 0.32 mg.l<sup>-1</sup>, potasio 12.52 mg.l<sup>-1</sup>.</li> </ul>
<p align="center"><b>Jaime Arévalo 14A</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Localización:</b> encontrado en el cantón cangrejera, Izalco, Sonsonate, propiedad de don Jaime Arévalo, latitud norte 13°44'02.1", longitud oeste 89°40'48.9", altitud 389 msnm.</li> <li>• <b>Descripción del árbol:</b> edad de 4 años, arquitectura erecta, vigor vigoroso, una altura de 2.50 m, diámetro a la altura del pecho (DAP) es de 9.00 cm, 68 frutos por árbol.</li> <li>• <b>Descripción del fruto:</b> color amarillo, forma elíptica, cascara moderadamente rugosa y fuerte, constricción basal ausente, forma del ápice redondeado, color de pulpa blanco, longitud 13.33 cm, ancho 9.81 cm, espesor de caballete 1.82 cm, profundidad de surco 0.31 cm, espesor de cáscara 1.41 cm, peso de fruto 491.10 g, número de semilla 24, índice de fruto 42.52 mazorca.</li> <li>• <b>Descripción de la semilla:</b> color de semilla purpura oscuro, forma sección longitudinal ovada, forma sección transversal aplanada, longitud 2.37 cm, Ancho 1.27 cm, Grosor 1.81 cm, peso seco de semilla 0.98 g, Índice de semilla 102.04 semillas, número de semilla seca por kg 1,020.41 semillas.</li> <li>• <b>Análisis bromatológico:</b> un pH de 4.00 y 22.10 grados brix en mucilago, humedad parcial 32.64%, humedad total 2.22%, grasa 49.14%, fibra 23.41%, proteína 14.08%, carbohidrato 9.16%, cenizas 3.49%, calcio 0.50 mg.l<sup>-1</sup>, fosforo 0.28 mg.l<sup>-1</sup>, potasio 11.33 mg.l<sup>-1</sup>.</li> </ul>




<p><b>Jaime Arévalo 15A</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Localización:</b> encontrado en el cantón cangrejera, Izalco, Sonsonate, propiedad de don Jaime Arévalo, latitud norte 13°44'02.3", longitud oeste 89°40'48.5", altitud 389 msnm.</li> <li>• <b>Descripción del árbol:</b> edad de 4 años, arquitectura erecta, vigor intermedio, una altura de 3.0 m, diámetro a la altura del pecho (DAP) es de 8.50 cm, 36 frutos por árbol.</li> <li>• <b>Descripción del fruto:</b> color amarillo, forma ovado, cascara moderadamente rugosa y fuerte, constricción basal débil, forma del ápice obtuso, color de pulpa blanco, longitud 13.61 cm, ancho 8.23 cm, espesor de caballete 1.55 cm, profundidad de surco 0.21 cm, espesor de cáscara 1.41 cm, peso de fruto 422.10 g, número de semilla 29, índice de fruto 44.78 mazorca.</li> <li>• <b>Descripción de la semilla:</b> color de semilla purpura oscuro, forma sección longitudinal ovada, forma sección transversal intermedia, longitud 2.11 cm, Ancho 1.26 cm, Grosor 0.72 cm, peso seco de una semilla 0.77 g, Índice de semilla 129.87 semillas, número de semilla seca por kg 1,298.70 semillas.</li> <li>• <b>Análisis bromatológico:</b> un pH de 4.20 y 21.40 grados brix en mucilago, humedad parcial 34.49%, humedad total 2.12%, grasa 39.06%, fibra 27.49%, proteína 14.52%, carbohidrato 18.29%, cenizas 3.64%, calcio 0.70 mg.l<sup>-1</sup>, fosforo 0.28 mg.l<sup>-1</sup>, potasio 9.99 mg.l<sup>-1</sup>.</li> </ul>
<p><b>Jaime Arévalo 16A</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Localización:</b> encontrado en el cantón cangrejera, Izalco, Sonsonate, propiedad de don Jaime Arévalo, latitud norte 13°44'02.5", longitud oeste 89°40'48.6", altitud 388 msnm.</li> <li>• <b>Descripción del árbol:</b> edad de 4 años, arquitectura erecta, vigor vigoroso, una altura de 2.50 m, diámetro a la altura del pecho (DAP) es de 6.50 cm, 38 frutos por árbol.</li> <li>• <b>Descripción del fruto:</b> color amarillo, forma circular, cascara moderadamente rugosa y fuerte, constricción basal ausente, forma del ápice redondeado, color de pulpa crema oscuro, longitud 11.23 cm, ancho 7.66 cm, espesor de caballete 1.62 cm, profundidad de surco 0.22 cm, espesor de cáscara 1.18 cm, peso de fruto 317.28 g, número de semilla 29, índice de fruto 43.65 mazorca.</li> <li>• <b>Descripción de la semilla:</b> color de semilla jaspeado, forma sección longitudinal ovada, forma sección transversal intermedia, longitud 2.25 cm, Ancho 1.44 cm, Grosor 0.87 cm, peso seco de semilla 0.79 g, Índice de semilla 126.58 semillas, número de semilla seca por kg 1,265.82 semillas.</li> <li>• <b>Análisis bromatológico:</b> un pH de 4.50 y 20.80 grados brix en mucilago, humedad parcial 46.39%, humedad total 2.76%, grasa 44.24%, fibra 12.28%, proteína 8.78%, carbohidrato 29.11%, cenizas 5.59%, calcio 0.30 mg.l<sup>-1</sup>, fosforo 0.25 mg.l<sup>-1</sup>, potasio 15.36 mg.l<sup>-1</sup>.</li> </ul>
<p><b>Jaime Arévalo 17A</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Localización:</b> encontrado en el cantón cangrejera, Izalco, Sonsonate, propiedad de don Jaime Arévalo, latitud norte 13°44'02.7", longitud oeste 89°40'49.0", altitud 384 msnm.</li> <li>• <b>Descripción del árbol:</b> edad de 4 años, arquitectura erecta, vigor vigoroso, una altura de 4.0 m, diámetro a la altura del pecho (DAP) es de 6.80 cm, 53 frutos por árbol.</li> <li>• <b>Descripción del fruto:</b> color amarillo verde, forma ovado, cascara moderadamente rugosa y moderada, constricción basal débil, forma del ápice obtuso, color de pulpa crema claro, longitud 16.25 cm, ancho 7.69 cm, espesor de caballete 1.80 cm, profundidad de surco 0.40 cm, espesor de cáscara 1.58 cm, peso de fruto 466.00 g, número de semilla 28, índice de fruto 33.69 mazorca.</li> <li>• <b>Descripción de la semilla:</b> color de semilla rojo oscuro, forma sección longitudinal oblonga, forma sección transversal aplanada, longitud 2.34 cm, Ancho 1.31 cm, Grosor 0.85 cm, peso seco de una semilla 1.06 g, Índice de semilla 94.34 semillas, número de semilla seca por kg 943.40 semillas.</li> <li>• <b>Análisis bromatológico:</b> un pH de 5.40 y 24.80 grados brix en mucilago, humedad parcial 35.27%, humedad total 2.03%, grasa 46.44%, fibra 9.86%, proteína 12.37%, carbohidrato 25.48%, cenizas 5.85%, calcio 0.65 mg.l<sup>-1</sup>, fosforo 0.29 mg.l<sup>-1</sup>, potasio 14.84 mg.l<sup>-1</sup>.</li> </ul>

<p style="text-align: center;"><b>Jaime Arévalo 18A</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Localización:</b> encontrado en el cantón cangrejera, Izalco, Sonsonate, propiedad de don Jaime Arévalo, latitud norte 13°44'02.9", longitud oeste 89°40'48.6", altitud 383 msnm.</li> <li>• <b>Descripción del árbol:</b> edad de 4 años, arquitectura erecta, vigor vigoroso, número de chupones 9, una altura de 4.0 m, diámetro a la altura del pecho (DAP) es de 8.00 cm, 40 frutos por árbol.</li> <li>• <b>Descripción del fruto:</b> color rojo medio, forma ovado, cascara moderadamente rugosa y fuerte, constricción basal débil, forma del ápice entallado, color de pulpa crema claro, longitud 15.74 cm, ancho 7.41 cm, espesor de caballete 1.49 cm, profundidad de surco 0.33 cm, espesor de cáscara 1.17 cm, peso de fruto 394.30 g, número de semilla 36, índice de fruto 36.08 mazorca.</li> <li>• <b>Descripción de la semilla:</b> color de semilla jaspeado, forma sección longitudinal oblonga, forma sección transversal aplanada, longitud 2.23 cm, Ancho 1.23 cm, Grosor 0.98 cm, peso seco de semilla 0.77 g, Índice de semilla 129.87 semillas, número de semilla seca por kg 1,298.70 semillas.</li> <li>• <b>Análisis bromatológico:</b> un pH de 4.90 y 28.80 grados brix en mucilago, humedad parcial 43.54%, humedad total 2.90%, grasa 43.19%, fibra 19.09%, proteína 10.37%, carbohidrato 23.46%, cenizas 3.89%, calcio 1.60 mg.l<sup>-1</sup>, fosforo 030 mg.l<sup>-1</sup>, potasio 12.92 mg.l<sup>-1</sup>.</li> </ul>
<p style="text-align: center;"><b>Jaime Arévalo 19A</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Localización:</b> encontrado en el cantón cangrejera, Izalco, Sonsonate, propiedad de don Jaime Arévalo, latitud norte 13°44'02.7", longitud oeste 89°40'48.0", altitud 381 msnm.</li> <li>• <b>Descripción del árbol:</b> edad de 4 años, arquitectura erecta, vigor intermedia, una altura de 2,50 m, diámetro a la altura del pecho (DAP) es de 6.00 cm, 50 frutos por árbol.</li> <li>• <b>Descripción del fruto:</b> color anaranjado, forma ovado, cascara lisa o ligeramente rugosa y moderada, constricción basal moderada, forma del ápice obtuso, color de pulpa crema claro, longitud 14.20 cm, ancho 7.29 cm, espesor de caballete 0.95 cm, profundidad de surco 0.14 cm, espesor de cáscara 0.70 cm, peso de fruto 285.15 g, número de semilla 40, índice de fruto 30.49 mazorca.</li> <li>• <b>Descripción de la semilla:</b> color de semilla purpura oscuro, forma sección longitudinal oblonga, forma sección transversal intermedia, longitud 2.24 cm, Ancho 1.25 cm, Grosor 0.74 cm, peso seco de una semilla 0.82 g, Índice de semilla 121.95 semillas, número de semilla seca por kg 1,219.51 semillas.</li> <li>• <b>Análisis bromatológico:</b> un pH de 4.50 y 23.50 grados brix en mucilago, humedad parcial 34.43%, humedad total 2.06%, grasa 29.65%, fibra 25.15%, proteína 15.02%, carbohidrato 26.79%, cenizas 3.39%, calcio 0.50 mg.l<sup>-1</sup>, fosforo 0.26 mg.l<sup>-1</sup>, potasio 10.12 mg.l<sup>-1</sup>.</li> </ul>
<p style="text-align: center;"><b>Jaime Arévalo 20A</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Localización:</b> encontrado en el cantón cangrejera, Izalco, Sonsonate, propiedad de don Jaime Arévalo, latitud norte 13°44'02.8", longitud oeste 89°40'48.2", altitud 388 msnm.</li> <li>• <b>Descripción del árbol:</b> edad de 4 años, arquitectura erecta, vigor intermedio, una altura de 3.0 m, diámetro a la altura del pecho (DAP) es de 11.00 cm, 35 frutos por árbol.</li> <li>• <b>Descripción del fruto:</b> color amarillo verde, forma ovado, cascara moderadamente rugosa y fuerte, constricción basal débil, forma del ápice agudo, color de pulpa crema claro, longitud 21.70 cm, ancho 9.56 cm, espesor de caballete 2.00 cm, profundidad de surco 0.29 cm, espesor de cáscara 1.32 cm, peso de fruto 725.78 g, número de semilla 35.0, índice de fruto 26.21 mazorca.</li> <li>• <b>Descripción de la semilla:</b> color de semilla rosa, forma sección longitudinal ovada, forma sección transversal intermedia, longitud 2.17 cm, Ancho 1.36 cm, Grosor 0.95 cm, peso seco de semilla 1.09 g, Índice de semilla 91.74 semillas, número de semilla seca por kg 917.43 semillas.</li> <li>• <b>Análisis bromatológico:</b> un pH de 3.90 y 12.40 grados brix en mucilago, humedad parcial 33.22%, humedad total 3.18%, grasa 48.52, fibra 14.02%, proteína 10.61%, carbohidrato 21.51%, cenizas 5.34%, calcio 0.60 mg.l<sup>-1</sup>, fosforo 0.26 mg.l<sup>-1</sup>, potasio 13.92 mg.l<sup>-1</sup>.</li> </ul>






<p style="text-align: center;"><b>Jaime Arévalo 21A</b></p>  <p style="text-align: center;"><b>JA 21A</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Localización:</b> encontrado en el cantón cangrejera, Izalco, Sonsonate, propiedad de don Jaime Arévalo, latitud norte 13°44'02.9", longitud oeste 89°40'48.6", altitud 387 msnm.</li> <li>• <b>Descripción del árbol:</b> edad de 4 años, arquitectura erecta, vigor vigoroso, una altura de 5 m, diámetro a la altura del pecho (DAP) es de 7.50 cm, 45 frutos por árbol.</li> <li>• <b>Descripción del fruto:</b> color rojo medio, forma ovado, cascara moderadamente rugosa y moderada, constricción basal débil, forma del ápice agudo, color de pulpa crema claro, longitud 22.70 cm, ancho 8.05 cm, espesor de caballete 2.35 cm, profundidad de surco 0.71 cm, espesor de cáscara 1.86 cm, peso de fruto 524.51 g, número de semilla 29.0, índice de fruto 49.98 mazorca.</li> <li>• <b>Descripción de la semilla:</b> color de semilla crema, forma sección longitudinal ovada, forma sección transversal redondeada, longitud 1.90 cm, Ancho 1.30 cm, Grosor 1.0 cm, peso seco de una semilla 0.69 g, Índice de semilla 144.93 semillas, número de semilla seca por kg 1,449.28 semillas.</li> <li>• <b>Análisis bromatológico:</b> un pH de 4.30 y 24.10 grados brix en mucilago, humedad parcial 45.85%, humedad total 2.76%, grasa 44.81%, fibra 17.59%, proteína 9.44%, carbohidrato 21.86%, cenizas 6.30%, calcio 0.70 mg.l<sup>-1</sup>, fosforo 0.31 mg.l<sup>-1</sup>, potasio 16.34 mg.l<sup>-1</sup>.</li> </ul>
<p style="text-align: center;"><b>Jaime Arévalo 22A</b></p>  <p style="text-align: center;"><b>JA 22A</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Localización:</b> encontrado en el cantón cangrejera, Izalco, Sonsonate, propiedad de don Jaime Arévalo, latitud norte 13°44'02.6", longitud oeste 89°40'48.1", altitud 381 msnm.</li> <li>• <b>Descripción del árbol:</b> edad de 4 años, arquitectura erecta, vigor intermedio, una altura de 4.0 m, diámetro a la altura del pecho (DAP) es de 9.50 cm, 25 frutos por árbol.</li> <li>• <b>Descripción del fruto:</b> color amarillo verde, forma ovado, cascara moderadamente rugosa y fuerte, constricción basal débil, forma del ápice entallado, color de pulpa crema claro, longitud 19.50 cm, ancho 8.91 cm, espesor de caballete 1.31 cm, profundidad de surco 0.21 cm, espesor de cáscara 1.11 cm, peso de fruto 474.90 g, número de semilla 18, índice de fruto 42.41 mazorca.</li> <li>• <b>Descripción de la semilla:</b> color de semilla purpura oscuro, forma sección longitudinal ovada, forma sección transversal intermedia, longitud 2.37 cm, Ancho 1.32 cm, Grosor 0.90 cm, peso seco de semilla 0.31 g, Índice de semilla 76.34 semillas, número de semilla seca por kg 766.36 semillas.</li> <li>• <b>Análisis bromatológico:</b> un pH de 3.90 y 19.50 grados brix en mucilago, humedad parcial 27.16%, humedad total 2.17%, grasa 35.43%, fibra 33.50%, proteína 16.25%, carbohidrato 11.33%, cenizas 3.49%, calcio 0.80 mg.l<sup>-1</sup>, fosforo 0.31 mg.l<sup>-1</sup>, potasio 9.48 mg.l<sup>-1</sup>.</li> </ul>
<p style="text-align: center;"><b>Jaime Arévalo 23</b></p>  <p style="text-align: center;"><b>JA 23A</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Localización:</b> encontrado en el cantón cangrejera, Izalco, Sonsonate, propiedad de don Jaime Arévalo, latitud norte 13°44'03.3", longitud oeste 89°40'49.3", altitud 381 msnm.</li> <li>• <b>Descripción del árbol:</b> edad de 4 años, arquitectura erecta, vigor intermedio, una altura de 3.0 m, diámetro a la altura del pecho (DAP) es de 9.50 cm, 69 frutos por árbol.</li> <li>• <b>Descripción del fruto:</b> color amarillo verde, forma ovado, cascara moderadamente rugosa y fuerte, constricción basal asunte, forma del ápice entallado, color de pulpa blanco, longitud 24.50 cm, ancho 8.41 cm, espesor de caballete 1.85 cm, profundidad de surco 0.35 cm, espesor de cáscara 1.45 cm, peso de fruto 747.95 g, número de semilla 40, índice de fruto 16.34 mazorca.</li> <li>• <b>Descripción de la semilla:</b> color de semilla rojo oscuro, forma sección longitudinal ovada, forma sección transversal intermedia, longitud 3.72 cm, Ancho 2.41 cm, Grosor 1.14 cm, peso seco de una semilla 1.53 g, Índice de semilla 65.36 semillas, número de semilla seca por kg 653.59 semillas.</li> <li>• <b>Análisis bromatológico:</b> un pH de 4.0 y 20.10 grados brix en mucilago, humedad parcial 31.33%, humedad total 2.62%, grasa 44.42%, fibra 23.56%, proteína 16.55%, carbohidrato 11.78%, cenizas 3.52%, calcio 0.70 mg.l<sup>-1</sup>, fosforo 0.32 mg.l<sup>-1</sup>, potasio 10.47 mg.l<sup>-1</sup>.</li> </ul>

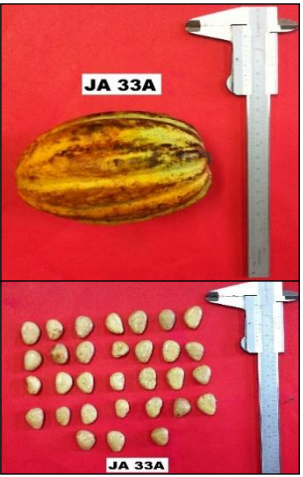


<p><b>Jaime Arévalo 24A</b></p>  <p>JA 24A</p>  <p>JA 24A</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Localización:</b> encontrado en el cantón cangrejera, Izalco, Sonsonate, propiedad de don Jaime Arévalo, latitud norte 13°44'03.1", longitud oeste 89°40'48.9", altitud 385 msnm.</li> <li>• <b>Descripción del árbol:</b> edad de 4 años, arquitectura erecta, vigor intermedio, una altura de 5.0 m, diámetro a la altura del pecho (DAP) es de 9.50 cm, 65 frutos por árbol.</li> <li>• <b>Descripción del fruto:</b> color rojo medio, forma ovado, cascara moderadamente rugosa y débil, constricción basal moderada, forma del ápice entallado, color de pulpa crema claro, longitud 17.93 cm, ancho 7.19 cm, espesor de caballete 1.63 cm, profundidad de surco 0.60 cm, espesor de cáscara 1.30 cm, peso de fruto 368.65 g, número de semilla 32.0, índice de fruto 42.23 mazorca.</li> <li>• <b>Descripción de la semilla:</b> color de semilla jaspeado, forma sección longitudinal ovada, forma sección transversal redondeada, longitud 1.80 cm, Ancho 1.24 cm, Grosor 0.90 cm, peso seco de semilla 0.74 g, Índice de semilla 135.14 semillas, número de semilla seca por kg 1,351.35 semillas.</li> <li>• <b>Análisis bromatológico:</b> un pH de 3.60 y 17.50 grados brix en mucilago, humedad parcial 39.45%, humedad total 2.54%, grasa 49.53%, fibra 14.17%, proteína 9.39%, carbohidrato 21.36%, cenizas 5.55%, calcio 0.65 mg.l<sup>-1</sup>, fosforo 0.04 mg.l<sup>-1</sup>, potasio 14.75 mg.l<sup>-1</sup>.</li> </ul>
<p><b>Jaime Arévalo 25A</b></p>  <p>JA 25A</p>  <p>JA 25A</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Localización:</b> encontrado en el cantón cangrejera, Izalco, Sonsonate, propiedad de don Jaime Arévalo, latitud norte 13°44'03.1", longitud oeste 89°40'48.9", altitud 386 msnm.</li> <li>• <b>Descripción del árbol:</b> edad de 4 años, arquitectura erecta, vigor vigoroso, una altura de 5.0 m, diámetro a la altura del pecho (DAP) es de 8.50 cm, 65 frutos por árbol.</li> <li>• <b>Descripción del fruto:</b> color amarillo verde, forma ovado, cascara moderadamente rugosa y fuerte, constricción basal ausente, forma del ápice obtuso, color de pulpa blanco, longitud 14.58 cm, ancho 8.17 cm, espesor de caballete 1.73 cm, profundidad de surco 0.26 cm, espesor de cáscara 1.21 cm, peso de fruto 525.45 g, número de semilla 39.0, índice de fruto 36.11 mazorca.</li> <li>• <b>Descripción de la semilla:</b> color de semilla jaspeado, forma sección longitudinal elíptica, forma sección transversal aplanada, longitud 2.09 cm, Ancho 1.16 cm, Grosor 0.72 cm, peso seco de una semilla 0.71 g, Índice de semilla 140.85 semillas, número de semilla seca por kg 1,408.45 semillas.</li> <li>• <b>Análisis bromatológico:</b> un pH de 4.00 y 16.50 grados brix en mucilago, humedad parcial 38.05%, humedad total 1.84%, grasa 49.50%, fibra 14.10%, proteína 10.04%, carbohidrato 21.17%, cenizas 5.19%, calcio 0.80 mg.l<sup>-1</sup>, fosforo 0.29 mg.l<sup>-1</sup>, potasio 13.36 mg.l<sup>-1</sup>.</li> </ul>
<p><b>Jaime Arévalo 26A</b></p>  <p>JA 26A</p>  <p>JA 26A</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Localización:</b> encontrado en el cantón cangrejera, Izalco, Sonsonate, propiedad de don Jaime Arévalo, latitud norte 13°44'03.2", longitud oeste 89°40'48.9", altitud 386 msnm.</li> <li>• <b>Descripción del árbol:</b> edad de 4 años, arquitectura erecta, vigor intermedio, número de chupones 1.0, una altura de 4.50 m, diámetro a la altura del pecho (DAP) es de 6.00 cm, 58 frutos por árbol.</li> <li>• <b>Descripción del fruto:</b> color amarillo verde, forma ovado, cascara moderadamente rugosa y fuerte, constricción basal moderada, forma del ápice agudo, color de pulpa crema oscuro, longitud 16.11 cm, ancho 8.82 cm, espesor de caballete 1.51 cm, profundidad de surco 0.31 cm, espesor de cáscara 1.21 cm, peso de fruto 468.50 g, número de semilla 21, índice de fruto 79.37 mazorca.</li> <li>• <b>Descripción de la semilla:</b> color de semilla jaspeado, forma sección longitudinal ovada, forma sección transversal intermedia, longitud 2.45 cm, Ancho 1.37 cm, Grosor 0.89 cm, peso seco de semilla 0.60 g, Índice de semilla 166.67 semillas, número de semilla seca por kg 1,666.67 semillas.</li> <li>• <b>Análisis bromatológico:</b> un pH de 4.50 y 18.50 grados brix en mucilago, humedad parcial 39.08%, humedad total 1.19%, grasa 52.05%, fibra 9.62%, proteína 12.16%, carbohidrato 22.27%, cenizas 3.90%, calcio 0.60 mg.l<sup>-1</sup>, fosforo 0.29 mg.l<sup>-1</sup>, potasio 12.74 mg.l<sup>-1</sup>.</li> </ul>




<p style="text-align: center;"><b>Jaime Arévalo 27A</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Localización:</b> encontrado en el cantón cangrejera, Izalco, Sonsonate, propiedad de don Jaime Arévalo, latitud norte 13°44'03.3", longitud oeste 89°40'48.7", altitud 386 msnm.</li> <li>• <b>Descripción del árbol:</b> Edad de 4 años, arquitectura erecta, vigor intermedio, una altura de 4.0 m, diámetro a la altura del pecho (DAP) es de 9.50 cm, 41 frutos por árbol.</li> <li>• <b>Descripción del fruto:</b> color amarillo, forma obovado, cascara moderadamente rugosa y fuerte, constricción basal moderada, forma del ápice entallado, color de pulpa crema claro, longitud 14.31 cm, ancho 6.89 cm, espesor de caballete 1.79 cm, profundidad de surco 0.22 cm, espesor de cáscara 0.83 cm, peso de fruto 271.10 g, número de semilla 22, índice de fruto 60.61 mazorca.</li> <li>• <b>Descripción de la semilla:</b> color de semilla rojo oscuro, forma sección longitudinal ovada, forma sección transversal intermedia, longitud 1.91 cm, Ancho 1.20 cm, Grosor 0.96 cm, peso seco de una semilla 0.75 g, Índice de semilla 133.33 semillas, número de semilla seca por kg 1,333.33 semillas.</li> <li>• <b>Análisis bromatológico:</b> un pH de 5.40 y 11.20 grados brix en mucilago, humedad parcial 39.23%, humedad total 1.67%, grasa 38.94%, fibra 21.42%, proteína 10.88%, carbohidrato 23.08%, cenizas 5.68%, calcio 0.80 mg.l<sup>-1</sup>, fósforo 0.30 mg.l<sup>-1</sup>, potasio 15.40 mg.l<sup>-1</sup>.</li> </ul>
<p style="text-align: center;"><b>Jaime Arévalo 28A</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Localización:</b> encontrado en el cantón cangrejera, Izalco, Sonsonate, propiedad de don Jaime Arévalo, latitud norte 13°44'03.3", longitud oeste 89°40'48.8", altitud 385 msnm.</li> <li>• <b>Descripción del árbol:</b> edad de 4 años, arquitectura erecta, vigor vigorosa, una altura de 5.0 m, diámetro a la altura del pecho (DAP) es de 11.00 cm, 7 frutos por árbol.</li> <li>• <b>Descripción del fruto:</b> color amarillo, forma elíptica, cascara lisa o ligeramente rugosa y fuerte, constricción basal ausente, forma del ápice redondeado, color de pulpa blanco, longitud 17.00 cm, ancho 10.00 cm, espesor de caballete 2.50 cm, profundidad de surco 0.11 cm, espesor de cáscara 2.11 cm, peso de fruto 883.10 g, número de semilla 31.0, índice de fruto 30.72 mazorca.</li> <li>• <b>Descripción de la semilla:</b> color de semilla purpura oscuro, forma sección longitudinal ovada, forma sección transversal intermedia, longitud 2.31 cm, Ancho 1.40 cm, Grosor 0.93 cm, peso seco de una semilla 1.05 g, Índice de semilla 95.24 semillas, número de semilla seca por kg 952.38 semillas.</li> <li>• <b>Análisis bromatológico:</b> un pH de 4.00 y 21.50 grados brix en mucilago, humedad parcial 37.22%, humedad total 1.94%, grasa 37.53%, fibra 20.73%, proteína 17.15%, carbohidrato 20.51%, cenizas 4.08%, calcio 0.60 mg.l<sup>-1</sup>, fósforo 0.30 mg.l<sup>-1</sup>, potasio 11.85 mg.l<sup>-1</sup>.</li> </ul>
<p style="text-align: center;"><b>Jaime Arévalo 29A</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Localización:</b> encontrado en el cantón cangrejera, Izalco, Sonsonate, propiedad de don Jaime Arévalo, latitud norte 13°44'03.6", longitud oeste 89°40'49.0", altitud 382 msnm.</li> <li>• <b>Descripción del árbol:</b> edad de 4 años, arquitectura erecta, vigor vigorosa, una altura de 4.50 m, diámetro a la altura del pecho (DAP) es de 9.00 cm, 11 frutos por árbol.</li> <li>• <b>Descripción del fruto:</b> color amarillo, forma ovado, cascara moderadamente rugosa y moderada, constricción basal débil, forma del ápice agudo, color de pulpa crema oscuro, longitud 17.73 cm, ancho 7.32 cm, espesor de caballete 1.29 cm, profundidad de surco 0.29 cm, espesor de cáscara 1.19 cm, peso de fruto 389.47 g, número de semilla 34.0, índice de fruto 30.01 mazorca.</li> <li>• <b>Descripción de la semilla:</b> color de semilla jaspeado, forma sección longitudinal oblonga, forma sección transversal intermedia, longitud 2.51 cm, Ancho 1.38 cm, Grosor 1.97 cm, peso seco de una semilla 0.98 g, Índice de semilla 102.04 semillas, número de semilla seca por kg 1,020.41 semillas.</li> <li>• <b>Análisis bromatológico:</b> un pH de 3.50 y 17.40 grados brix en mucilago, humedad parcial 41.70%, humedad total 2.59%, grasa 53.47%, fibra 9.61%, proteína 9.88%, carbohidrato 20.45%, cenizas 6.59%, calcio 0.60 mg.l<sup>-1</sup>, fósforo 0.33 mg.l<sup>-1</sup>, potasio 17.57 mg.l<sup>-1</sup>.</li> </ul>






<p style="text-align: center;"><b>Jaime Arévalo 30A</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Localización:</b> encontrado en el cantón cangrejera, Izalco, Sonsonate, propiedad de don Jaime Arévalo, latitud norte 13°44'03.2", longitud oeste 89°40'48.5", altitud 379 msnm.</li> <li>• <b>Descripción del árbol:</b> edad de 4 años, arquitectura erecta, vigor intermedio, una altura de 3.0 m, diámetro a la altura del pecho (DAP) es de 9.50 cm, 43 frutos por árbol.</li> <li>• <b>Descripción del fruto:</b> color amarillo verde, forma ovado, cascara lisa o ligeramente rugosa y moderada, constricción basal débil, forma del ápice agudo, color de pulpa crema claro, longitud 16.29 cm, ancho 8.32 cm, espesor de caballete 1.30 cm, profundidad de surco 0.15 cm, espesor de cáscara 1.15 cm, peso de fruto 444.95 g, número de semilla 35.0, índice de fruto 29.15 mazorca.</li> <li>• <b>Descripción de la semilla:</b> color de semilla jaspeado, forma sección longitudinal ovada, forma sección transversal aplanada, longitud 2.31 cm, Ancho 1.36 cm, Grosor 0.84 cm, peso seco de semilla 0.98 g, Índice de semilla 102.04 semillas, número de semilla seca por kg 1,020.41 semillas.</li> <li>• <b>Análisis bromatológico:</b> un pH de 3.00 y 16.50 grados brix en mucilago, humedad parcial 33.00%, humedad total 2.53%, grasa 43.17%, fibra 16.87%, proteína 11.64%, carbohidrato 23.52%, cenizas 4.80%, calcio 0.40 mg.l<sup>-1</sup>, fosforo 0.31 mg.l<sup>-1</sup>, potasio 12.07 mg.l<sup>-1</sup>.</li> </ul>
<p style="text-align: center;"><b>Jaime Arévalo 31A</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Localización:</b> encontrado en el cantón cangrejera, Izalco, Sonsonate, propiedad de don Jaime Arévalo, latitud norte 13°44'02.9", longitud oeste 89°40'48.7", altitud 381 msnm.</li> <li>• <b>Descripción del árbol:</b> edad de 4 años, arquitectura erecta, vigor intermedio, número de chupones 8.0, una altura de 3.50 m, diámetro a la altura del pecho (DAP) es de 9.00 cm, 6 frutos por árbol.</li> <li>• <b>Descripción del fruto:</b> color amarillo, forma ovado, cascara moderadamente rugosa y fuerte, constricción basal moderada, forma del ápice agudo, color de pulpa crema claro, longitud 18.07 cm, ancho 7.69 cm, espesor de caballete 1.42 cm, profundidad de surco 0.29 cm, espesor de cáscara 1.34 cm, peso de fruto 416.57 g, número de semilla 24, índice de fruto 47.89 mazorca.</li> <li>• <b>Descripción de la semilla:</b> color de semilla rojo oscuro, forma sección longitudinal ovada, forma sección transversal intermedia, longitud 1.95 cm, Ancho 1.22 cm, Grosor 1.01 cm, peso seco de una semilla 0.87 g, Índice de semilla 114.94 semillas, número de semilla seca por kg 1,149.43 semillas.</li> <li>• <b>Análisis bromatológico:</b> un pH de 3.80 y 20.60 grados brix en mucilago, humedad parcial 33.60%, humedad total 2.86%, grasa 44.12%, fibra 25.35%, proteína 12.07%, carbohidrato 14.17%, cenizas 4.29%, calcio 0.70 mg.l<sup>-1</sup>, fosforo 0.29 mg.l<sup>-1</sup>, potasio 11.11 mg.l<sup>-1</sup>.</li> </ul>
<p style="text-align: center;"><b>Jaime Arévalo 32A</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Localización:</b> encontrado en el cantón cangrejera, Izalco, Sonsonate, propiedad de don Jaime Arévalo, latitud norte 13°44'03.1", longitud oeste 89°40'49.6", altitud 382 msnm.</li> <li>• <b>Descripción del árbol:</b> edad de 4 años, arquitectura erecta, vigor intermedio, una altura de 1.80 m, diámetro a la altura del pecho (DAP) es de 4.50 cm, 30 frutos por árbol.</li> <li>• <b>Descripción del fruto:</b> color amarillo verde, forma ovado, cascara moderadamente rugosa y moderada, constricción basal moderada, forma del ápice agudo, color de pulpa blanco, longitud 19.55 cm, ancho 6.85 cm, espesor de caballete 1.18 cm, profundidad de surco 1.21 cm, espesor de cáscara 1.00 cm, peso de fruto 365.89 g, número de semilla 45.0, índice de fruto 25.25 mazorca.</li> <li>• <b>Descripción de la semilla:</b> color de semilla blanco, forma sección longitudinal elíptica, forma sección transversal aplanada, longitud 2.26 cm, Ancho 1.31 cm, Grosor 0.76 cm, peso seco de semilla 0.88 g, Índice de semilla 113.64 semillas, número de semilla seca por kg 1,136.36 semillas.</li> <li>• <b>Análisis bromatológico:</b> un pH de 3.50 y 18.00 grados brix en mucilago, humedad parcial 31.94%, humedad total 2.48%, grasa 45.08%, fibra 9.46%, proteína 11.69%, carbohidrato 29.57%, cenizas 4.20%, calcio 0.70 mg.l<sup>-1</sup>, fosforo 0.24 mg.l<sup>-1</sup>, potasio 11.14 mg.l<sup>-1</sup>.</li> </ul>





<p><b>Jaime Arévalo 33A</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Localización:</b> encontrado en el cantón cangrejera, Izalco, Sonsonate, propiedad de don Jaime Arévalo, latitud norte 13°44'03.2", longitud oeste 89°40'49.7", altitud 382 msnm.</li> <li>• <b>Descripción del árbol:</b> edad de 4 años, arquitectura erecta, vigor intermedio, número de chupones 1, una altura de 2.80 m, diámetro a la altura del pecho (DAP) es de 4.00 cm, 12 frutos por árbol.</li> <li>• <b>Descripción del fruto:</b> color amarillo verde, forma ovado, cascara moderadamente rugosa y moderada, constricción basal débil, forma del ápice agudo, color de pulpa crema claro, longitud 11.71 cm, ancho 8.11 cm, espesor de caballete 1.45 cm, profundidad de surco 0.21 cm, espesor de cáscara 1.20 cm, peso de fruto 361.33 g, número de semilla 27.0, índice de fruto 45.72 mazorca.</li> <li>• <b>Descripción de la semilla:</b> color de semilla crema, forma sección longitudinal ovada, forma sección transversal intermedia, longitud 2.19 cm, Ancho 1.37 cm, Grosor 1.76 cm, peso seco de una semilla 0.81 g, Índice de semilla 123.46 semillas, número de semilla seca por kg 1,234.57 semillas.</li> <li>• <b>Análisis bromatológico:</b> un pH de 4.00 y 19.80 grados brix en mucilago, humedad parcial 46.32%, humedad total 2.73%, grasa 56.55%, fibra 11.90%, proteína 9.50%, carbohidrato 15.11%, cenizas 5.94%, calcio 0.50 mg.l<sup>-1</sup>, fosforo 0.25 mg.l<sup>-1</sup>, potasio 15.78 mg.l<sup>-1</sup>.</li> </ul>
<p><b>Jaime Arévalo 34A</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Localización:</b> encontrado en el cantón cangrejera, Izalco, Sonsonate, propiedad de don Jaime Arévalo, latitud norte 13°44'03.3", longitud oeste 89°40'49.6", altitud 382 msnm.</li> <li>• <b>Descripción del árbol:</b> edad de 4 años, arquitectura erecta, vigor vigoroso, una altura de 4.00 m, diámetro a la altura del pecho (DAP) es de 8.00 cm, 69 frutos por árbol.</li> <li>• <b>Descripción del fruto:</b> color amarillo, forma ovado, cascara moderadamente rugosa y fuerte, constricción basal débil, forma del ápice entallado, color de pulpa crema claro, longitud 22.13 cm, ancho 8.53 cm, espesor de caballete 1.85 cm, profundidad de surco 0.16 cm, espesor de cáscara 1.53 cm, peso de fruto 691.95 g, número de semilla 45.0, índice de fruto 22.91 mazorca.</li> <li>• <b>Descripción de la semilla:</b> color de semilla purpura oscuro, forma sección longitudinal ovada, forma sección transversal intermedia, longitud 2.10 cm, Ancho 1.35 cm, Grosor 0.95 cm, peso seco de semilla 0.97 g, Índice de semilla 103.09 semillas, número de semilla seca por kg 1,030.93 semillas.</li> <li>• <b>Análisis bromatológico:</b> un pH de 3.30 y 19.50 grados brix en mucilago, humedad parcial 33.15%, humedad total 1.37%, grasa 37.34%, fibra 28.48%, proteína 13.02%, carbohidrato 16.46%, cenizas 4.80%, calcio 0.55 mg.l<sup>-1</sup>, fosforo 0.29 mg.l<sup>-1</sup>, potasio 13.26 mg.l<sup>-1</sup>.</li> </ul>
<p><b>Jaime Arévalo 35A</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Localización:</b> encontrado en el cantón cangrejera, Izalco, Sonsonate, propiedad de don Jaime Arévalo, latitud norte 13°44'03.5", longitud oeste 89°40'48.6", altitud 380 msnm.</li> <li>• <b>Descripción del árbol:</b> edad de 4 años, arquitectura erecta, vigor intermedio, una altura de 3.50 m, diámetro a la altura del pecho (DAP) es de 7.00 cm, 45 frutos por árbol.</li> <li>• <b>Descripción del fruto:</b> color amarillo, forma ovado, cascara moderadamente rugosa y fuerte, constricción basal débil, forma del ápice obtuso, color de pulpa blanco, longitud 15.73 cm, ancho 8.79 cm, espesor de caballete 2.73 cm, profundidad de surco 0.31 cm, espesor de cáscara 1.51 cm, peso de fruto 365.56 g, número de semilla 31.0, índice de fruto 36.35 mazorca.</li> <li>• <b>Descripción de la semilla:</b> color de semilla purpura oscuro, forma sección longitudinal ovada, forma sección transversal intermedia, longitud 2.06 cm, Ancho 1.19 cm, Grosor 0.91 cm, peso seco de una semilla 0.89 g, Índice de semilla 112.36 semillas, número de semilla seca por kg 1,123.60 semillas.</li> <li>• <b>Análisis bromatológico:</b> un pH de 3.70 y 11.20 grados brix en mucilago, humedad parcial 34.56%, humedad total 2.63%, grasa 38.95%, fibra 19.54%, proteína 14.92%, carbohidrato 22.55%, cenizas 3.64%, calcio 0.80 mg.l<sup>-1</sup>, fosforo 0.27 mg.l<sup>-1</sup>, potasio 11.27 mg.l<sup>-1</sup>.</li> </ul>

<p><b>Jaime Arévalo 36A</b></p>  <p>JA 36A</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Localización:</b> encontrado en el cantón cangrejera, Izalco, Sonsonate, propiedad de don Jaime Arévalo, latitud norte 13°44'03.5", longitud oeste 89°40'49.4", altitud 385 msnm.</li> <li>• <b>Descripción del árbol:</b> edad de 4 años, arquitectura erecta, vigor vigoroso, una altura de 5.0 m, diámetro a la altura del pecho (DAP) es de 11.50 cm, 11 frutos por árbol.</li> <li>• <b>Descripción del fruto:</b> color amarillo, forma ovado, cascara moderadamente rugosa y fuerte, constricción basal débil, forma del ápice agudo, color de pulpa crema claro, longitud 20.67cm, ancho 8.61 cm, espesor de caballete 1.61 cm, profundidad de surco 0.49 cm, espesor de cáscara 1.25 cm, peso de fruto 622.33g, número de semilla 31.0, índice de fruto 43.59 mazorca.</li> <li>• <b>Descripción de la semilla:</b> color de semilla rojo oscuro, forma sección longitudinal ovada, forma sección transversal aplanada, longitud 2.45 cm, Ancho 1.28 cm, Grosor 0.99 cm, peso seco de semilla 0.74 g, Índice de semilla 135.14 semillas, número de semilla seca por kg 1,351.35 semillas.</li> <li>• <b>Análisis bromatológico:</b> un pH de 4.00 y 13.20 grados brix en mucilago, humedad parcial 44.66%, humedad total 2.91%, grasa 45.30%, fibra 13.59%, proteína 9.79%, carbohidrato 24.63%, cenizas 6.69%, calcio 0.90 mg.l<sup>-1</sup>, fosforo 0.35 mg.l<sup>-1</sup>, potasio 17.36 mg.l<sup>-1</sup>.</li> </ul>
<p><b>Jaime Arévalo 37A</b></p>  <p>JA 37A</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Localización:</b> encontrado en el cantón cangrejera, Izalco, Sonsonate, propiedad de don Jaime Arévalo, latitud norte 13°44'03.5", longitud oeste 89°40'49.4", altitud 384 msnm.</li> <li>• <b>Descripción del árbol:</b> edad de 4 años, arquitectura erecta, vigor vigorosa, una altura de 3.50 m, diámetro a la altura del pecho (DAP) es de 12.00 cm, 5 frutos por árbol.</li> <li>• <b>Descripción del fruto:</b> color amarillo verde, forma ovado, cascara moderadamente rugosa y fuerte, constricción basal débil, forma del ápice entallado, color de pulpa crema claro, longitud 19.40 cm, ancho 8.48 cm, espesor de caballete 1.87 cm, profundidad de surco 0.46 cm, espesor de cáscara 1.61 cm, peso de fruto 541.45 g, número de semilla 34.0, índice de fruto 30.96 mazorca.</li> <li>• <b>Descripción de la semilla:</b> color de semilla rojo oscuro, forma sección longitudinal ovada, forma sección transversal aplanada, longitud 2.14 cm, Ancho 1.21 cm, Grosor 0.86 cm, peso seco de una semilla 0.95 g, Índice de semilla 105.26 semillas, número de semilla seca por kg 1,052.63 semillas.</li> <li>• <b>Análisis bromatológico:</b> un pH de 4.10 y 14.50 grados brix en mucilago, humedad parcial 28.82%, humedad total 1.72%, grasa 54.44%, fibra 14.43%, proteína 12.18%, carbohidrato 14.20%, cenizas 4.75%, calcio 0.70 mg.l<sup>-1</sup>, fosforo 0.27 mg.l<sup>-1</sup>, potasio 12.01 mg.l<sup>-1</sup>.</li> </ul>
<p><b>Jaime Arévalo 38A</b></p>  <p>JA 38A</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Localización:</b> encontrado en el cantón cangrejera, Izalco, Sonsonate, propiedad de don Jaime Arévalo, latitud norte 13°44'03.5", longitud oeste 89°40'48.6", altitud 380 msnm.</li> <li>• <b>Descripción del árbol:</b> edad de 4 años, arquitectura erecta, vigor intermedio, una altura de 2.50 m, diámetro a la altura del pecho (DAP) es de 8.00 cm, 53 frutos por árbol.</li> <li>• <b>Descripción del fruto:</b> color amarillo verde, forma elíptica, cascara moderadamente rugosa y fuerte, constricción basal débil, forma del ápice redondeado, color de pulpa blanco, longitud 11.10 cm, ancho 8.51 cm, espesor de caballete 1.71 cm, profundidad de surco 1.18 cm, espesor de cáscara 1.33 cm, peso de fruto 488.17 g, número de semilla 30.0, índice de fruto 30.45 mazorca.</li> <li>• <b>Descripción de la semilla:</b> color de semilla purpura oscuro, forma sección longitudinal ovada, forma sección transversal intermedia, longitud 2.30 cm, Ancho 1.36 cm, Grosor 0.79 cm, peso seco de semilla 0.89 g, Índice de semilla 112.36 semillas, número de semilla seca por kg 1,123.60 semillas.</li> <li>• <b>Análisis bromatológico:</b> un pH de 4.40 y 12.20 grados brix en mucilago, humedad parcial 41.20%, humedad total 2.57%, grasa 37.49%, fibra 32.90%, proteína 13.18%, carbohidrato 12.99%, cenizas 3.44%, calcio 0.40 mg.l<sup>-1</sup>, fosforo 0.23 mg.l<sup>-1</sup>, potasio 10.62 mg.l<sup>-1</sup>.</li> </ul>

<p style="text-align: center;"><b>Jaime Arévalo 39A</b></p>  <p style="text-align: center;"><b>JA 39A</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Localización:</b> encontrado en el cantón cangrejera, Izalco, Sonsonate, propiedad de don Jaime Arévalo, latitud norte 13°44'03.7", longitud oeste 89°40'49.2", altitud 382 msnm.</li> <li>• <b>Descripción del árbol:</b> edad de 4 años, arquitectura erecta, vigor vigorosa, una altura de 3.25 m, diámetro a la altura del pecho (DAP) es de 9.00 cm, 65 frutos por árbol.</li> <li>• <b>Descripción del fruto:</b> color anaranjado, forma ovado, cascara moderadamente rugosa y débil, constricción basal moderada, forma del ápice obtuso, color de pulpa crema claro, longitud 13.49 cm, ancho 7.38 cm, espesor de caballete 1.01 cm, profundidad de surco 0.37 cm, espesor de cáscara 0.66 cm, peso de fruto 282.69 g, número de semilla 38.0, índice de fruto 27.41 mazorca.</li> <li>• <b>Descripción de la semilla:</b> color de semilla rojo oscuro, forma sección longitudinal ovada, forma sección transversal intermedia, longitud 2.30 cm, Ancho 1.40 cm, Grosor 0.76 cm, peso seco de una semilla 0.96 g, Índice de semilla 104.17 semillas, número de semilla seca por kg 1,041.67 semillas.</li> <li>• <b>Análisis bromatológico:</b> un pH de 3.40 y 18.40 grados brix en mucilago, humedad parcial 27.58%, humedad total 2.38%, grasa 33.47%, fibra 22.68%, proteína 12.57%, carbohidrato 26.68%, cenizas 4.60%, calcio 0.50 mg.l<sup>-1</sup>, fosforo 0.20 mg.l<sup>-1</sup>, potasio 11.37 mg.l<sup>-1</sup>.</li> </ul>
<p style="text-align: center;"><b>Jaime Arévalo 40A</b></p>  <p style="text-align: center;"><b>JA 40A</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Localización:</b> encontrado en el cantón cangrejera, Izalco, Sonsonate, propiedad de don Jaime Arévalo, latitud norte 13°44'03.6", longitud oeste 89°40'48.9", altitud 383 msnm.</li> <li>• <b>Descripción del árbol:</b> edad de 4 años, arquitectura erecta, vigor vigoroso, una altura de 5.0 m, diámetro a la altura del pecho (DAP) es de 13.00 cm, 7 frutos por árbol.</li> <li>• <b>Descripción del fruto:</b> color amarillo, forma ovado, cascara moderadamente rugosa y moderada, constricción basal moderada, forma del ápice entallado, color de pulpa crema oscuro, longitud 17.38 cm, ancho 7.77 cm, espesor de caballete 1.41 cm, profundidad de surco 0.38 cm, espesor de cáscara 1.18 cm, peso de fruto 425.13 g, número de semilla 37.0 índice de fruto 33.37 mazorca.</li> <li>• <b>Descripción de la semilla:</b> color de semilla jaspeado, forma sección longitudinal ovada, forma sección transversal intermedia, longitud 2.21 cm, Ancho 1.24 cm, Grosor 0.80 cm, peso seco de semilla 0.81 g, Índice de semilla 123.46 semillas, número de semilla seca por kg 1,234.57 semillas.</li> <li>• <b>Análisis bromatológico:</b> un pH de 3.50 y 21.50 grados brix en mucilago, humedad parcial 47.77%, humedad total 1.49%, grasa 46.51%, fibra 20.36%, proteína 9.13%, carbohidrato 18.76%, cenizas 5.24%, calcio 0.50 mg.l<sup>-1</sup>, fosforo 2.23 mg.l<sup>-1</sup>, potasio 12.84 mg.l<sup>-1</sup>.</li> </ul>
<p style="text-align: center;"><b>Jaime Arévalo 41A</b></p>  <p style="text-align: center;"><b>JA 41A</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Localización:</b> encontrado en el cantón cangrejera, Izalco, Sonsonate, propiedad de don Jaime Arévalo, latitud norte 13°44'01.6", longitud oeste 89°40'48.5", altitud 384 msnm.</li> <li>• <b>Descripción del árbol:</b> edad de 4 años, arquitectura erecta, vigor intermedio, una altura de 3.0 m, diámetro a la altura del pecho (DAP) es de 6.00 cm, 14 frutos por árbol.</li> <li>• <b>Descripción del fruto:</b> color amarillo verde, forma ovado, cascara lisa o ligeramente rugosa y moderada, constricción basal débil, forma del ápice entallado, color de pulpa blanco, longitud 16.76 cm, ancho 7.01 cm, espesor de caballete 1.32 cm, profundidad de surco 0.34 cm, espesor de cáscara 1.06 cm, peso de fruto 337.38 g, número de semilla 31.0, índice de fruto 52.03 mazorca.</li> <li>• <b>Descripción de la semilla:</b> color de semilla crema, forma sección longitudinal elíptica, forma sección transversal intermedia, longitud 1.81 cm, Ancho 1.32 cm, Grosor 0.72 cm, peso seco de una semilla 0.62 g, Índice de semilla 161.29 semillas, número de semilla seca por kg 1,612.90 semillas.</li> <li>• <b>Análisis bromatológico:</b> un pH de 4.30 y 20.0 grados brix en mucilago, humedad parcial 34.59%, humedad total 2.93%, grasa 39.88%, fibra 26.90%, proteína 12.68%, carbohidrato 15.55%, cenizas 4.99%, calcio 1.00 mg.l<sup>-1</sup>, fosforo 0.34 mg.l<sup>-1</sup>, potasio 14.62 mg.l<sup>-1</sup>.</li> </ul>



<p><b>Jaime Arévalo 42A</b></p>  <p>JA 42A</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Localización:</b> encontrado en el cantón cangrejera, Izalco, Sonsonate, propiedad de don Jaime Arévalo, latitud norte 13°44'02.5", longitud oeste 89°40'49.3", altitud 380 msnm.</li> <li>• <b>Descripción del árbol:</b> edad de 4 años, arquitectura erecta, vigor recta, una altura de 3.50 m, diámetro a la altura del pecho (DAP) es de 5.50 cm, 20 frutos por árbol.</li> <li>• <b>Descripción del fruto:</b> color amarillo, forma ovado, cascara moderadamente rugosa y fuerte, constricción basal ausente, forma del ápice obtuso, color de pulpa crema claro, longitud 13.35 cm, ancho 8.07 cm, espesor de caballete 1.33 cm, profundidad de surco 0.34 cm, espesor de cáscara 1.29 cm, peso de fruto 407.52 g, número de semilla 25.0 índice de fruto 46.51 mazorca.</li> <li>• <b>Descripción de la semilla:</b> color de semilla jaspeado, forma sección longitudinal ovada, forma sección transversal intermedia, longitud 2.24 cm, Ancho 1.49 cm, Grosor 0.87 cm, peso seco de semilla 0.86 g, Índice de semilla 116.28 semillas, número de semilla seca por kg 1,162.79 semillas.</li> <li>• <b>Análisis bromatológico:</b> un pH de 4.50 y 14.40 grados brix en mucilago, humedad parcial 46.65%, humedad total 1.70%, grasa 30.70%, fibra 27.00%, proteína 9.50%, carbohidrato 26.95%, cenizas 5.85%, calcio 0.55 mg.l<sup>-1</sup>, fosforo 2.20 mg.l<sup>-1</sup>, potasio 14.72 mg.l<sup>-1</sup>.</li> </ul>
<p><b>Jaime Arévalo 43A</b></p>  <p>JA 43A</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Localización:</b> encontrado en el cantón cangrejera, Izalco, Sonsonate, propiedad de don Jaime Arévalo, latitud norte 13°44'02.5", longitud oeste 89°40'49.1", altitud 381 msnm.</li> <li>• <b>Descripción del árbol:</b> edad de 4 años, arquitectura erecta, vigor vigoroso, una altura de 3.50 m, diámetro a la altura del pecho (DAP) es de 5.50 cm, 35 frutos por árbol.</li> <li>• <b>Descripción del fruto:</b> color amarillo, forma ovado, cascara moderadamente rugosa y fuerte, constricción basal ausente, forma del ápice obtuso, color de pulpa crema claro, longitud 12.78 cm, ancho 7.94 cm, espesor de caballete 1.58 cm, profundidad de surco 0.28 cm, espesor de cáscara 1.31 cm, peso de fruto 356.80 g, número de semilla 30.0, índice de fruto 54.64 mazorca.</li> <li>• <b>Descripción de la semilla:</b> color de semilla crema, forma sección longitudinal elíptica, forma sección transversal intermedia, longitud 1.94 cm, Ancho 1.18 cm, Grosor 0.69 cm, peso seco de una semilla 0.61 g, Índice de semilla 163.93 semillas, número de semilla seca por kg 1,639.34 semillas.</li> <li>• <b>Análisis bromatológico:</b> un pH de 4.10 y 17.50 grados brix en mucilago, humedad parcial 40.03%, humedad total 1.37%, grasa 30.99%, fibra 25.10%, proteína 10.49%, carbohidrato 27.33%, cenizas 6.09%, calcio 0.70 mg.l<sup>-1</sup>, fosforo 0.31 mg.l<sup>-1</sup>, potasio 16.77 mg.l<sup>-1</sup>.</li> </ul>

## CONCLUSIONES

Se cuenta con los primeros 41 árboles de cacao caracterizados morfoagronómicamente, colectados en cantón cangrejera municipio de Izalco departamento de Sonsonate en la finca del productor, demostrando la presencia de alta variabilidad genética confirmada por la formación de 14 conglomerados con una alta heterogeneidad entre grupos y homogeneidad en los subgrupos basada en el ordenamiento de los descriptores.

La mayoría de variables cuantitativas presentaron un coeficiente de variación muy homogéneo indicando alta confiabilidad en la información recolectada y los análisis realizados, probablemente, debido al origen de la mayoría de los árboles caracterizados que aunque fueron propagados por semilla provienen de frutos de árboles seleccionados por el productor y las diferencias encontradas fueron producto de la segregación genética.

Se encontraron cuatro árboles con almendras de color total y parcialmente blanca (JA 3A, JA 5A, JA 6A, JA 9A, JA 11A, JA 12A, JA 21A, JA 32A, JA 33A, JA 41A, JA 43A) clasificándolos preliminarmente como criollos y el resto (30 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 41 materiales caracterizados, JA 4A, JA 10A, JA 12A, JA 26A, JA 29A, JA 33A, JA 37A, presentaron los mayores valores para esta variable,

lo cual indica que esta arriba del 50% de grasa, considerado como germoplasma de interés para la agroindustria.

## RECOMENDACIONES

Continuar la prospección y colecta de germoplasma en el ámbito nacional estableciendo bancos de germoplasma y jardines clonales, con el objetivo de propagarlos masivamente en sistemas de producción de cacao en apoyo a los agricultores y programas de mejoramiento genético.

Se recomienda la propagación vegetativa del germoplasma caracterizado con mejores atributos de rendimiento y calidad.

Realizar una caracterización molecular para poder conocer el porcentaje de características de cacao criollo que tiene cada árbol de la finca del productor.

## BIBLIOGRAFÍA

**AOAC (Association Of Official Analytical Chemistry, Estados Unidos). 1970.** Official Analytical Chemists. 11 th. Ed. Whington DC. Published By. The Association oficial chemists.

**Ayesta Villega, ED. 2009.** Caracterización morfológica de cien árboles promisorios de *Theobroma cacao* L. en Waslala, RAAN. Tesis. Ing. A. Managua, NI, UNA. 58 P.

**Bartley D. 1989.** Manejo de Germoplasma de Cacao (en línea). Turrialba. IICA. Consultado 10 oct. 2018. Disponible en <https://books.google.com/sv/books?id=wbdCxx->

**CENTA (Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal, El Salvador). 2018.** Cacao Diversidad de El Salvador Ministerio de Agricultura y Ganadería. 102 p.

**Choussy F. 1950.** Economía Agrícola Salvadoreña, volumen XVIII, paginas 75-84, San Salvador, El Salvador.

**CRS (Catholic Relief Services, El Salvador). 2014.** Estrategia de Trabajo de la Alianza Cacao El Salvador. San Salvador. 41 p.

**Cote Flores, MS; Jiménez Betacourt, JH. 2005.** Caracterización de Clones de Cacao Promisorios con énfasis en el contenido de micronutrientes. Tesis MSc. Química. Universidad industrial de Santander, Facultad de Fisicoquímicas Escuela de Ingeniería Química Bucaramanga. Colombia. 102 p.

**Dostert, N; Roque, J; Cano, A; Torre, M; Weigend, M. 2012.** Hoja Botánica: Cacao. Trad Luebert, F. Lima, Perú. GmbH. 19p.

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

**Dubón, A. y Sánchez, J. 2011.** Manual de producción de cacao. Lima, Cortéz, Honduras. FHIA. 208 p.

**García Carrión, LF. 2012.** Catálogo de cultivares del cacao del Perú (en línea). Lima, PE. Consultada 15 oct. 2013. Disponible en [http://www.regionhuanuco.gob.pe/grde/.../cultivares\\_2012.pdf](http://www.regionhuanuco.gob.pe/grde/.../cultivares_2012.pdf).

**IICA (Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, Costa Rica). 1957.** Manual del cultivo de cacao. Turrialba, CR. OEA. 233p.

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

**INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícola y Pecuaria, Mexico). 2014.** Manual grafico de descriptores varietales de cacao (*Theobroma cacao* L). Chiapas, México. 72p.

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

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

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

**Sari, 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>.

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

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

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



## **Establecimiento de bancos de germoplasma de *Theobroma spp* y *Coffea canephora* en el campus universitario (SS) y la Estación Experimental de Prácticas de la Universidad de El Salvador, San Pedro Nonualco y Cooperativa Santa Clara, La Paz.**

**Molina-Escalante, MO; Rodríguez-Urrutia, EA; Parada-Berríos, FA; Vásquez-Osegueda, EA; Lovo-Lara, LM.**

### **RESUMEN**

Con el objetivo de establecer colecciones de campo de cacao criollo y café robusta se inició un proceso de colecta de cacao criollo en diferentes localidades del país de reconocida tradición por el cultivo de cacao. Asimismo, se adquirieron cuatro clones de café robusta (*Coffea canephora*) a la empresa INTERLAGOS S.A. DE C.V, con procedencia de la empresa Mexicana NSIP (Nature Source Improved Plants) y plantas de café arábica variedad 'cuscatleco' injertado en nemaya en PROCAFÉ. Las colecciones de cacao se establecieron en la Estación Experimental (EEP) y de Prácticas, campus universitario, San Pedro Nonualco y la Cooperativa Santa Clara. Con el germoplasma de cacao colectado se inició el establecimiento desde el año 2016 y el café adquirido hasta el año 2018, estableciendo germoplasma de alto potencial genético de ambas especies con las que se pretende desarrollar investigaciones a fin de generar paquetes tecnológicos que puedan transferirse a los agricultores de las zonas inmediatas a los lugares de establecimiento, de manera tal, que se promueva entre los productores el establecimiento de estos cultivos brindándoles material de propagación como la asesoría técnica necesaria, tratando de fomentar los sistemas agroforestales (SAF) como una alternativa de mitigación los embates del cambio climático. En conclusión se cuenta con cuatro colecciones de cacao criollo de aroma fino y con tres colecciones de *Coffea canephora*, los cuales estarán a disposición de quienes los demanden; finalmente y con el propósito de garantizar el riego en las colecciones de campo en la época seca se reactivó el pozo de la EEP, con una bomba sumergible de acero inoxidable y con motor sumergible, con un caudal de 140 GPM.

**Palabras claves:** café robusta, colecciones de campo, cacao criollo, clones.

## INTRODUCCIÓN

La investigación dirigida a asuntos de conservación y uso sostenible requiere una cantidad permanente y creciente de recursos financieros que, además de las fuentes internas, debe complementarse con el apoyo de fuentes externas, tales como agencias de financiamiento, iniciativa privada y fundaciones, por tal motivo la conservación, prospección, recolección, caracterización, evaluación y documentación de los recursos fitogenéticos para la alimentación y la agricultura, son esenciales para alcanzar los objetivos de la Declaración de Roma sobre la Seguridad Alimentaria Mundial; Plan de Acción Mundial para la Seguridad Alimentaria Mundial y para un desarrollo agrícola sostenible para las generaciones presentes y futuras, y que es necesario fortalecer con urgencia la capacidad del país (Nieto-Ángel 2007).

Los jardines botánicos y las colecciones de germoplasma tienen funciones poco conocidas, son considerados centros de investigación científica y fuente de materiales para la enseñanza y el intercambio de recursos genéticos. Los jardines botánicos se iniciaron en la Edad Media en los conventos como colecciones de plantas medicinales, luego como anexos en las escuelas de medicina. El café arábigo nativo de Etiopía fue llevado primero a Yemen y luego al Jardín Botánico de Bogor en Indonesia y luego al Jardín Botánico de Amsterdam, llegando a París, posteriormente a las colonias de las Antillas, de donde el café se difundió a las Islas del Caribe, Centro y Sur América (CATIE, 2007).

El Jardín Botánico y las colecciones de germoplasma de CATIE se iniciaron con el establecimiento del Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, en Turrialba, Costa Rica, en 1947. Desde el inicio de actividades se introdujo germoplasma de cultivos tropicales, especialmente de la Estación Experimental y Jardín Botánico de Lancetilla, Honduras (CATIE, 2007).

Al iniciarse el programa de investigación en cacao y café al final de los años 40, se establecieron colecciones de campo para estos y otros cultivos, que aún se mantienen. La colección internacional de cacao es la única colección cuyo mantenimiento ha sido apoyado parcialmente con fondos externos, inicialmente por el American Cocoa Research Institute y World Cocoa Foundation y Cacao Net, la última una red global de conservación y uso de germoplasma de cacao que fue establecida en octubre de 2006, pero la colección original ya cuenta con 75 años de establecida (CATIE 2007).

En El Salvador, el CENTA ha sido la encargada de mantener las colecciones de frutales con las especies y las variedades comerciales más importantes en las diferentes Estaciones Experimentales (Parada Berríos y Cruz Pineda, 2002).

Es a partir del año 2005, que la Universidad de El Salvador comenzó esfuerzos en este tipo de actividad, siendo la conservación de especies nativas el fundamental esfuerzo de la misma y a partir de 2013 se inicia un esfuerzo por establecer colecciones de cacao y más recientemente de café robusta.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Ubicación de las colecciones

Las primeras colecciones se establecieron en el campus universitario en las zonas verdes de la Facultad de Ciencias Agronómicas, ubicado en las coordenadas: 13°43'06" latitud norte y 89°12'11" longitud oeste con una elevación de 694 msnm. Las siguientes colecciones se establecieron entre el mes de mayo y octubre de 2018, una ubicada en el lote "la Granja" y otra ubicada en el lote frente a la Oficinas, en la Estación Experimental y de Prácticas de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador (EEP), ubicado en el cantón Tecualuya del municipio de San Luís Talpa, departamento de La Paz, situado en el Km 52 de la carretera que va hacia el Puerto de La Libertad, con coordenadas geográficas de 13°28.3" latitud norte y 89°05.8" longitud oeste y una elevación de 50 msnm (Figura 1). La temperatura promedio anual de la zona es superior a los 26.5°C, registrándose la más alta entre los meses de marzo y abril mayores a 33°C y las mínimas de 21°C entre los meses de noviembre a enero. Humedad relativa media del aire es de 80% y precipitaciones acumuladas de entre 1500-1700 mm al año (MARN, 2013).

### San Pedro Nonualco

El Banco de Germoplasma se estableció en el caserío El Volcancito, cantón El Roble, municipio de San Pedro Nonualco, en el 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.

### Cooperativa Santa Clara No. 2

La parcela asignada fue de 2 manzanas distribuyendo en dos áreas una para café robusta y arábica y la de cacao criollo con los clones Santa Clara. Con coordenadas 13°25'08.9" latitud norte y 89°04'53.3" longitud oeste y 12 metros sobre el nivel del mar ubicada en el municipio de San Luis Talpa, La Paz.

### Metodología de campo

#### Colecciones de cacao

Las plantas que se establecieron en las diferentes colecciones fueron producidas en el vivero de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador. Para lograr el objetivo de tener una diversidad genética en las colecciones establecidas se realizaron las siguientes actividades:

1. **Adquisición de mazorcas de cacao para la producción de portainjertos.** Las mazorcas fueron adquiridas principalmente en Izalco, Sonsonate, comprándose a Don Jaime Arévalo, también en los cursos de Fruticultura y Cultivos Extensivos se les solicitaba a los estudiantes mazorcas y la gran mayoría se adquirieron en la Cooperativa Hacienda Santa Clara.
2. **Trabajo de vivero los días sábado.** Se organizaron grupos de trabajo en los cursos antes mencionados con estudiantes quienes los días sábados hicieron semilleros, llenaron bolsas, o hicieron siembra directa en bolsas, control de malezas, fertilizaciones y todas las actividades relacionadas al desarrollo de portainjertos sexuales.
3. **Giras de colecta.** Cuando se tuvieron los portainjertos con un grosor de 5 mm o más se iniciaron las giras de colecta a los lugares donde se reconoce hay tradición de cacao como Izalco, San Pedro Nonualco, Tenancingo y otros donde por pocos o un solo árbol con características de criollo se visitó para verificar el origen de los mismos. En cada gira se colectaron varetas, las que se injertaron en los portainjertos producidos.

4. **Preparación de área de siembra.** Se efectuaron labores previas para la siembra como: control de malezas, desramado de árboles, ahoyados, siembra de sombras temporales y permanentes.
5. **Siembra de los árboles.** A partir del inicio de las lluvias se comenzó la siembra de los arbolitos con aproximadamente 20 cm de injerto desarrollado. El distanciamiento de siembra fue de 3 x 3 m a cuadro.

### Colecciones de café robusta y arábica

1. **Adquisición de las plantas de café arábica.** Las plantas de café arábigo se adquirieron en PROCAFÉ, totalizando 956 plantas de la variedad cuscatleco injertado sobre “Nemaya” como portainjerto que es un tipo de café robusta (*Coffea canephora*), con características de resistencia a nemátodos y con un sistema radicular extenso. Además se adquirieron 40 plantas de café robusta propagadas por semillas.
2. **Adquisición de clones de café robusta.** Se compraron cuatro clones de café robusta a la empresa INTERLAGOS S.A. DE C.V, esta adquirió las plántulas a la compañía Mexicana NSIP (Nature Source Improved Plants), las cuales fueron producidas a través de tecnología *in vitro* y su desarrollo en viveros locales hasta alcanzar una altura de 40 centímetros y una edad de cuatro meses.
3. **Preparación de los terrenos y siembra.** A partir del mes de agosto se comenzó la siembra del café, en dos parcelas de un aproximado de 4500 m<sup>2</sup>, cada una. Para el caso del área frente a la granja, se inició con sombra cero, tomando la decisión de establecer sombra temporal y a la vez la sombra permanente con árboles de *Inga* spp. de un año de edad y distanciamientos 12 x 12 metros, la sombra temporal colocada fue plátano en los entre surcos a distanciamientos de 3 x 3 metros, gandul (*Cajanus cajan*) y crotalaria (*Crotalaria* spp.), estas dos últimas especies se establecieron entre los surcos a chorro seguido, siendo más eficiente el gandul por ser una especie semiperenne. El café arábica se sembró a 2 x 2 metros y el café robusta a 3 x 3 m.

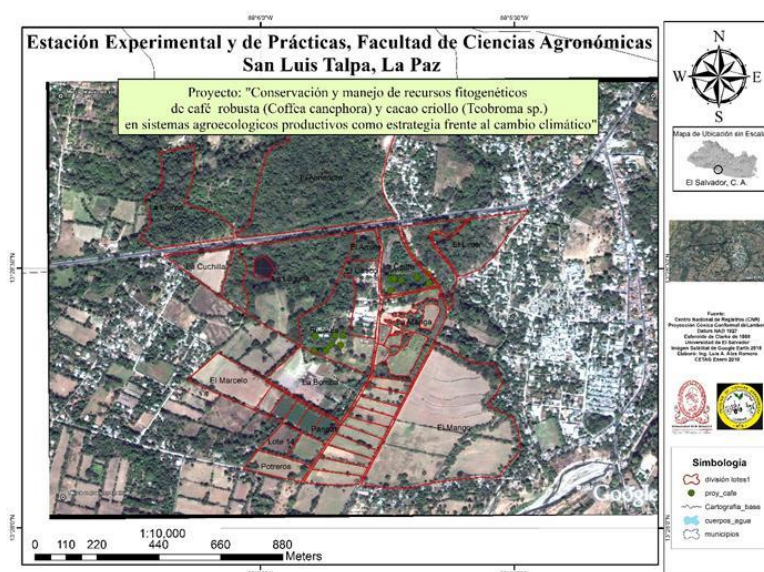




Figura 1. Ubicación general de las dos colecciones vivas establecidas en la Estación Experimental y de Practicas de la Facultad de Ciencia Agronómicas.



**Figura 2.** Establecimiento de bancos de germoplasma de café y cacao criollo. **a)** Clon FRT 06. **b)** Clon FRT 07. **c)** Clon FRT 09 **d)** FRT 23. **e)** elaboración de fosas de infiltración en EEP como preparación de la siembra de café y cacao. **f)** ahoyado y siembra de café y cacao en EEP. **g)** parcela

sembrada de café y cacao. **h)** Banco de germoplasma en Cooperativa Santa Clara. **i)** Banco de germoplasma en campus de la UES. **j)** Banco de germoplasma de cacao en San Pedro Nonualco.



## RESULTADOS

Como resultado del proyecto: “**Conservación y manejo de recursos fitogenéticos de café robusta y cacao criollo en sistemas agroecológicos productivos como estrategia frente al cambio climático**”, se establecieron las siguientes colecciones vivas:

1. **Banco de Germoplasma en el campus Universitario de la UES.** En esta colección que fue la primera que se estableció, se cuenta con 52 clones de cacao criollo de almendra blanca en su mayoría colectados en diferentes localidades de El Salvador, producto de cuatro tesis de caracterización (Cuadro 1).

Cuadro 1. Resumen de accesiones de cacao criollo establecidos en la colección de la Universidad de El Salvador.

Clon	Código	Cantidad	Sitio de colecta	Coordenadas	
				Latitud	Longitud
1	SAL 1	2	Hospital Nacional Dr. José Antonio Saldaña, Panchimalco	13°38'48.80"	89°11'44.26"
4	SAL 2	4			
5	SL 5	1	Ciudad Delgado, San Salvador	13°45'58.21"	89°09'7.48"
6	SL 6	7			
10	CVT 10	4	Ilobasco, Cabañas	13°57'4.61"	88°38'0.67"
14	CAL 14	2	Caluco, Sonsonate	13°42'55.7"	89°40'28.23"
16	SLT 16	2	Nejapa, San Salvador	13°47'13.92"	89°15'18.68"
17	SLT 17	1			
19	PDP 19	1	Ciudad Delgado, San Salvador	12°44'37.32"	89°08'59.21"
20	TNG 20	4	Tenancingo, Cuscatlán	13°43'10.38"	89°12'10.44"
23	TG 1	6	Tenancingo, Cuscatlán	13°50'59.3"	88°50'59.3"
24	TG 2	1			
25	TG 3	1			
27	ST 1	1			
28	ST 2	1	San Luis Talpa, La Paz	13°23'23.5"	89°04'38.4"
29	ST 3	1			
30	ST 4	1			
31	ST 5	1			
32	ST 6	1			
33	ST 7	1			
34	CD 1	2			
35	CD 2	4			
36	CD 3	5			
195	ARC 1	1	Arcatao Chalatenango	14°05'11.8"	88°46'52.9"
198	ARC 4	1			
199	ARC 5	1			
210	SPN 210	1	San Pedro Nonualco, La paz	13°36'15.81"	89°56'42.07"
211	SPN 211	1			
CPS-22	CPS 22	5	Árboles de cacao criollo por semilla del clon 22 (TG 1), Tenancingo, Cuscatlán	13°50'59.3"	88°50'59.3"
CPS-23	CPS 23	5	Árboles de cacao criollo por semilla del clon 23 (TG 2), Tenancingo, Cuscatlán	13°45'22.2"	89°09'10.8"
CPS-34	CPS 34	6	Árboles de cacao criollo por semilla del clon 34 (CD 1), Ciudad Delgado, San Salvador		
CPS-36	CPS 36	7	Árboles de cacao criollo por semilla del clon 36 (CD 3), Ciudad Delgado, San Salvador	13°25'31.32"	89°05'05.29"
13	SC 13	1	San Luis Talpa, La Paz		
17TN	17TN	7	Tenancingo, Cuscatlán	13°48'39.81"	88°58'80.38"
18TN	18 TN	1			
19TN	19 TN	3			
20TN	20 TN	1			
22TN	22 TN	1			
23TN	23 TN	1			
24TN	24 TN	1			
25TN	25 TN	1			
27TN	27 TN	1			
28TN	28 TN	4			
29TN	29 TN	1			
30TN	30 TN	1			
31TN	31 TN	1			
32TN	32 TN	1			
33TN	33 TN	1			
34TN	34 TN	1			
2A	UES 2A	3			
CPS 2A	CPS 2A	24	Árboles de cacao criollo por semilla del clon 2A (UES 2A), Polideportivo de la UES	13°43'19.50"	89°12'40.70"
Patashte	Patashte	21	Árboles de Patashte por semilla de don Jaime Arévalo, Izalco, Sonsonate	13°44'03.1"	89°40'48.9"
Cushta	Cushta	11	Árboles de Cushta por semilla de don Jaime Arévalo, Izalco, Sonsonate	13°44'03.1"	89°40'48.9"

## 2. Banco de germoplasma en la Estación Experimental y de prácticas de cacao y café.

Se logra establecer 34 clones de cacao colectados en diferentes localidades de El Salvador, tal como se muestra en el cuadro 2, asimismo, se encuentran distribuidos en franjas con los cuatro clones de café y la variedad arábica injertada sobre nemaya, como se muestra en la figura 3 a y 3 b.

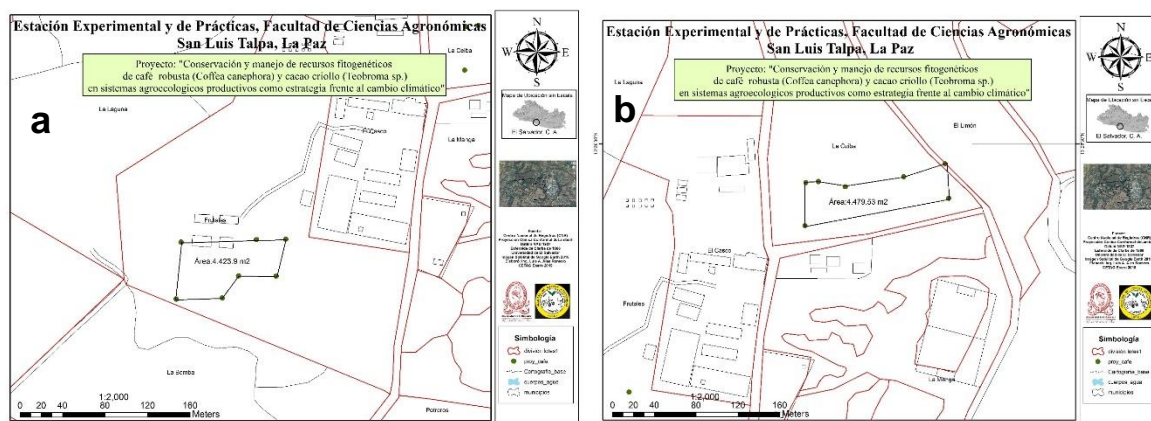


Figura 3. Ubicación de las dos parcelas de la colección de café y cacao criollo en la EEP. a) Lote frente a la granja. Y b) lote frente a las oficinas de la EEP.

Cuadro 2. Resumen de accesiones de cacao criollo establecidos en la colección de la Estación Experimental y de Prácticas (EEP)

Código de accesión	Cantidad	Sitio de colecta	Coordenadas	
			Latitud	Longitud
UES 2 A	3	Universidad de El Salvador	13°43'19.50"	89°12'40.70"
4 JA	2			
5 JA	1			
6 JA	2			
7 JA	3			
10 JA	1			
11 JA	1			
12 JA	1			
13 JA	1			
14 JA	1			
17 JA	2			
19 JA	1			
22 JA	2	Izalco, Sonsonate	13°44'03.1"	89°40'48.9"
26 JA	2			
27 JA	2			
28 JA	1			
30 JA	1			
34 JA	1			
36 JA	1			
37 JA	3			
39 JA	1			
41 JA	3			
42 JA	2			
17TN	2			
18TN	1			
20TN	1			
21TN	1			
22TN	1			
24TN	1	Tenancingo, Cuscatlán	13°48'39.81"	88°58'80.38"
25TN	1			
26TN	1			
28TN	1			
30TN	1			
35TN	2			

Con respecto a la siembra de café en la Estación Experimental se realizó un arreglo por surcos tal como se muestra en la figura 4, ya que entre más cerca estén los diferentes clones, mejor será la producción, considerando que *Coffea canephora* es una especie alógama, por lo que requiere del cruce de polen entre los mismos, y es otro de los motivos por los que se utilizan plantas clonadas.

Diseño de siembra de clones por surco.

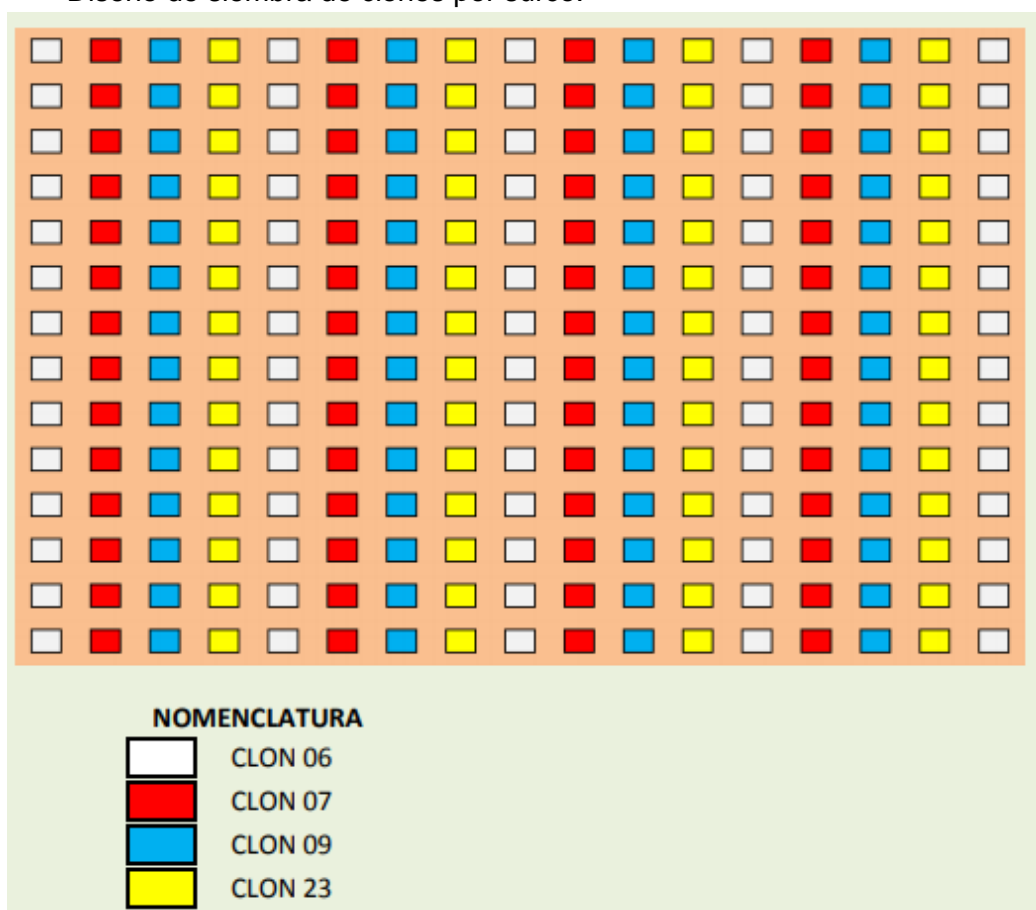


Figura 4. Diseño de la siembra de *Coffea canephora* en la Estación Experimental y de Prácticas, establecidos en el lote La Granja y Frente a las oficinas.

Con el financiamiento de USAID, se logró reactivar el pozo con una bomba sumergible de acero inoxidable marca Pearl modelo GPWS230200 para un caudal de 140 GPM y una carga de 300 pies. Con motor sumergible de 20HP a 3500 rpm en 460 voltios trifásico, con este equipo se estará garantizando el riego de las colecciones de campo de café y cacao en la época seca y en las canículas interestiviales, principalmente la que ocurre entre el 15 de julio y el 15 de agosto, es así como se le dará sostenibilidad a los bancos de germoplasma, garantizando la producción de cacao y material de propagación de excelente calidad.

3. **Banco de germoplasma de San Pedro Nonualco.** En esta colección se logró establecer 34 clones de cacao criollo y 10 plantas de patashte, como se muestra en el cuadro 3. En la figura 5 y 6 se muestra el mapa general donde se ubica San Pedro Nonualco y un esquema de la distribución de los arbolitos en la parcela. Es importante mencionar que en San Pedro Nonualco se establecieron clones colectados en diferentes localidades y algunos árboles por semilla, de germoplasma considerado genéticamente con mayor pureza, como son los de almendra blanca, en el supuesto que la segregación genética es menor y se mantienen algunas de las características como el rendimiento de cosecha (Cuadro 3).

UBICACIÓN DE FINCAS Y BANCO DE GERMOPLASMA, MUNICIPIO DE SAN PEDRO NONUALCO, DEPARTAMENTO DE LA PAZ, REPÚBLICA DE EL SALVADOR, C.A.

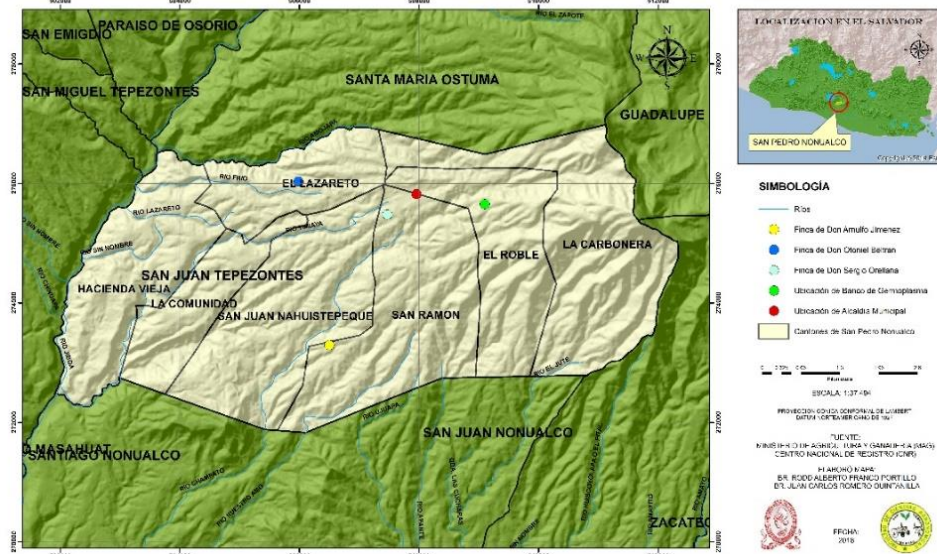


Figura 5. Mapa general de San Pedro Nonualco, La Paz

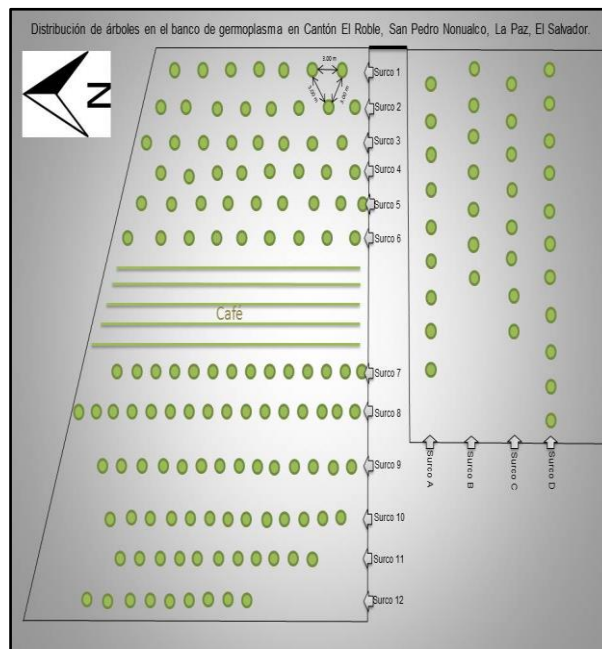


Figura 6. Esquema de parcela donde se estableció el Banco de Germoplasma de cacao criollo en San Pedro Nonualco, La Paz.

Cuadro 3. Resumen de accesiones de cacao criollo establecidos en la colección de San Pedro Nonualco.

Clon	Código	Cantidad	Sitio de colecta	Coordenadas	
				Latitud	Longitud
1A	1 A	2	Ciudad Delgado, San Salvador	89°09'10.9"	13°45'22.2"
18	TNG 18	5	Tenancingo, Cuscatlán	13°43'10.38"	89°12'10.44"
20	TNG 20	2			
CPS-N°36	CPS 36	1	Árboles de cacao criollo por semilla del clon 36 (CD 3), Ciudad Delgado, San Salvador	13°34'47.90"	88°56'23.50"
26	ST	2			
27	ST 1	3			
28	ST 2	2			
29	ST 3	4			
30	ST 4	3			
31	ST 5	8	San Luis Talpa, La Paz	13°23'23.5"	89°04'38.4"
32	ST 6	2			
33	ST 7	1			
38	ST 8	1			
41	ST 9	1			
43	ST 10	1			
63	ST 14	1			
78	ST 15	2			
92	ST 19	2			
117	ST 22	1			
201	ARC 6	2			
203	ARC 7	1			
204	ARC 8	2	Arcatao, Chalatenango	14°05'11.8"	88°46'52.9"
205	ARC 9	1			
207	ARC 11	1			
210	SPN 210	2	San Pedro Nonualco, La paz	13°36'15.81"	89°56'42.07"
211	SPN 211	1			
CPS 198	CPS 198	2	Árboles de cacao criollo por semilla del clon 198 (ARC 4), Arcatao, Chalatenango	13°34'47.90"	88°56'23.5"
CPS JA	CPS JA	16	Árboles de cacao criollo por semilla de los clones de Jaime Arévalo (JA), Izalco, Sonsonate	13°44'03.1"	89°40'48.9"
46sv	46 SV	2		13°35'59.90"	88°55'52.00"
49sv	49 SV	1	San Pedro Nonualco, La Paz		
6	SL 6	1	Ciudad Delgado, San Salvador	13°45'58.21"	89°09'7.48"
10	CVT 10	1	Ilobasco, Cabañas	13°57'4.61"	88°38'0.67"
35	CD 2	1	Ciudad Delgado, San Salvador	13°45'22.2"	89°09'10.8"
CPS 2A	CPS 2A	39	Árboles de cacao criollo por semilla del clon 2A (UES 2A), Polideportivo de la UES	13°43'19.50"	89°12'40.70"
Patashte	De semilla	10	Árboles de patashte por semilla de don Jaime Arévalo, Izalco, Sonsonate	13°44'03.1"	89°40'48.9"

#### 4. Banco de germoplasma de Cooperativa Santa Clara.

En cuanto al establecimiento de la colección en la Cooperativa Santa Clara, se inició con la injertación 1200 plantas de cacao con el germoplasma colectado de la reserva forestal que se encuentra en la misma cooperativa considerando que este puede ser denominado como cacao de origen por tener más de 60 años de haberse establecido y que aún los asociados conociendo de su existencia desconocen el potencial genético del mismo por lo que fue necesario su propagación y por ende su rescate.

Cuadro 4. Resumen de accesiones de cacao criollo establecidos en la colección de La Cooperativa Santa Clara No 2. San Luis Talpa, La Paz.

Clon	Código	Cantidad	Sitio de colecta	Coordenadas	
				Latitud	Longitud
2 A	UES 2 A	5	Universidad de El Salvador	13°43'19.50"	89°12'40.70"
5	SL 5	3	Ciudad Delgado, San Salvador	13°45'58.21"	89°09'7.48"
6	SL 6	6			
10	CVT 10	2	Ilobasco, Cabañas	13°57'4.61"	88°38'0.67"
18	TNG 18	5	Tenancingo, Cuscatlán	13°43'10.38"	89°12'10.44"
20	TNG 20	12			
23	TG 1	4			
34	CD 1	2	Ciudad Delgado, San Salvador	13°45'22.2"	89°09'10.8"
36	CD 3	3			
27	ST 1	10	San Luis Talpa, La Paz	13°23'23.5"	89°04'38.4"
29	ST 3	2			
31	ST 5	6			
37		9			
39		5			
40		4			
41	ST 9	8			
42		5			
43	ST 10	5			
45		6			
46		11			
47		7			
49		8			
53		6			
54		6			
55	ST 11	3			
56	ST 12	1			
58		8			
59		5			
62	ST 13	3			
64		7			
65		2			
66		5			
69		4			
70		7			
74		8			
80		1			
82	ST 17	6			
83		3			
89		7			
91		1			
92	ST 18	5			
94		1			
99		4			
102	ST 19	3			
110		1			
112	ST 21	1			
117	ST 22	8			
120		4			
121		9			
122		2			
123	ST 23	7			
125		1			
128		5			
129		3			
131		4			
133		1			
134		5			
136		8			
137		1			
138		2			
139		5			
140		4			
143		5			
144		6			
145		8			
146	ST 24	10			
148		9			
151	ST 25	4			
152		1			
153		4			
154		2			
155		10			
156		3			
157		4			
158		1			
160		6			
161		5			



162		8			
163		3			
165		12			
167		1			
168		6			
169	ST 26	3			
170	ST 27	1			
172		8			
173		2			
175		1			
177		9			
179		6			
181		5			
182		8			
184		6			
189		5			
190		8			
191		2			
192		1			
193		2			
CPS 2A	CPS UES 2A	200	Árboles de cacao criollo por semilla del clon 2A (UES 2A), Polideportivo de la UES	13°43'19.50"	89°12'40.70"
CPS JA	CPS JA	50	Árboles de cacao criollo por semilla de los clones de Jaime Arévalo (JA), Izalco, Sonsonate	13°44'03.1"	89°40'48.9"
CPS 34	CPS 34	3	Árboles de cacao criollo por semilla del clon 34 (CD 1), Ciudad Delgado, San Salvador	13°45'22.2"	89°09'10.8"
CPS 36	CPS 36	3	Árboles de cacao criollo por semilla del clon 36 (CD 3), Ciudad Delgado, San Salvador		
Patashite	Patashite	10	Árboles de patashite por semilla de don Jaime Arévalo, Izalco, Sonsonate	13°44'03.1"	89°40'48.9"
Café arábica	Cuscatleco/Nemaya	200			
Café robusta	4 clones	100			

En el cuadro 4 se presenta todo el germoplasma establecido en la Cooperativa Hacienda Santa Clara, de los cuales se encuentra árboles llevados de la colecta realizada en otras localidades y se presenta el resto con codificación ST y un correlativo como árboles caracterizados originarios de la reserva forestal de la misma cooperativa. Se totalizan un número de 98 clones conservados en esa colección de los cuales 85 clones fueron los rescatados de la reserva en mención y que se evaluará su desempeño productivo en investigaciones futuras. Este germoplasma tiene el potencial de ser declarado como material "de origen" y manejarse con su respectiva marca registrada.

Además del establecimiento de la colección de cacao criollo, también se estableció la colección de clones de café robusta y una parcela de café variedad cuscatleco injertado en "Nemaya". En esta localidad los clones se establecieron utilizando otro diseño, alternando clones de dos en dos, como se muestra en la figura 8 y 9.



Figura 7. Estudiantes voluntarios, tesistas y de horas sociales injertando cacao en la Cooperativa Santa Clara.

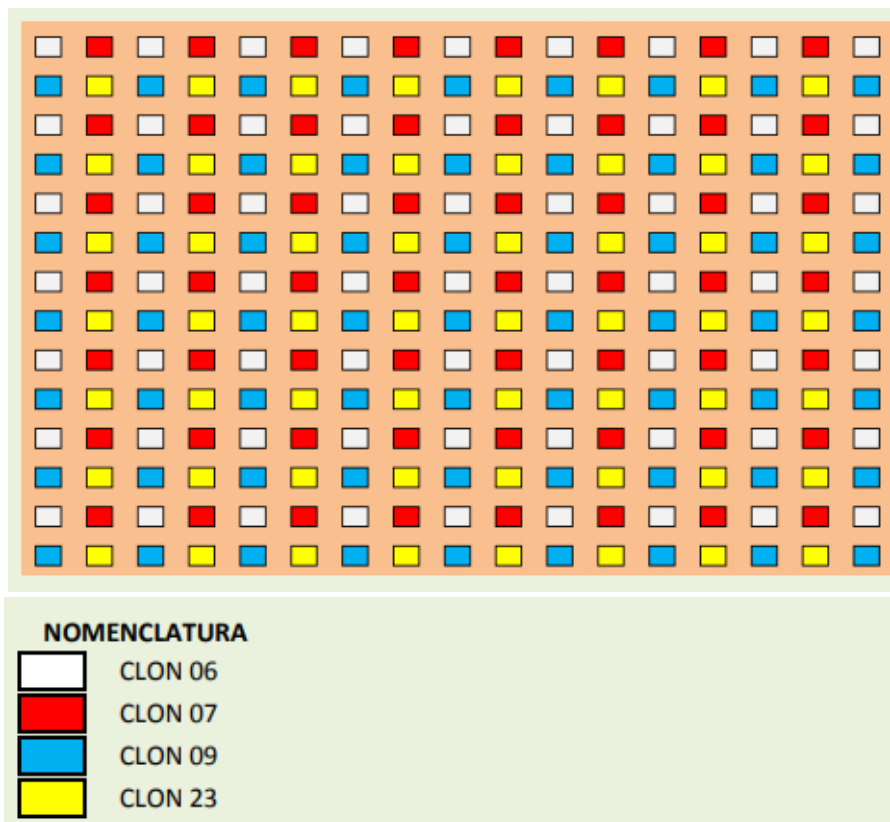


Figura 8. Arreglo de la siembra de *Coffea canephora* alternando clones de dos en dos, en la Cooperativa Hacienda Santa Clara.

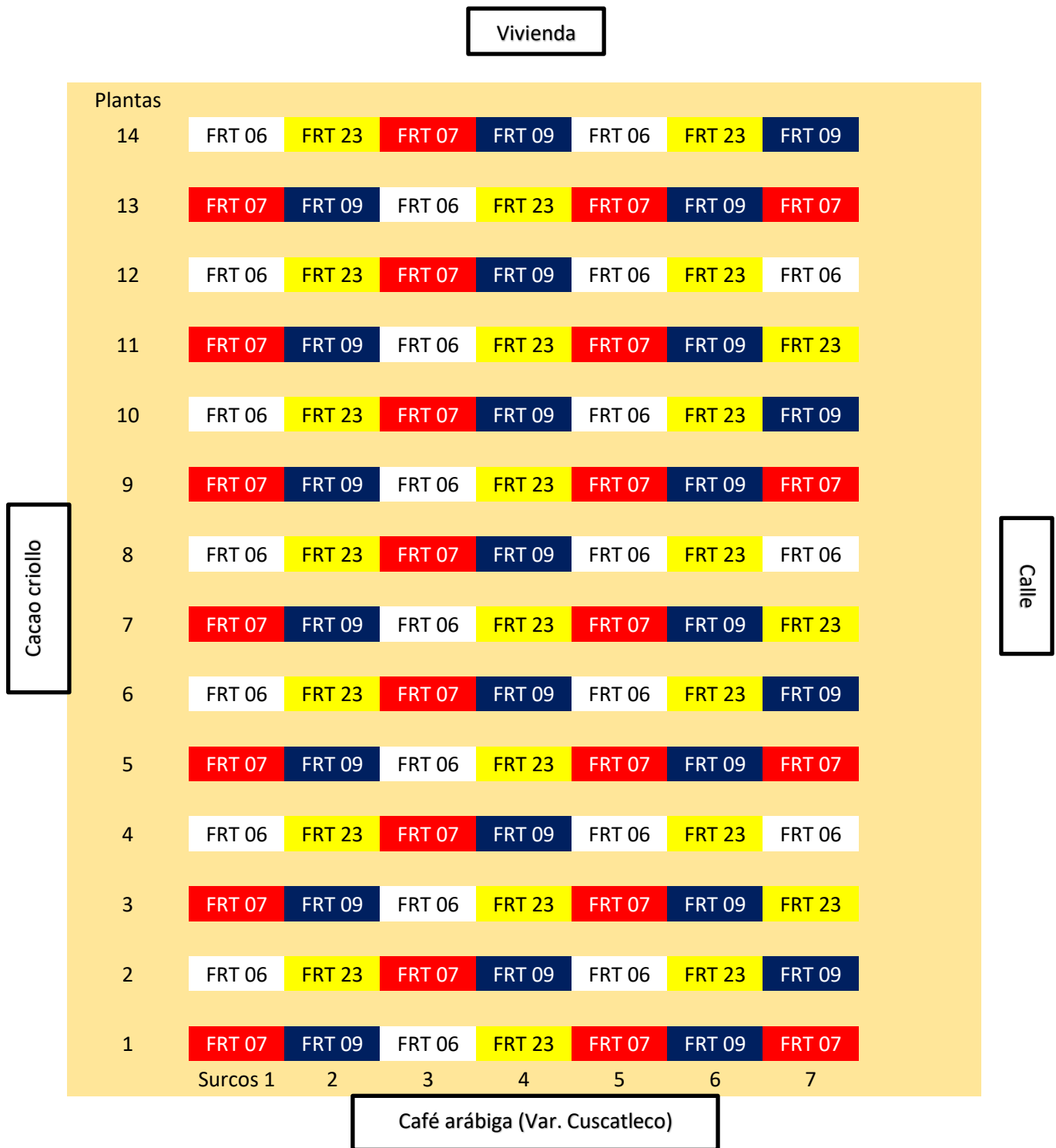


Figura 9. Mapa de clones de Café robusta establecido en la Cooperativa Santa Clara distanciamiento (3.0 X 3.0 m)

## CONCLUSIONES

Se cuenta con cuatro bancos de germoplasma de cacao y tres de café robusta, con este germoplasma se iniciará un programa de investigación a fin de generar paquetes tecnológicos integrales para transferirlos a los productores interesados en estos cultivos tomando en cuenta su aptitud de requerir sombra por lo que se constituirán en cultivos altamente rentables y ecológicamente amigables, asimismo, serán la base para iniciar programas de divulgación que enmarquen la adopción y formación de productores en el manejo estos nuevos cultivos.

Más del 60% de la zona costera cuenta con áreas planas a semiplanas, suelos fértiles y que permiten el laboreo mecanizado, por lo tanto, el esfuerzo que realiza la Hacienda Santa Clara, con el apoyo de la Universidad de El Salvador, en la adopción de nuevos cultivos como el cacao (iniciado en el 2016) y café robusta (2018), son basados en el principio de adopción de cultivos: “ **el cultivo debe de ser rentable y amigable al ambiente**”, los que se constituyen como la base fundamental de quienes se proyectan y encuentran gran potencial en el café robusta y cacao.

## RECOMENDACIONES

Los árboles rescatados de la reserva forestal de la cooperativa requieren de evaluaciones de productividad y seleccionar aquellos que presenten el mayor rendimiento de cosecha y demuestren el mejor perfil organoléptico, para considerarlo como “cacao de origen” y generar su propia marca registrada de la Cooperativa Hacienda Santa Clara.

## BIBLIOGRAFÍA

**CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Costa Rica). 2007.** Asegurando Nuestro Futuro. Colecciones de germoplasma del CATIE. Turrialba, Costa Rica. 204 p.

**MARN (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, El Salvador). 2013.** Información meteorológica: Servicio Meteorológico Nacional. San Salvador, El Salvador.

**Nieto-Ángel, R. 2007.** Frutales Nativos. Un recurso fitogenético de México. Universidad Autónoma de Chapingo. Km 38.5, Carretera México-Texcoco. 270 p.

**Parada Berríos, FA; Cruz Pineda, E. 2002.** Bancos de germoplasma como material de Propagación de frutales diversificados en los ceda del CENTA. Informe memoria Institucional. Inédito.



# PROPAGACIÓN VEGETATIVA DE CACAO







## **Evaluación de diferentes dosis de ácido indol butírico (AIB), en el enraizamiento de estacas de cacao criollo (*Theobroma cacao* L.) utilizando polipropagadores de madera.**

**Mejía-Chávez, HM; Jiménez-Fuentes, CI; Parada-Berrios, FA; Vásquez-Osegueda, EA; Lovo-Lara, LM.**

### **RESUMEN**

La investigación se realizó de octubre de 2017 a octubre de 2018, en el vivero de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador, el objetivo de la investigación fue evaluar el ácido indol butírico (AIB) en el enraizamiento de estacas de cacao criollo (*Theobroma cacao* L.). Para el desarrollo se utilizó un diseño completamente al azar realizando tres experimentos, iniciando con dosis superiores en los primeros dos, con ocho tratamientos, tres repeticiones y la prueba de separación de medias de Tukey. Las concentraciones de AIB utilizadas en el tercer experimento fueron de 200 mg.l<sup>-1</sup>, 400 mg.l<sup>-1</sup>, 600 mg.l<sup>-1</sup>, 800 mg.l<sup>-1</sup>, 2000 mg.l<sup>-1</sup>, 4000 mg.l<sup>-1</sup>; un tratamiento con solución azucarada al 25% y el testigo o control donde no se agregó nada, además a todas las estacas se aplicó ácido acetil salicílico (ASS), para atenuar el estrés de las mismas. Las estacas se instalaron en tres propagadores por subirrigación construidos artesanalmente con madera, uno por repetición. Las variables evaluadas fueron: porcentaje de enraizamiento, longitud y diámetro de raíces, porcentaje de brotación de yemas, sobrevivencia de plantas, permanencia de hojas y grados días de desarrollo (GDD), utilizando la correlación de Pearson para conocer la influencia entre variables. Como resultados en los primeros dos experimentos las estacas murieron en menos de dos semanas. El tercer experimento con resultados satisfactorios se obtuvo diferencias estadísticas significativas con el uso de AIB, en dosis de 4000 mg.l<sup>-1</sup>, la que generó mayor número de raíces en las estacas de cacao. Al final se concluye, que el uso de AIB en las diferentes dosis utilizadas favorece considerablemente al enraizamiento de estacas de cacao criollo, no obstante, cabe destacar que el uso de ácido acetil salicílico en todos los tratamientos, en el tercer experimento, mejoró la sobrevivencia de las estacas de cacao, destacando además la alta correlación positiva encontrada entre el número de hojas inicial, longitud y diámetro de las estacas, como posibles factores que incidieron en el enraizamiento.

**PALABRAS CLAVES:** Acido indol butírico, Cacao criollo, Propagador por subirrigación de madera, propagación por estacas, enraizamiento.

## INTRODUCCIÓN

Conocer sobre los mejores métodos de propagación de plantas de cacao es importante para los cacaocultores de El Salvador que desean establecer plantaciones de variedades productivas y principalmente de calidades uniformes, con la finalidad de alcanzar los mejores precios en el mercado nacional e internacional. Dubón y Sánchez (2011), indican que la propagación vegetativa reproduce fielmente las características de los árboles; este método permite obtener las plantas más uniformes ya que no se usan las semillas. Dubón y Sánchez (2011) y Phillips *et al.* (2013) mencionan que el método más común de reproducción vegetativa es el injerto, que origina plantas denominadas cultivares o clones que conservan íntegramente el árbol reproducido.

Aldana García (s.f.), reporta que una de las limitantes del injerto es el tiempo y el costo desde la siembra del patrón hasta el momento en que la planta está lista para la siembra en campo. Aldana García (s.f.), explica que una forma de solucionar la situación planteada anteriormente es la reproducción vegetativa o asexual por medio de la “clonación por estaca o enraizamiento de ramillas”. El enraizamiento de estacas, se fundamenta en cortar la parte final de una rama de cacao e inducirla a producir raíces y yemas. El mismo autor explica el procedimiento refiriéndose a la selección de los clones que representan interés para el cacaocultor, principalmente por características como alta productividad, calidad, resistencia a plagas y enfermedades. Esta ramilla debe tener el leño verdoso o semiverdoso y sus hojas deben presentar buen vigor y excelente desarrollo fisiológico. Acondicionada la ramilla se procede a la aplicación de una hormona enraizante en la base y se siembra de inmediato en bolsas. Una vez sembradas las estacas se cubren todas las plantas ubicadas en filas, se encierran con un plástico transparente durante 45 a 60 días. El plástico debe quedar sellado por los cuatro lados para evitar la entrada de aire, agua e insectos, permitiendo generar un efecto de invernadero. Mesén (1997), propone el uso del propagador de subirrigación, descrito por Leakey *et al.* (1990), para la multiplicación de estacas foliadas, el cual parece ser más práctico y más fácil de manejar la esterilidad del sustrato para evitar podriciones de las estacas (Figura 1).

El objetivo de la presente investigación es proponer a los agricultores una técnica de propagación vegetativa más práctica, rápida y eficiente que nos genere plantas de cacao en poco tiempo y que se reproduzcan las características de interés al cacaocultor basado en la demanda del mercado.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Localización del experimento

La investigación se ejecutó en el vivero de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador durante los meses de octubre de 2017 a octubre de 2018, con coordenadas geográficas 13°43'09.21" latitud norte y 89°12'01.08" longitud oeste, a una altitud de 695 msnm.

### Metodología de campo

#### Habilitación del propagador por subirrigación

Se construyeron tres propagadores de madera con una cobertura de plástico polietileno transparente considerando el diseño de 0.90 metros de ancho y 1.70 metros de largo y una altura de 0.75 metros en la pared lateral superior y 0.50 metros en la pared lateral inferior. Esta estructura permite la protección del material vegetativo contra plagas, enfermedades y contra otras especies animales. Los primeros 25 cm se rellenaron con capas sucesivas de piedra pómez grande (6-10 cm de diámetro), piedras pequeñas (3-6 cm) y los últimos 5 cm se cubrieron con la misma piedra pómez con granulometría más fina a fin de sostener las estacas. Los 25 cm basales se llenaron con agua, de manera que el sustrato de enraizamiento siempre se mantuviera húmedo por capilaridad. Para introducir el agua u observar su nivel se utilizó un tubo de PVC insertado verticalmente a través de diferentes capas de material. La caja se cubrió con una tapa articulada con bisagras de tal manera que ajustara bien, también se forró con plástico, para mantener alta la humedad interna y que en las horas de mayor temperatura el vapor se elevara a chocar con la tapa y por condensación mantener húmedas las hojas de las estacas, siendo este el principio en que se basa este sistema de enraizamiento (Figura 1).

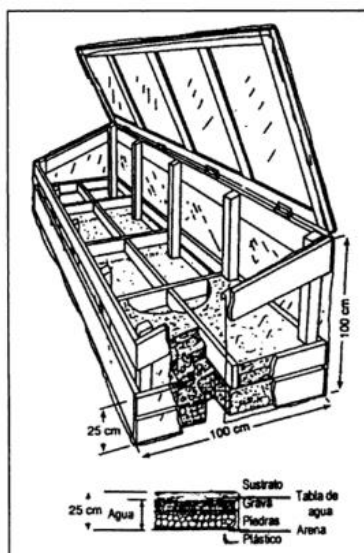


Figura 1. Diseño de propagador de subirrigación  
(Fuente: Lentray *et al.* 1990 citado por Mesen 1997)

## Experimentos previos

Se desarrollaron dos experimentos antes de la fase final, el primero se estableció el 26 de octubre de 2017 y el segundo el 29 de noviembre de 2017.

### Experimento 1

Se evaluaron 8 tratamientos, 6 con diferentes dosis de AIB ( $T_1= 2000$  ppm,  $T_2= 3000$  ppm,  $T_3= 4000$  ppm,  $T_4= 6000$  ppm,  $T_5= 8000$  ppm,  $T_6= 12000$  ppm),  $T_7=$  solución azucarada y el  $T_0=$  testigo absoluto, en un diseño completamente al azar utilizando 3 propagadores por subirrigación.

### Experimento 2

Se evaluaron 8 tratamientos, 6 con diferentes dosis de AIB ( $T_1= 200$  ppm,  $T_2= 400$  ppm,  $T_3= 600$  ppm,  $T_4= 800$  ppm,  $T_5= 2000$  ppm,  $T_6= 4000$  ppm),  $T_7=$  solución azucarada y el  $T_0=$  testigo absoluto, en un diseño completamente al azar utilizando 3 propagadores por subirrigación.

## Preparación del material vegetal

Para el desarrollo del experimento se ejecutaron las actividades siguientes:

**1. Selección de árboles.** El material seleccionado fueron estacas de árboles de cacao criollo obtenidas del banco de germoplasma de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador (Fotografía 1. a).

**2. Recolecta de varetas.** La recolección de las estacas se realizó a partir de las 6:00 hasta las 10:00 am., tomando en cuenta características de importancia como estar libres de enfermedades y plagas, de coloración verduzca en el ápice de la estaca y café en la base (Figura 2. a).

**3. Preparación de estacas.** Las estacas se tomaron de la parte terminal y se cortaron con un tamaño promedio de 15 a 20 cm de largo y 0.5-0.8 cm de diámetro dejando cuatro hojas por estaca (Figura 2. b).

**4. Preparación de las concentraciones hormonales.** Un día antes del montaje del experimento se prepararon seis concentraciones de ácido indol butírico (AIB) a  $200 \text{ mg.l}^{-1}$ ,  $400 \text{ mg.l}^{-1}$ ,  $600 \text{ mg.l}^{-1}$ ,  $800 \text{ mg.l}^{-1}$ ,  $2000 \text{ mg.l}^{-1}$  y  $4000 \text{ mg.l}^{-1}$ . Además se preparó una solución azucarada al 25% de concentración y un testigo o control sin ningún tratamiento (Figura 2. e y f).

**5. Preparación de estacas para la siembra.** Se realizó limpieza y desinfección de las estacas mediante la inmersión en una solución desinfectante y dos soluciones de agua destilada. La solución desinfectante fue hipoclorito de sodio al 10%, colocándolos en una bandeja donde se mantuvieron inmersas durante 10-15 segundos enjuagándose en una segunda y tercera bandeja con agua destilada, con la finalidad de desinfectar el material vegetal y evitar muerte por contaminación por patógenos (Figura 2. g y h).

**6. Montaje del experimento.** Se procedió al corte de tres tercios de la hoja presentes en la estaca dejando el área foliar necesaria para realizar los procesos fotosintéticos. En la parte inferior de la estaca se le realizó un corte transversal y de tres a cuatro heridas longitudinales profundizando levemente la corteza del tallo, sumergiendo 2 cm de la estaca en las diferentes soluciones AIB y la solución azucarada según los tratamientos correspondientes. Se tomaron datos por cada estaca: del número de fracción de hojas, longitud y diámetro; correlacionando los promedios generados con el resto de variables

evaluadas durante el proceso del experimento (Cuadro 1). Al finalizar esta etapa se procedió a la siembra de las estacas en el sustrato de piedra pómez (Figura 2. i y j).

**7. Aplicación de Ácido Acetil Salicílico (ASS).** En el tercer experimento se decidió aplicar ASS conocido popularmente como Aspirina® ya que se ha reportado que regulan la biosíntesis de metabolitos secundarios (Bennet y Wallsgrove, 1994). También se reporta que la ASS tiene un papel importante en dos fenómenos fisiológicos, en la resistencia de plantas y en la producción de calor en las inflorescencias de las familias *Araceae* y *Palmaceae* (Raskin, 1992 citado por Villanueva–Cough *et al.* 2009). Por lo tanto se aplicó una pastilla de 500 mg.l<sup>-1</sup> de agua, cada 15 días por cada repetición es decir por cada propagador por subirrigación.

### Metodología estadística

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar, con ocho tratamientos, cada unidad experimental conformada por 35 estacas, haciendo un total de 210 estacas y tres repeticiones, distribuidos como se muestra en el cuadro 1.

### Variables evaluadas

Las variables que se evaluaron fueron: longitud y diámetro de estacas (cm), porcentaje de enraizamiento (%), número de raíces, longitud de raíces (cm), diámetro de raíz (mm), porcentaje de brotación (%), porcentaje de sobrevivencia (%), número de hojas, días a enraizamiento, unidades de calor expresado en grados días de desarrollo [GDD=  $\sum(T_i - T_b)$ ].

Cuadro 1. Descripción de los tratamientos con Ácido Indolbutírico (AIB)

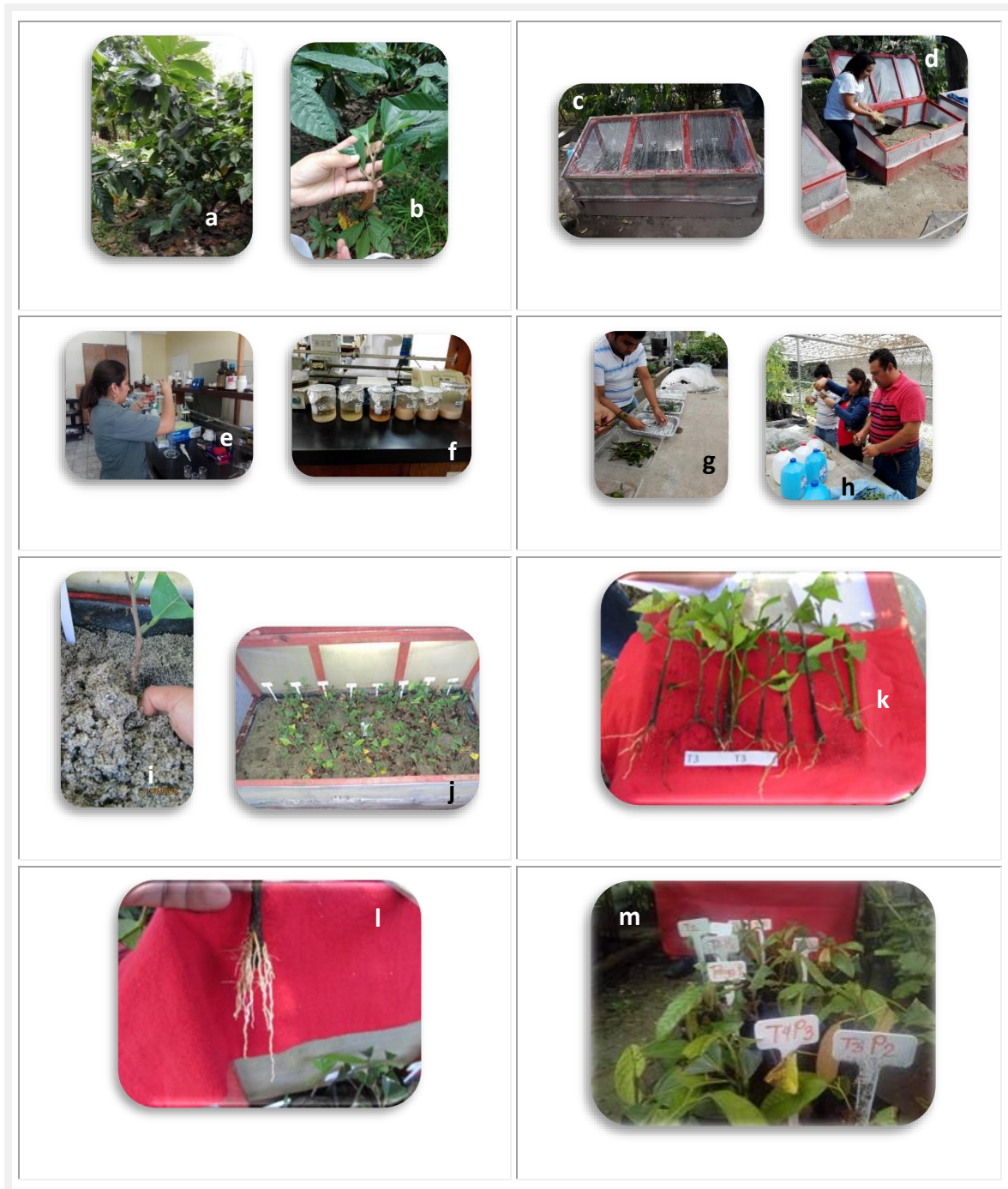
Tratamiento	Descripción	Estacas iniciales	Datos tomados al inicio		
			No. de hojas	Longitud de estacas	Diámetro de estacas
T <sub>0</sub>	Testigo sin nada	35	5.00	18.50	0.58
T <sub>1</sub>	200 mg.l <sup>-1</sup> de AIB	35	4.67	18.71	0.58
T <sub>2</sub>	400 mg.l <sup>-1</sup> de AIB	35	4.67	14.54	0.56
T <sub>3</sub>	600 mg.l <sup>-1</sup> de AIB	35	4.67	17.77	0.61
T <sub>4</sub>	800 mg.l <sup>-1</sup> de AIB	35	4.00	18.56	0.62
T <sub>5</sub>	2000 mg.l <sup>-1</sup> de AIB	35	5.00	17.58	0.55
T <sub>6</sub>	4000 mg.l <sup>-1</sup> de AIB	35	4.33	18.84	0.55
T <sub>7</sub>	Solución azucarada 25%	35	4.67	14.61	0.46

### Análisis estadístico

Para cada variable se realizó el análisis de varianza utilizando el programa InfoStat con su respectiva prueba de Tukey para comparación de medias, así como la determinación de la influencia de una variable con otra a través de la determinación de la correlación de Pearson.

### Toma de datos

La toma de datos se realizó al inicio del experimento, contando el número de fracción de hoja que se le dejó a las estacas, longitud y diámetro de estacas. A partir de los 20 días se comenzó a monitorear cinco estacas de cada tratamiento para evidenciar la presencia de callo o raíces, el resto de información se recolectó al final del experimento, seguido del trasplante de las estacas enraizadas en bolsas de polietileno negro de 6" x 9".



**Figura 2.** Pasos y procesos para el enraizamiento de estacas de cacao en polipropagadores por irrigación **a y b)** Selección de árboles y preparación de estacas de cacao. **c y d)** desinfección de sustrato en propagadores por subirrigación. **e y f)** preparación de soluciones de ácido indol butírico (AIB) en sus diferentes concentraciones. **g y h)** toma de datos inicial y preparación de estacas para colocarlos en los propagadores. **i y j)** siembra de estacas en los propagadores. **k y l)** cosecha de estacas enraizadas después de 30 días de siembra y **m)** estacas desarrolladas dos meses después de cosechadas.



## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Ante la problemática que presenta para el sector productivo de cacao la propagación vegetativa masiva de plantas con alto potencial genético, se procedió a evaluar seis dosis de AIB y una solución azucarada y su incidencia en el enraizamiento de estacas de cacao, bajo la técnica del propagador por subirrigación de madera, para determinar que dosis son capaces de generar la rizogénesis. A continuación se presentan los resultados:

### Experimento 1

Como resultados después de 30 días de establecidas las estacas, no hubo presencia de callo por lo tanto no se pudo analizar estadísticamente. Sin embargo tratamientos como el testigo ( $T_0$ ) presentó un porcentaje de sobrevivencia de las estacas del 5.70% y enraizamiento de un 2.85%, de igual forma el tratamiento con 4000 ppm ( $T_4$ ) reporta los mismos resultados, en el resto de dosis de AIB, las estacas murieron en las primeras dos semanas. Probablemente hubo toxicidad, por las dosis de AIB demasiado elevadas.

### Experimento 2

Después de 36 días de establecido el experimento se presentaron resultados similares al experimento 1, con la variante que fue el tratamiento con 200 ppm el que presentó el 2.85% de enraizamiento y una sobrevivencia de las estacas del 43.33% a los 33 días de establecido el ensayo.

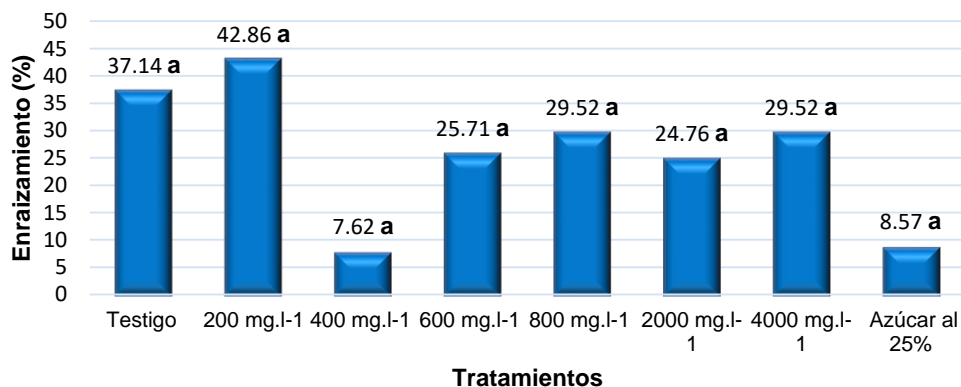
### Resultados experimento 3

#### Porcentaje de enraizamiento (%), días a enraizamiento y grados días de desarrollo (GDD).

El análisis de varianza para las tres variables no registró diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos, no obstante al analizar los promedios variable por variable, se puede observar que, en el porcentaje de enraizamiento la dosis de 200 mg.l<sup>-1</sup> fue la que presentó el mayor valor con un 42.86% y la de menor valor 400 mg.l<sup>-1</sup> (Figura 3). Mientras que al revisar los días a enraizamiento todos los tratamientos presentaron un intervalo entre los 23 y 30 días necesarios para que ocurriera dicho evento fisiológico estimulado por el factor evaluado, siendo la dosis de 800 mg.l<sup>-1</sup>, que promovió el enraizamiento de las estacas a los 23 días y la solución azucarada a los 30 días (Figura 4). De igual manera durante el experimento se registraron las temperaturas máximas y mínimas dentro de las cajas a fin de obtener unidades de calor expresadas en grados días de desarrollo (GDD) que según Snyder (1985), está demostrado que el crecimiento vegetativo u otra actividad fenológica o fisiológica está influenciada por la temperatura del medio; se asume que a una temperatura determinada un organismo requiere de un número de días para completar un evento en su desarrollo y que a una temperatura más baja que la temperatura base (12°C para cultivos tropicales), deja de haber crecimiento, con ello se obtiene la constante térmica GDD (Figura 5). El tratamiento que requirió menos unidades calor fue 800 mg.l<sup>-1</sup>, mientras que la solución azucarada fue la que requirió mayores unidades calor (GDD), sin embargo podemos inferir que para esos 23 a 30 días que tarda el enraizamiento se demanda de un intervalo de unidades calor entre los 342 y 441 GDD para los cacaos criollos. Por otra parte Mata (2006) determinó que existe diferencia entre los clones de cacao criollo de acuerdo a su facilidad de propagación, por lo que se considera que la aplicación de AIB probablemente no tiene influencia en el porcentaje de enraizamiento. Son condiciones de temperatura y de humedad relativa dentro del propagador por subirrigación los que podrían proporcionarle las condiciones adecuadas para el enraizamiento de las estacas, situación evidenciada, por los valores mostrados por el testigo.

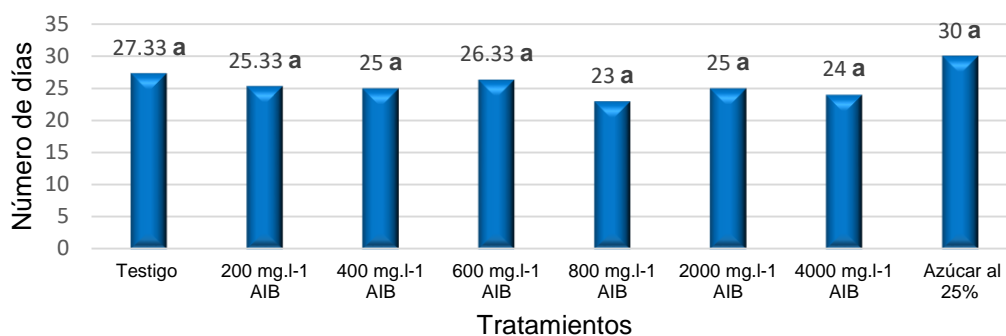
Al comparar el experimento 3 con el experimento 1, donde las dosis de AIB eran más elevadas Álvarez Argudín (1997), señala que es típico de la auxina, actuar conforme a una curva, que, en todos los meristemos presenta un óptimo, y si sigue elevando la concentración, decae por debajo del testigo. En el experimento 1 y 2 la sobrevivencia de las estacas no fue mayor a dos semanas Rojas Garcidueñas, (1979) citado por Alvarez Argudín (1997) explica que la acción de las auxinas se ejerce en dos etapas: en el primero se estimula el crecimiento ya que se acelera el metabolismo, en las bajas concentraciones, pero al aumentar las concentraciones el estímulo se acorta provocando inhibición y es lo que caracteriza a la segunda etapa. Tizio (1980) citado por Alvarez Argudín (1997), explica que el causante de la muerte de las estacas sería el etileno, cuya síntesis es estimulada cuando la concentración de la auxina aumenta, lo que se demuestra con el amarillamiento de las hojas casi de manera fulminante, y solamente el testigo y la solución azucarada sobrevivieron por más tiempo.

En el experimento 3 con la aplicación de ASS en todos los tratamientos se logra mantener la sobrevivencia de las estacas por más tiempo, el necesario, para lograr el enraizamiento en diferentes porcentajes según las concentraciones de AIB usadas y el testigo, San Miguel *et al.* (2003) citado por Villanueva-Couoh *et al.* (2009) el ASS aplicado en diferentes formas se ha reportado que provoca el cierre de estomas y reduce la transpiración, aumenta la biomasa en las plantas e incrementa la embriogénesis somática en cultivos de tejidos. El ácido salicílico producido internamente tiene un papel importante en dos fenómenos fisiológicos, en la resistencia de plantas y en la producción de calor en las inflorescencias de las familias Araceae y Palmaceae. Por tal motivo en esta investigación se considera que todos los tratamientos más la aplicación de ASS (Aspirina®), incrementó el enraizamiento al evitar la caída de las hojas de manera prematura lo que se demuestra con una correlación de Pearson de  $r = 0.99$  entre el porcentaje de enraizamiento y las estacas sobrevivientes.



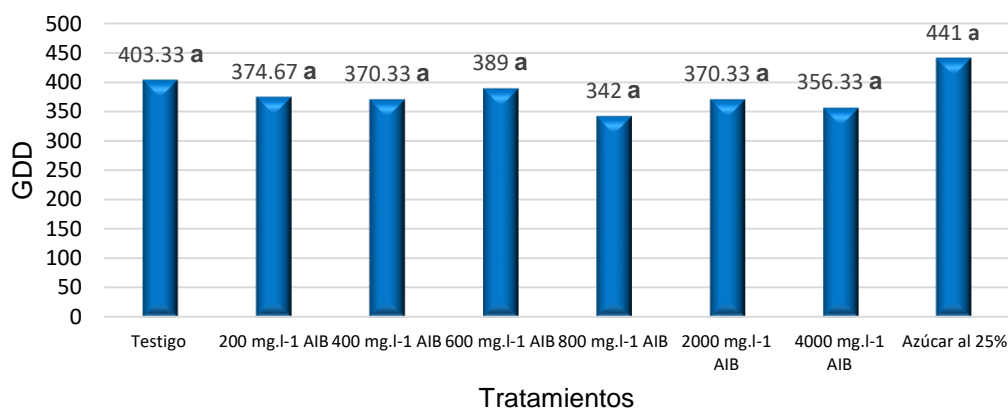
(Barras con la misma letra son estadísticamente iguales al 5% de significancia).

Figura 3. Efecto de las concentraciones de AIB en el enraizamiento de estacas de cacao criollo.



(Barras con la misma letra son estadísticamente iguales al 5% de significancia).

Figura 4. Efecto de las concentraciones de AIB en los días a enraizamiento de estacas de cacao criollo.



(Barras con la misma letra son estadísticamente iguales al 5% de significancia).

Figura 5. Efecto de las concentraciones de AIB en los grados días de desarrollo (GDD) necesarios para el enraizamiento de estacas de cacao criollo.

### Número de raíces, longitud de raíz, diámetro de raíz

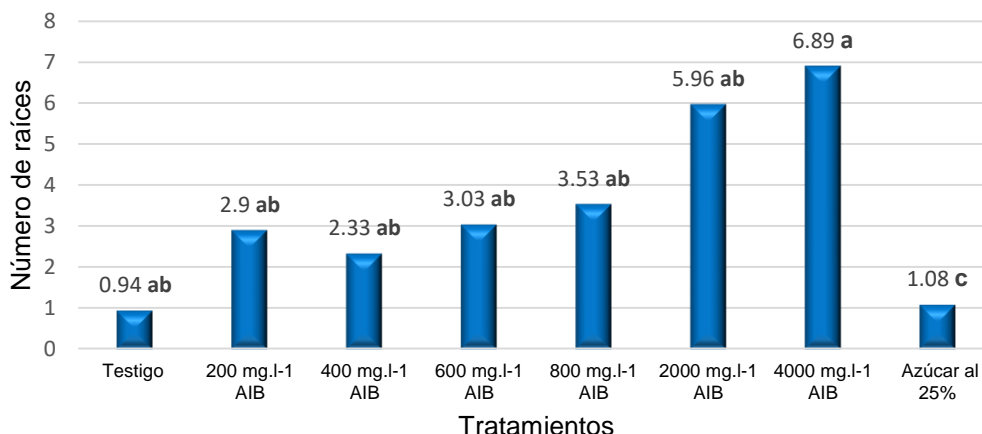
Con relación a la variable número de raíces, en la figura 6, se puede observar, que solo ésta variable presentó diferencias estadísticas altamente significativas, mientras que las otras dos variables se considera que los tratamientos son estadísticamente iguales. Al respecto la variable número de raíces se vuelve de alta relevancia porque todos los tratamientos evaluados resultaron efectivos en el enraizamiento, sin embargo, no todos fueron eficientes, lográndose determinar que la dosis de 2000 y 4000 mg.l<sup>-1</sup>, generaron 5.95 y 6.89 raíces respectivamente, mientras que la longitud de las raíces, de estos mismos tratamientos al analizar los promedios (Figura 7), se observan valores satisfactorios de 6.71 y 6.96 respectivamente, aunque vale la pena mencionar que la mayor longitud se obtuvo con 800 mg.l<sup>-1</sup> (7.54 cm). Asimismo, al analizar el diámetro de las raíces en la figura 8, el tratamiento con 2000 mg.l<sup>-1</sup>, presentó el mayor valor (0.12 cm). Es importante destacar que el uso de AIB en las diferentes concentraciones se logra obtener un rendimiento favorable de raíces con 2000 y 4000 mg.l<sup>-1</sup>, aunque el mayor porcentaje de enraizamiento se logre con 200 mg.l<sup>-1</sup> y el testigo, sin embargo la calidad de raíces obtenidas es inferior.

Álvarez Argudín (1997), describe la influencia de factores externos en la formación y desarrollo de raíces adventicias, entre estas las heridas ya que desde épocas antiguas se conoce, empíricamente que, al efectuar heridas en la base de las estacas, se favorece el enraizado, menciona que, en estacas de manzana cuatro incisiones longitudinales hechas en la base aumentaron el enraizamiento y el número de raíces de manera significativa frente al testigo. En la figura 2. k y l, se observa que las raíces emergen donde inicia la herida de arriba hacia abajo al respecto Álvarez Argudín (1997), menciona que las raíces emergen desde el callo formado en la herida, pareciendo que ello está asociado al cambium

desarrollado en el propio callo, además recalca, que como tantas prácticas culturales, el efecto de la herida en el enraizado, no ha sido bien explicado; y tan solo, se han emitido hipótesis.

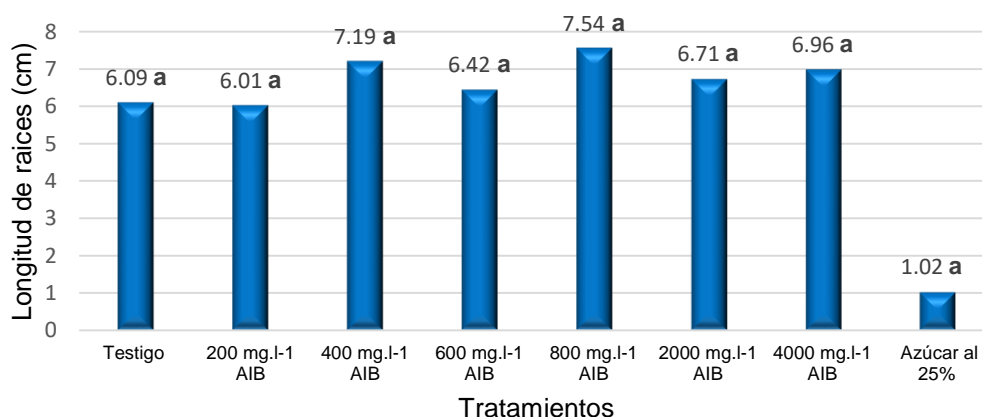
Howard (1968) citado por Alvarez Argudín (1997), describe una hormona de herida específica, liberada como consecuencia del daño provocado en los tejidos, que, aparte de incidir en la formación de callo cicatrizal favorece el enraizado, sin embargo Fiorino y Vitagliano (1968) también hacen referencia a una hormona de herida y a cofactores, considerando la posibilidad de que en la zona de las heridas se produzca una mayor absorción del AIB, intensificándose el proceso de inducción de la rizogénesis.

Asimismo, Hartman y Kester (1991) opina que, el efecto benéfico de las heridas, puede deberse a una acumulación natural de auxinas y de carbohidratos en el área lesionada y a un incremento en la tasa de respiración, pudiéndose corroborar esta aseveración ya que se presentó una  $r = 0.76$  entre el número inicial de hojas y el número de raíces;  $r = 0.76$  entre el diámetro del tallo y el número de raíces; asimismo, se presenta una correlación positiva entre el número inicial de hojas con la longitud de raíz de  $r = 0.92$  y con el diámetro de raíz una  $r = 0.97$ , considerando que ambas estructuras (hojas y tallo) generan y almacenan respectivamente carbohidratos. Además, los tejidos lesionados por las heridas, se estimulan para que produzcan etileno, promoviendo la formación de raíces.



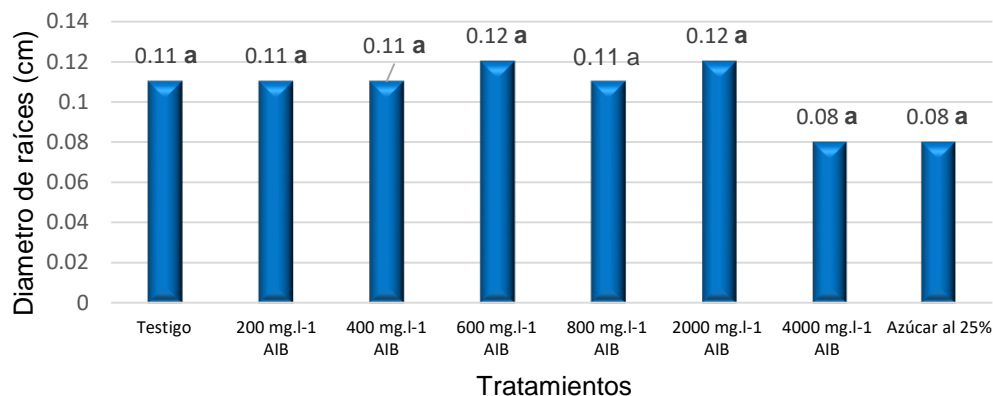
(Barras con la misma letra son estadísticamente iguales al 5% de significancia).

Figura 6. Efecto de las concentraciones de AIB en la emisión del número de raíces en estacas de cacao criollo.



(Barras con la misma letra son estadísticamente iguales al 5% de significancia).

Figura 7. Efecto de las concentraciones de AIB en la longitud de las raíces emitidas en estacas de cacao criollo.



(Barras con la misma letra son estadísticamente iguales al 5% de significancia)

Figura 8. Efecto de las concentraciones de AIB en el diámetro de las raíces emitidas en las estacas de cacao criollo.

### Porcentaje de brotación, porcentaje de sobrevivencia de estaca y plantas producidas

Estas variables también no presentaron diferencias estadísticas significativas, sin embargo al observar el cuadro 2 y la figura 9, la mayor brotación ocurrió con las dosis 200, 400, 600 y 800 mg.l<sup>-1</sup>. Asimismo, se observa que tanto el testigo como las dosis de 200, 800 y 4000 mg.l<sup>-1</sup>, mostraron los porcentajes más altos de sobrevivencia y las dosis de 200, 600 y 2000 mg.l<sup>-1</sup>, el mayor porcentaje de plantas producidas. La correlación de Pearson entre las variables porcentaje de brotación y sobrevivencia de estacas fue de  $r = 0.71$  y una  $r = 0.70$  entre el número inicial de hojas con la brotación, pero también se registró una  $r = 0.94$ , entre el porcentaje de enraizamiento y la sobrevivencia de las estacas, deduciendo sobre la importancia de la presencia de las hojas desde el inicio del experimento y su influencia en el enraizamiento y por ende en la sobrevivencia de las estacas y producción de plantas. Al respecto Luini y Sturma (1973) sostienen que si bien la yema no sería la responsable en determinar la emisión de raíces o rizogénesis, influye en el proceso como orientadora, no actuando como individuo autónomo, sino, más bien, como un órgano que conserva y manifiesta el estado fisiológico del individuo-planta. Los mismos autores mencionan que las hojas ejercen en general, un estímulo que puede traducirse en mejores resultados a nivel del número de estacas enraizadas, de la cinética de aparición de raíces adventicias y de su número, peso y longitud de raíces, ésta última variable presentó una  $r = 0.92$  entre el número inicial de hojas con la longitud de raíces demostrando la importancia de las hojas en la reproducción de plantas por estacas con hojas. Fontanazza y Ruggini (1980) citado por Alvarez Argudin (1997), menciona que en ciruelo se necesita la presencia de la hoja para que pueda verificarse un buen enraizamiento; y que, ni la yema, aún activa, ni los tratamientos con AIB, sustituyen íntegramente la acción de las hojas, ya que la función de ellas es fundamental, en la activación de la rizogénesis, por ser responsable en la síntesis de metabolitos que participan en dicho proceso y esa acción resulta determinante en los primeros 15 días, lo que hace presagiar que a los 25 días ha tenido la formación de iniciadores radicales, en esta investigación el intervalo de inicio de enraizamiento ocurrió entre los 23 y 30 días, periodo en el que se estimó un acumulado entre 342 y 441 GDD.

Hartman y Kester (1991) basándose en una serie de experimentos, sostienen que las hojas en las estacas, ejercen una fuerte acción estimulante sobre la rizogénesis, manifestando que los carbohidratos contribuyen a la formación de raíces, y es probable que, el fuerte efecto promotor que ejercen las hojas y las yema, se deba a otros factores, como las auxinas, producidas por dichos órganos y transportada desde el ápice a la base.

Cuadro 2. Efecto de las concentraciones de AIB en las Variables de adaptación y crecimiento de las nuevas plantas.

Tratamiento	Tratamiento	% de brotación		% sobrevivencia		% de Plantas producidas	
T <sub>0</sub>	Testigo	3.81	a*	50.48	a*	22.86	a*
T <sub>1</sub>	200 mg.l <sup>-1</sup> AIB	13.33	a	51.43	a	26.67	A
T <sub>2</sub>	400 mg.l <sup>-1</sup> AIB	17.14	a	20.95	a	4.76	A
T <sub>3</sub>	600 mg.l <sup>-1</sup> AIB	12.38	a	34.29	a	<b>13.33</b>	A
T <sub>4</sub>	800 mg.l <sup>-1</sup> AIB	11.43	a	41.90	a	14.29	A
T <sub>5</sub>	2000 mg.l <sup>-1</sup> AIB	5.71	a	<b>28.57</b>	a	16.19	A
T <sub>6</sub>	4000 mg.l <sup>-1</sup> AIB	5.72	a	<b>40.00</b>	a	17.14	A
T <sub>7</sub>	Azúcar al 25%	1.91	a	21.90	a	7.62	A

\*Columnas con la misma letra son estadísticamente iguales al 5% de significancia.

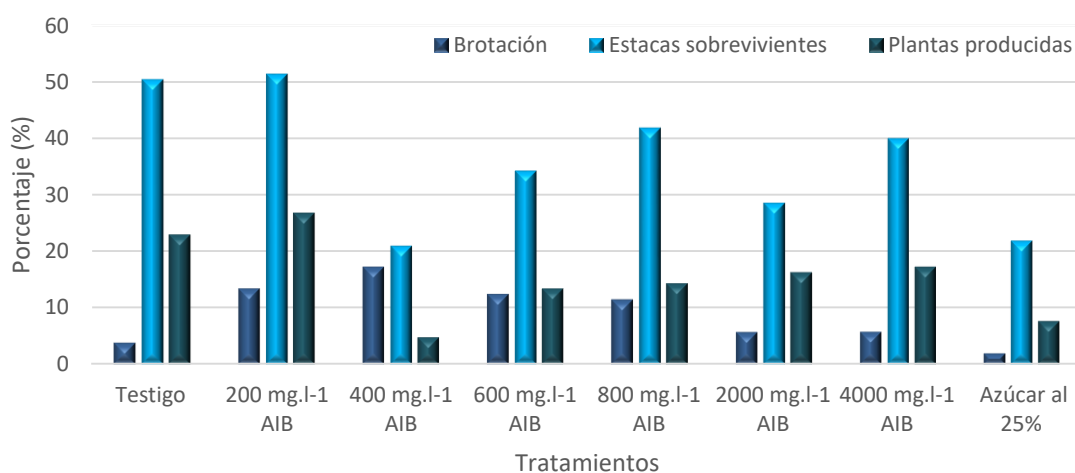


Figura 9. Efecto de las concentraciones de AIB en las variables de adaptación y producción final de plantas.

## CONCLUSIONES

En la mayoría de variables evaluadas no hubo diferencia estadísticas significativas, excepto en el número de raíces formadas, siendo la dosis de 4000 mg.l<sup>-1</sup> de AIB, la que generó la mayor cantidad de raíces, no obstante vale la pena mencionar que el mayor porcentaje de enraizamiento lo generó el tratamiento con 200 mg.l<sup>-1</sup> de AIB y el tratamiento testigo con un 42 y 37% respectivamente, considerando que el uso de AIB en dosis bajas, mejora el enraizamiento y el número de raíces producidas.

Es importante destacar que la aplicación de ácido acetil salicílico (Aspirina®), en todos los tratamientos retardó la caída de las hojas en el tercer experimento, lo que probablemente favoreció en incrementar la sobrevivencia de las estacas y por ende un aumento del enraizamiento.

El uso de propagadores por subirrigación artesanales son efectivos en la producción de plantas por enraizamiento de estacas de cacao siempre que se cuente con el sustrato adecuado y un programa de riego efectivo y materiales que regulen de manera uniforme la



entrada de luz, para mantener la temperatura, humedad relativa y luminosidad en condiciones adecuadas.

Las correlaciones entre variables demuestran que el número inicial de hojas, longitud y diámetro de las estacas utilizadas estimuló de manera directa al crecimiento y desarrollo de raíces adventicias.

## RECOMENDACIONES

Se recomienda el uso de AIB en dosis bajas para mejorar el enraizamiento en estacas de cacao, siendo necesario además el uso de estacas con cuatro o seis hojas reducidas a un 25% de área foliar y estacas entre 17 y 19 cm de longitud y de 0.50 y 0.65 cm de diámetro a fin de proveer las reservas necesarias que generen y mantengan las condiciones de sobrevivencia y permitan el desarrollo de raíces.

Se recomienda a los agricultores identificar sus mejores árboles de cacao y reproducirlos utilizando los propagadores por subirrigación artesanales, ya que se garantiza la calidad genética y la producción de más plantas clonadas en menor tiempo.

Realizar evaluaciones utilizando ácido acetil salicílico (ASS) y poder determinar con mayor veracidad su aporte en el enraizamiento de estacas.

## BIBLIOGRAFÍA

**Aldana García, M. s.f.** La multiplicación por estaca o enraizamiento de ramilla. Departamento de comunicaciones y relaciones externas. Programa MIDAS de USAID.

**Alvarez Argudín, J. 1997.** Propagación vegetativa de los árboles frutales. Editorial Agropecuaria Hemisferio Sur S R.L. Montevideo, Uruguay. 217 p.

**Bennet, RN; Wallsgrove, RM. 1994.** Secondary metabolites in plant defence mechanisms. *New Phytol.* 127: 617–633.

**Dubón, A; Sánchez, J. 2011.** Manual de Producción de Cacao. 1 ed. La Lima, Cortés: FHIA. 208 p.

**Fiorino, P; Vitagiano, C. 1968.** Nuove technique per ottenere babatelle di pesce. Ulteriori ricerche sulla nebulizzazione. *Rivista della Orto-florofrutticoltura italiana* 52(6):779-795.

**Hartman, HT; Kester, DE. 1991.** Propagación de plantas; principios y prácticas. Trad. Antonio- Marino ", Ambrosio. 3 ed. México, Continental. 809 P.

**Luini, CS; Sturma, MC. 1973.** Considerazioni sulla moltiplicazione vegetativa della vite. Istituto Sperimentale per la Viticoltura Conegliano. Estratto della Rivista di Viticoltura Conegliano. Estratto della Rivista de Viticoltura e di Enologia di Conegliano. No 5. 8 p.

**Mata, A. 2006.** Establecimiento de un sistema de propagación vegetativa de genotipos superiores de cacao (*Theobroma cacao* L.) por medio de ramillas en el CATIE. Informe de Trabajo Final de Graduación. Escuela de Biología. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Cartago, CR. 104 p.

**Mesén, F. 1997.** Enraizamiento de estacas juveniles de especies forestales: uso de propagadores de subirrigación/ Turrialba, C.R.; CATIE. Proyecto semillas Forestales. 36 p.

**Phillips, W; Echeverri, J; Say E. 2013.** Tecnología moderna en la producción de cacao. Programa Sixaola, CATIE. Costa Rica. 57 p.

**Snyder, RL. 1985.** Hand Calculating degree days. Agricultural and Forest Meteorology. 35: 353-358.

**Villanueva-Couoh, E; Sánchez-García, P; Soria-Fregoso, M; Larqué-Saavedra. A. 2009.** Efecto del ácido salicílico y dimetil sulfóxido en la floración del Chrysantemo en Yucatán, México. Revista Chapingo serie Horticultura. 15 (2): 25-31.

## **Producción de plantas de cacao criollo (*Theobroma cacao* L.), utilizando dos técnicas de injerto con modificaciones y su efecto en el éxito del prendimiento en fase de vivero.**

**Villalta-Cartagena, LB; Rivas-García, AT; Ramos, YM; Parada-Berríos, FA; Molina-Escalante, MO.**

### **RESUMEN**

Con el objetivo de evaluar dos técnicas de injerto en cacao y modificaciones de los mismos, se desarrolló una investigación en el vivero de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador, desde julio hasta diciembre de 2013. Para la ejecución del experimento se utilizó un diseño estadístico completamente al azar, evaluando el injerto de enchapado lateral, púa terminal y modificaciones de ambos. Las modificaciones consistieron en el uso de Parafilm®, bolsa plástica y amarrado completo como momia generando un total de siete tratamientos y cuatro repeticiones; la unidad experimental se constituyó por 10 unidades, totalizando 280 plantas de cacao. Las variables evaluadas fueron: porcentaje de prendimiento, incremento de la altura de la planta, incremento de diámetro de tallo, número de hojas, número de brotes, área foliar, peso fresco de hojas, peso seco de hojas, peso específico de hojas (PEH), grados días de desarrollo (GDD) y relación beneficio costo de la producción de las plantas. Como resultado se encontró que el mayor éxito de prendimiento del injerto fue en el tratamiento de púa terminal con envoltura a la mitad más bolsa (T<sub>4</sub>), seguido por enchapado lateral con envoltura a la mitad más bolsa (T<sub>2</sub>), siendo el testigo enchapado lateral con envoltura a la mitad sin bolsa (T<sub>1</sub>) con el menor éxito. Con respecto a los costos se demostró que enchapado lateral con envoltura a la mitad más bolsa de polietileno (T<sub>2</sub>) y púa terminal envuelto a la mitad más bolsa de polietileno (T<sub>4</sub>) son los presentaron menor costo. Finalmente se recomienda a los viveristas la utilización de estos últimos tratamientos.

**Palabras Clave:** Prendimiento, cacao, técnicas, anatomía injerto, afinidad, compatibilidad, *Theobroma cacao* L., vivero.

## INTRODUCCION.

En el último Censo Agropecuario 2007-2008, se reportó que la producción nacional de cacao fue de 2.64 toneladas y una superficie de siembra de 446.5 ha, clasificado en el rubro de cultivos agroindustriales. Actualmente El Salvador es un país caracterizado por tener una gran dinámica en el sector de transformación secundaria de cacao (CATIE 2013), sin embargo, la mayor parte del cacao que se reporta son del tipo genético trinitario, el cual es una hibridación natural de los cacaos criollos nativos conocidos como “Finos de Aroma” y de los tipos forasteros amazónicos (Constanza 2014).

Por otra parte el Ministerio del Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN) en su estrategia nacional de biodiversidad ha considerado el cacao como un cultivo propicio para asociarlo con especies forestales y frutales como una forma de recuperar los ecosistemas, además de producir otros rubros para la alimentación de la familia rural y el comercio de productos excedentes (MARN 2013).

En la actualidad se están realizando esfuerzos e invirtiendo recursos en el establecimiento de siembras nuevas de cacao, siendo la meta 10,000 ha (CRS 2014), principalmente con plantas procedentes de semillas y la posterior injertación en campo con clones de alto rendimiento procedentes de la Fundación Hondureña de Investigación Agrícola (FHIA) y del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) quienes han avanzado en sus investigaciones sobre el mejoramiento genético y propagación de clones de alta calidad, utilizando técnicas de injerto como: injerto de parche o de lengüeta, injerto de yema terminal o de púa, siendo la injertación temprana y microinjertación las técnicas más novedosas (Dubón y Sánchez 2011).

Para lograr esas metas de cultivo a corto plazo se requiere la estandarización de la reproducción de plantas ya que, el principal problema que enfrentan en la actualidad los productores, viveristas e interesados cultivar cacao en El Salvador es que no conocen qué variedades propagar? y que tipo de técnica de propagación utilizar? y no existen estudios locales que ratifiquen la existencia de una técnica de injerto adaptada al cacao; aunque los viveristas aplican técnicas que utilizan en plantas frutales con muchos inconvenientes que aún no llegan al 100% de éxito en el prendimiento.

A El Salvador se han traído de la FHIA, Honduras expertos injertadores, quienes han instruido a los injertadores salvadoreños principalmente con el injerto del parche, el cual es de muy fácil aplicación y exitoso principalmente en honduras donde llueve nueve meses al año y las plantas se pueden establecer en cualquier época, no obstante para El Salvador con solo seis meses de lluvia con este tipo de injerto debe hacerse una planificación demasiado precisa para contar con los portainjertos listos para injerto en los meses de septiembre, octubre y noviembre, y las plantas injertadas listas para siembra en el mes de abril del siguiente año. Por tal motivo se considera más práctico efectuar los injertos más utilizados en frutales en nuestro país tratando de incorporar modificaciones a los mismos que eficienticen el prendimiento del injerto en cacao, ya que actualmente se consideran los porcentajes de prendimiento demasiado bajos que no superan el 30% de éxito, tratando con las modificaciones propuestas alcanzar el 100% de éxito en el prendimiento.

El propósito de esta investigación fue la evaluación de dos técnicas de injerto y modificaciones de las mismas a fin de estandarizar la injertación del cultivo de cacao en vivero y proponer a los productores y viveristas alternativas confiables de propagación de cacao.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Localización

El experimento se desarrolló en el vivero de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador, ubicado en las coordenadas: 13°43'06" latitud norte y 89°12'11" longitud oeste con una elevación de 694 msnm.

### Metodología de Campo

Se desarrollaron los portainjertos aproximadamente en tres meses brindándoles el manejo adecuado que incluyó control manual de malezas, fertilizaciones una vez al mes utilizando 6 g de fórmula 15-15-15 una vez al mes, control manual de malezas, para el control de enfermedades se aplicó Benomil en dosis de 3 g.gln<sup>-1</sup>, para control de hongos. Cuando los portainjertos tenían un diámetro de 0.7cm, se procedió a realizar el injerto de enchapado lateral y púa terminal con sus modificaciones. Cabe destacar que las varetas fueron preparadas ocho días antes, esta actividad consistió en remover las hojas de las varetas en los árboles, las cuales se cortaban el propio día de la injertación.

### Metodología de Laboratorio

Se realizaron cortes histológicos a los 120 días después del injerto (DDI), haciendo heridas transversales en la región donde se formó la unión entre portainjerto e injerto, esta actividad se realizó en cada uno de los tipos de injertos, los cortes se hicieron haciendo uso de un bisturí, obteniéndose una delgada porción de material que luego se colocó en un portaobjeto y se aplicó agua destilada con el propósito de observar el xilema, floema y la formación de la soldadura, la muestra fue observada en un estereoscopio.

### Metodología Estadística

El diseño experimental utilizado fue completamente al azar con cuatro repeticiones y siete tratamientos. Cada unidad experimental se conformó por 10 unidades totalizando 280 plantas. Estos datos se analizaron con el programa SAS 9.1 (Statistical Analysis System) para Windows y con su respectiva prueba de Tukey para la comparación de medias; de igual forma se usó el coeficiente de correlación de Pearson con un nivel de confianza del 5%. El factor en estudio es la evaluación de dos técnicas de injerto y sus modificaciones se describen a continuación:

**T<sub>1</sub>**: Enchapado lateral envuelto a la mitad, sin bolsa, **T<sub>2</sub>**: Enchapado lateral envuelto a la mitad, con bolsa, **T<sub>3</sub>**: Enchapado lateral con envoltura como momia, **T<sub>4</sub>**: Púa Terminal envuelto a la mitad más bolsa, **T<sub>5</sub>**: Púa Terminal envuelto como momia, **T<sub>6</sub>**: Púa terminal envuelto a la mitad más Parafilm® y **T<sub>7</sub>**: Enchapado Lateral envuelto a la mitad más Parafilm®.

Las variables evaluadas en la investigación fueron: porcentaje de prendimiento, incremento de la altura de la planta, Incremento en el diámetro de tallo, Incremento en el número de hojas del injerto, número de brotes, área foliar, peso seco de la hoja, área foliar, peso específico de la hoja, relación beneficio-costos de las plantas.

### Metodología económica

Para este análisis, se aplicó la metodología de presupuestos parciales (Rodríguez, 1996), el cual se basa en el análisis parcial, el análisis de dominancia y de la tasa de retorno marginal.

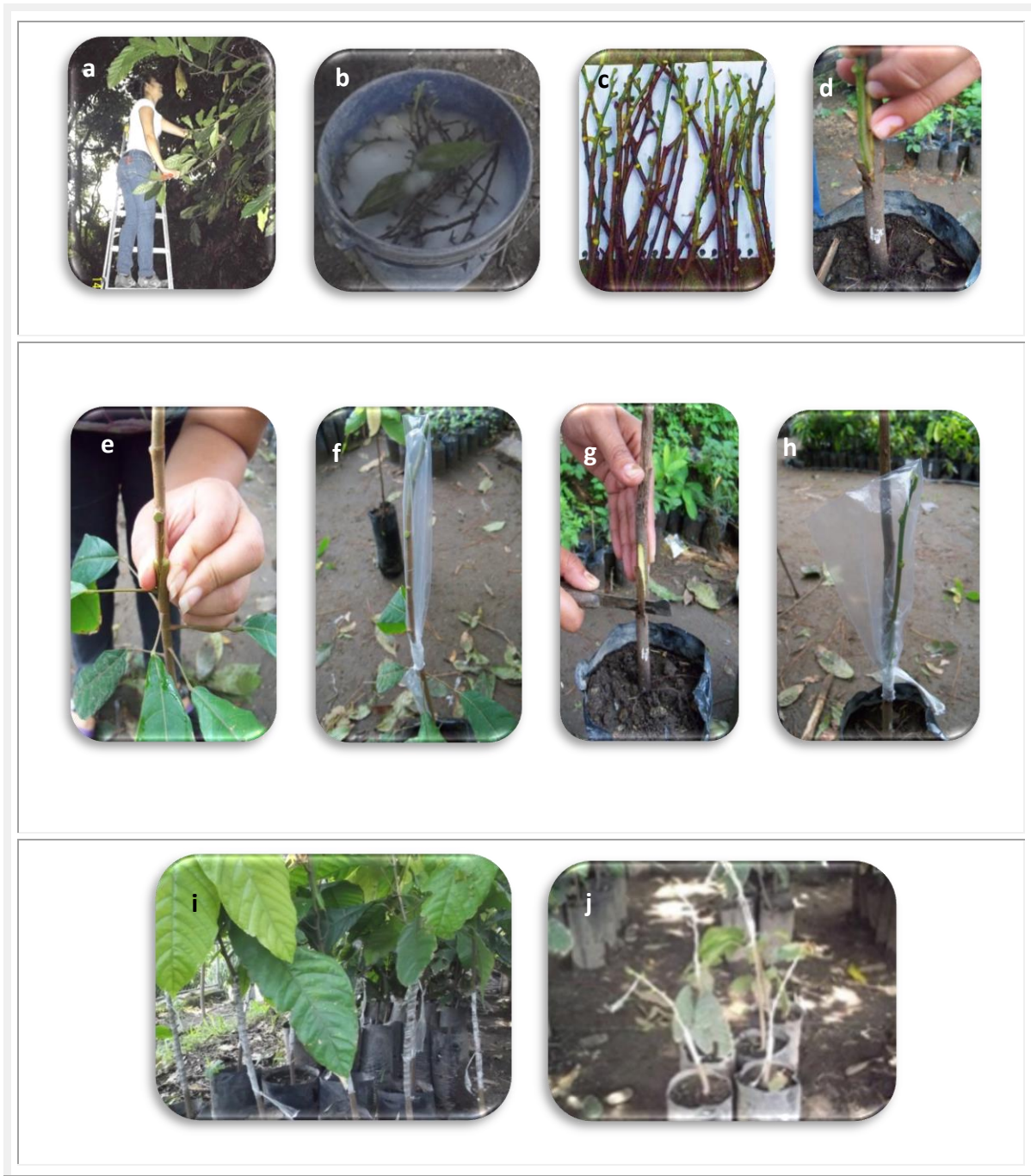


Figura 1. Diferentes etapas en el procedimiento de injertación: **a)** preparación de varetas en árboles de cacao criollo ocho días antes de injertar. **b)** desinfección de varetas de cacao en Benomil. **c)** Varetas listas para injertar. **d)** Vareta insertada en portainjerto. **e)** colocando injerto de púa terminal. **f)** Injerto de púa terminal más bolsa de polietileno. **g)** Colocando injerto de enchapado lateral. **h)** Injerto de enchapado lateral más bolsa de polietileno. **i)** Injerto de amarrado tipo momia. **j)** Injerto de púa terminal con Parafilm®.



## RESULTADOS Y DISCUSION

### **Variable: porcentaje de prendimiento del injerto**

Se realizó una primera injertación la cual mostró diferencias significativas teniendo un mayor prendimiento el tratamiento púa terminal más bolsa (T<sub>4</sub>) con un porcentaje de 42.5% considerado muy bajo (Figura 3). Por tal motivo se realizaron cortes histológicos, a fin de descartar fallas anatómicas del cambium de cacao tal como lo precisa Hartmann y Kester (1997), quien menciona que siempre hay que estudiar la anatomía del cambium para conocer anticipadamente si la especie que propagamos presenta fallas, y si están presentes poder cambiar de estrategias o métodos de propagación.

Se procedió a la actividad en mención encontrando que no existieron fallas ni anomalías en el cambium que afecten el prendimiento del injerto (Figura 2). Sin embargo durante el desarrollo del experimento se encontraron daños por hongos los cuales también se analizaron identificando la presencia de *Botriodiplodia sp.* (Figura 2a) considerando su aparición debido a la época que se efectuaron los injertos se tuvieron altas precipitaciones diarias que generaron humedad relativa del 100%.

Otra posible explicación y la más certera de la baja en el éxito del prendimiento del injerto es la alta tasa oxidativa de los tejidos tanto de los portainjertos como de las varetas de cacao, siendo más evidente en estas últimas, lo que provoca los bajos porcentajes de éxito y que muchas veces se puede creer que hay incompatibilidad entre clones de cacao, aunque si es probable que la tasa de oxidación sea diferente entre clones, principalmente los cacaos criollos de aroma fino. Vidal-Hernández (2002), reporta problemas de incompatibilidad en anonáceas, atribuidas a la presencia de catequinas en la unión del injerto asegurando ser la causa de la falta de éxito de los injertos en anonas. Las catequinas son un antioxidante polifenólico que procede de las plantas en las cuales aparece como un metabolito secundario, Mila y Scalbert citado por Vidal-Hernández (2002), indican que la corteza de los árboles son ricas en extractos de polifenoles que contribuyen a la protección contra depredadores y patógenos, por otra parte en muchas especies el principal polifenol encontrado en la corteza son las proantocianidinas como el ácido clorogénico. Entre esos síntomas el floema está fuertemente afectado ya que contiene considerables cantidades de polifenoles que están fácilmente sujetos a la oxidación. Los flavonoides y ácidos clorogénicos son compuestos fenólicos que se ubican mayormente en vacuola o pared celular pero también en cloroplastos. Ellos ejercen un papel fisiológico por lo que están involucrados en la modificación del crecimiento de los árboles (Stonier *et al.* citado por Vidal-Hernández 2002).

En la segunda injertación se previno la presencia de hongos, utilizando Benomil para el tratamiento de las varetas, por tal razón, se alcanzaron mayores valores en el éxito del prendimiento de los injertos, encontrando diferencias altamente significativas en la variables porcentaje de prendimiento, siendo, el injerto enchapado lateral con envoltura a la mitad más bolsa de polietileno 60% (T<sub>2</sub>), púa terminal más bolsa 70% (T<sub>4</sub>) y púa terminal con envoltura a la mitad más Parafilm® 55% (T<sub>6</sub>) los que mostraron mayor porcentaje de éxito como se observa en la figura 3. El éxito en el prendimiento en esta injertación fue mayor que la primera injertación. También se observa en la figura 3 que el tratamiento testigo correspondiente a los injertos amarrados a la mitad y sin envoltura (T<sub>1</sub>), no presentó éxito en el prendimiento del injerto en los dos procesos de injertación, quedándonos claro la importancia de la protección de la vareta, ya que la modificación hecha de los tratamientos, les crea un ambiente adecuado alrededor de la unión del injerto para que conserve una elevada humedad, ya que, el nuevo tejido de callo que se originó en la región cambial está formado por células de pared delgada y turgentes que con facilidad pueden secarse y morir (Hartman y Kester 1997). Hartmann y Kester (1997) también indican que las células de pared delgada, en condiciones de humedad y temperatura relativa elevadas proporcionan un medio favorable para el desarrollo de hongos y bacterias, que son bastante perjudiciales

para la formación exitosa de la unión. La unión se forma por completo mediante células que se desarrollan después de que se ha efectuado la operación del injerto, además debe resaltarse que la unión del injerto se logra por medio de contenido celulares conservando cada una de ellas (patrón y vareta) su propia identidad genética (Hartmann y Kester 1997). La producción de células en la región cambial de ambas partes produce nuevas células de parénquima, formando tejido de callo. Algunas células de parénquima se diferencian a células cambiales que después producen xilema secundario y floema secundario consolidando la unión de dos partes vegetales en una sola planta (Ortega 2011).

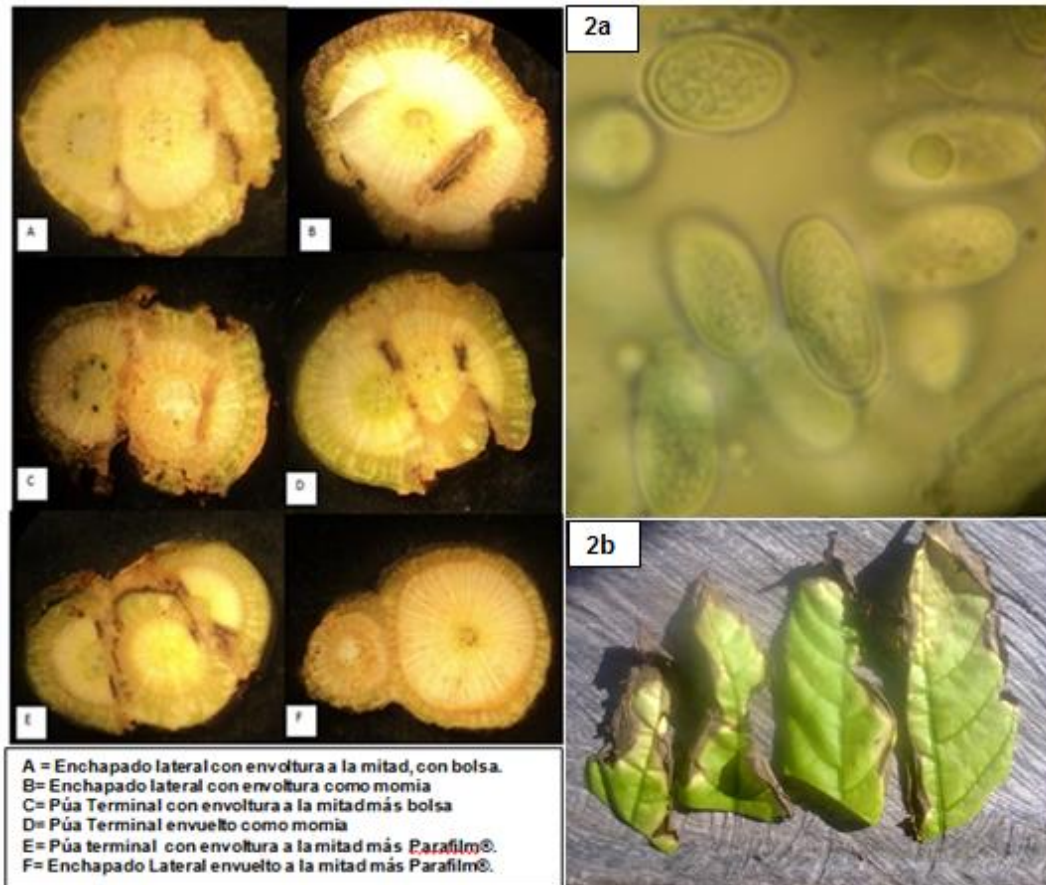


Figura 2. Cortes Histológicos. 2a) Identificación de hongo *Botryodiplodia sp*, 2b) Daño ocasionado por *Botryodiplodia sp* en plantas de cacao.

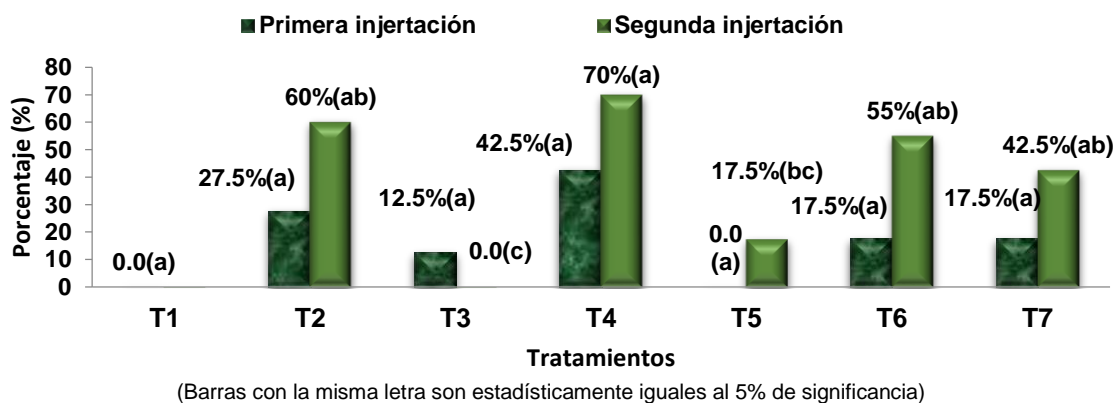
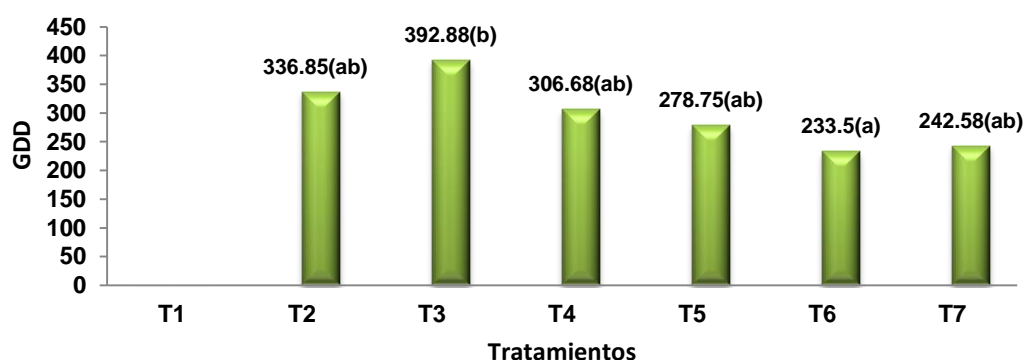


Figura 3. Evaluación de dos tipos de injerto y modificaciones en cacao (*Theobroma cacao* L) y su efecto en la variable porcentaje de prendimiento.

### Grados días desarrollo (GDD)

La variable GDD presentó diferencias significativas, reflejada en la prueba de Tukey en la segunda injertación (Figura 4), siendo el tratamiento púa terminal con envoltura a la mitad más Parafilm® (T<sub>6</sub>), fue el tratamiento que necesito menos unidades calor para que el injerto brotara. Avilán citado por Romero y Moreno (2012), mencionan que los (GDD) son el método más aceptable para predecir el crecimiento y desarrollo vegetativo de las plantas, logrando de ésta manera determinar el período de tiempo y las condiciones climáticas necesarias para el desarrollo de un evento fenológico específico. Entendiendo esta situación como el tratamiento cuyo injerto necesito entre 200-250 GDD la acumulación de calor necesaria para la brotación en 20-30 días. Pero en términos generales podemos afirmar que para cacao el intervalo de unidades calor necesarios para brotación de los injertos es entre 233-395 GDD.



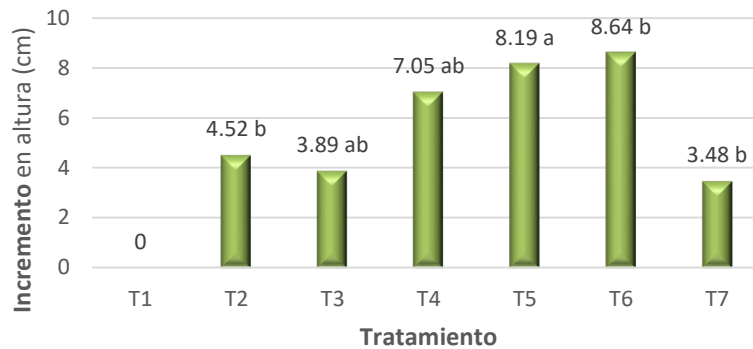
(Barras con la misma letra son estadísticamente iguales al 5% de significancia)

Figura 4. Determinación de los grados días de desarrollo (GDD) requeridos para la brotación de las plantas evaluando dos tipos de injerto en cacao (*Theobroma cacao* L).

### Variables de crecimiento: Incremento de altura del injerto, Incremento en el diámetro, número de brotes, Incremento del número de hojas

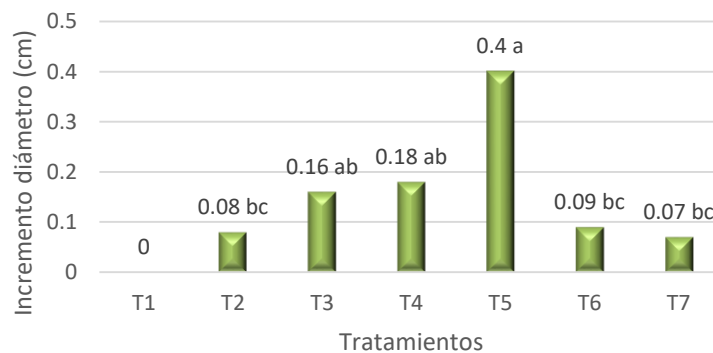
Al analizar estas variables, se puede observar, en las figuras 5, 6, 7 y 8 que hubieron diferencias estadísticas significativas y altamente significativas en los diferentes tratamientos, encontrando al injerto tipo púa terminal más Parafilm® (T<sub>6</sub>) con los valores más altos en la ganancia o incremento de altura, número de hojas y número de brotes, con respecto a la variable de diámetro del tallo el tratamiento con púa terminal con amarre de momia (T<sub>5</sub>) (Figura 6), presentó una ganancia de 0.4 cm. En términos generales al revisar la figura 3 los mayores valores en el éxito del prendimiento del injerto fueron con los tratamientos donde la vareta tuvo protección, con bolsa, amarre de momia y Parafilm®, al respecto Parada-Berrios *et al* (2016) al evaluar los mismos tratamientos en ojushite (*Brossimum alicastrum*), especie con fallas anatómicas en el cambium reporta al Parafilm® y la bolsa plástica como los mejores tratamientos al generar un ambiente de alta humedad relativa en la vareta injertada creando un ambiente adecuado alrededor de la unión del injerto, para que, conserve una elevada humedad, porque el nuevo tejido de callo originado en la región cambial está formado por células de pared delgada y turgentes que con facilidad pueden secarse y morir (Hartman y Kester, 1997). Por otra parte el Parafilm® hecho con parafinas es utilizado en laboratorios químicos y biológicos para cerrar recipientes, usándose además para amarrar los injertos en soldaditos de café y la protección de vástagos en la jardinería, entre otros, y presenta las características de ser

transparente, autoadherible, impermeable, flexible y resistente. La parafina es uno de los productos que se obtienen del refino del petróleo por sus propiedades aislantes, también se emplea para recubrir el papel con el que se envuelven los comestibles, asimismo, se utiliza para prolongar la vida útil de los alimentos perecederos como las frutas y hortalizas. Además la parafina actúa como una sustancia bactericida, reduciendo o evitando el uso de fungicidas químicos (REPSOL 2000). El coeficiente de correlación de Pearson demostró que existe una alta correlación positiva entre el número de hojas y el número de brotes ( $r=0.87$ ), entre el número de hojas y la altura de planta ( $r=0.85$ ), siendo evidente que por cada brote se genera un número determinado de hojas por lo que a mayor número de brotes mayor número de hojas y la influencia directa de la cantidad de hojas en la altura de planta.



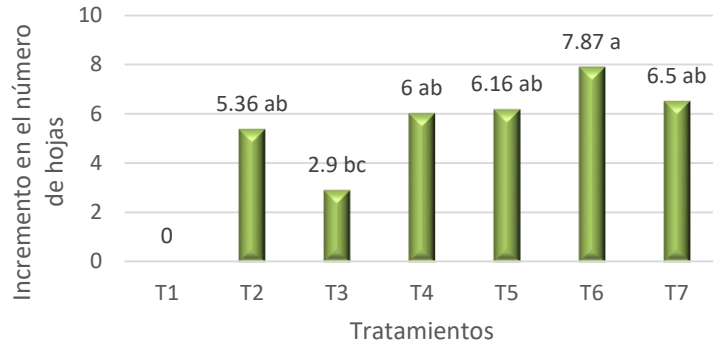
(Barras con la misma letra son estadísticamente iguales al 5% de significancia)

Figura 5. Efecto de dos tipos de injerto y modificaciones y su incidencia en la altura de la planta de cacao (*Theobroma cacao* L.)



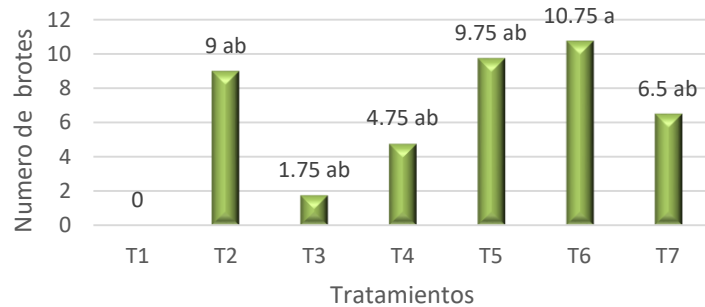
(Barras con la misma letra son estadísticamente iguales al 5% de significancia).

Figura 6. Efecto de dos tipos de injerto y modificaciones y su incidencia en el diámetro del injerto de la planta de cacao criollo (*Theobroma cacao* L.)



(Barras con la misma letra son estadísticamente iguales al 5% de significancia)

Figura 7. Efecto de dos tipos de injerto y modificaciones y su incidencia en el incremento del número de hojas de la planta de cacao criollo (*Theobroma cacao* L.)



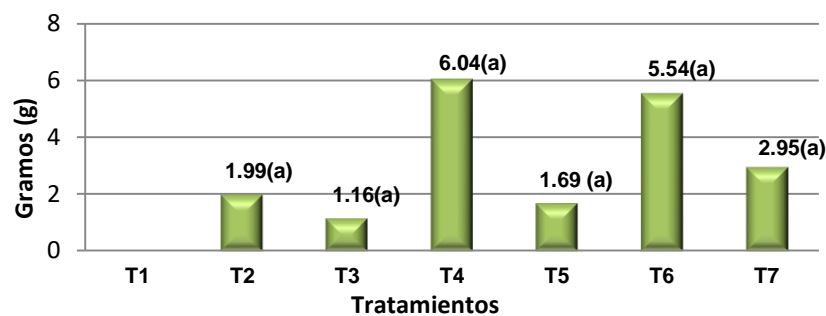
(Barras con la misma letra son estadísticamente iguales al 5% de significancia)

Figura 8. Efecto de dos tipos de injerto y modificaciones y su incidencia en el número de brotes en plantas de cacao criollo (*Theobroma cacao* L.)

### Variables fisiológicas: peso seco, área foliar y peso específico de hojas

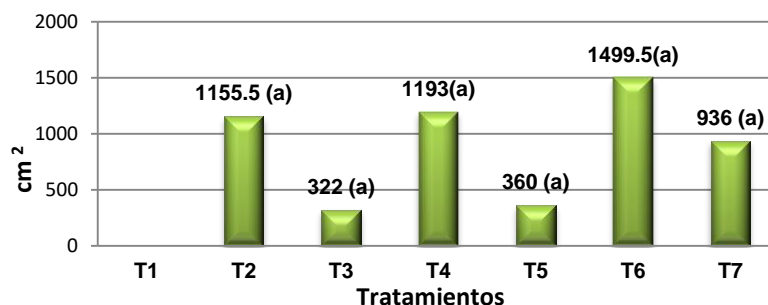
Ninguna de estas variables presento diferencias estadísticas significativas, sin embargo en la figura 9, se observaron que los tratamientos: púa terminal con envoltura a la mitad más bolsas de polietileno (T<sub>4</sub>) y púa terminal con envoltura a la mitad con Parafilm® (T<sub>6</sub>) presentaron el mayor peso seco de hojas, en la figura 10, el tratamiento enchapado lateral con envoltura a la mitad más bolsa de polietileno(T<sub>2</sub>), púa terminal con envoltura a la mitad más bolsas de polietileno (T<sub>4</sub>) y púa terminal con envoltura a la mitad con Parafilm® (T<sub>6</sub>) presentaron los mayores valores de área foliar y en la figura 11, los tratamientos púa terminal con envoltura a la mitad más bolsas de polietileno (T<sub>4</sub>) y púa terminal con envoltura como momia (T<sub>5</sub>), mostraron superioridad al resto de tratamientos en peso específico de hojas (PEH). Azcón y Talón (2003) mencionan que la emergencia de hojas y su tamaño se asocia a un aumento en la producción de etileno, probablemente hay acumulación de esta hormona dentro de la bolsa y el Parafilm® como efecto de la liberación del mismo por las heridas y el proceso de cicatrización. Asimismo, en el tratamiento amarrado tipo momia no hay tanta acumulación de etileno, debido a los espacios sin cubrir, que muchas veces quedan durante el amarrado y por su escape en el traslape de la cinta durante el amarre (Parada-Berríos *et al.* 2016). Por otra parte, el coeficiente de correlación de Pearson muestra una correlación de  $r = 0.81$  con el número de hojas y de  $r = 0.94$  con el porcentaje de prendimiento, demostrando que la producción de fotosintatos, el cual siempre será mayor según el número de hojas influye directamente en el éxito del prendimiento del injerto, es

importante mencionar también que la preparación de las varetas ocho días antes de la injertación favorece la acumulación de carbohidratos, porque, una vareta desfoliada incrementa inmediatamente el contenido de sucrosa en el floema de la vareta, lo cual incrementa la presión osmótica causando el movimiento de solutos hacia el ápice de la misma, aumentando la actividad meristemática que ayuda a la formación del callo, debido a la estimulación de la división cambial, lo que favorece el éxito del injerto (Parada-Berríos *et al.* 2016). Es importante analizar además que el tratamiento púa terminal con envoltura a la mitad más bolsa de polietileno (T<sub>4</sub>), es el tratamiento que sobresale en la mayoría de variables, siendo la variable peso específico de hoja (PEH) y el porcentaje de prendimiento del injerto de mayor relevancia, ya que, presento 4.7 mg de materia seca acumulada por cm<sup>2</sup> de hojas y 70% de éxito respectivamente, lo que implica una mayor eficiencia fotosintética de las hojas que generó ese efecto en el éxito del injerto demostrado además por el coeficiente de correlación de Pearson entre ambas variables (r=0.94). Garcidueñas citado por Puente Alarcón (2009) mencionan además, que el área foliar es el factor que determina la diferencia en el rendimiento y la asimilación neta de nutrientes. El peso específico de la hoja determina la cantidad relativa de tejido fotosintético tomando como base el peso de materia seca por unidad de área foliar, además de la ganancia de materia seca de la fotosíntesis el cual es afectado por la intensidad y duración de la luz, puede ser utilizada como una forma sencilla de medir fotosíntesis en plantas leñosas Marini y Sowers, citado por Miramontes *et al.* (2011)



(Barras con la misma letra son estadísticamente iguales al 5% de significancia)

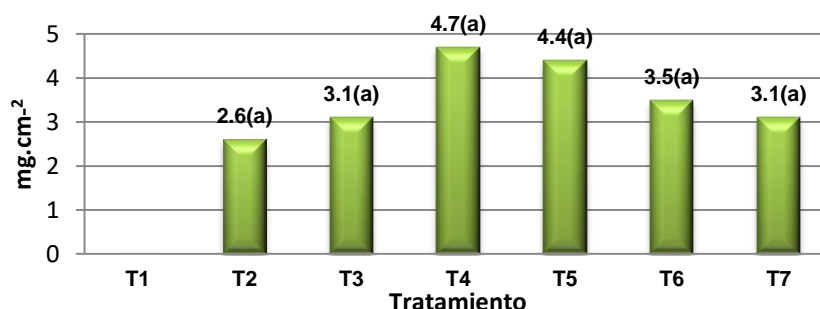
Figura 9. Efecto de dos tipos de injerto y modificaciones y su incidencia en el peso seco de hojas de la planta de cacao criollo (*Theobroma cacao* L.).



(Barras con la misma letra son estadísticamente iguales al 5% de significancia)

Figura 10. Efecto de dos tipos de injerto y modificaciones y su incidencia en el área foliar de las plantas de cacao criollo (*Theobroma cacao* L.)





(Barras con la misma letra son estadísticamente iguales al 5% de significancia)

Figura 11. Efecto de dos tipos de injerto y modificaciones y su incidencia en el peso específico de las hojas (PEH) en plantas de cacao criollo (*Theobroma cacao* L.)

### Análisis económico del ensayo.

Para la elaboración del análisis se utilizó la metodología de presupuesto parcial. Indicando que T<sub>4</sub> y T<sub>6</sub> presentaron mayores beneficios netos. Esto debido a que la técnica utilizada en estos tratamientos se obtuvo mayor porcentaje de prendimiento y menores costos (Rodríguez, 1996).

Cuadro 1. Análisis Económico

Tratamiento	C.V	B.N	Dominancia	Tasa de retorno marginal
T1	\$0.65	\$ 0.82		1.25
T2	\$0.67	\$ 0.82		1.27
T3	\$ 0.66	\$ 0.84		1.24
T4	\$0.69	\$ 0.86		1.30
T5	\$0.67	\$ 0.83		1.24
T6	\$0.68	\$ 0.85		1.25
T7	\$0.68	\$ 0.85		1.25

Cuando observamos la tabla de dominancia todos los tratamientos poseen diferentes costos variables siendo el injerto enchapado lateral con envoltura a la mitad más bolsa de polietileno (T<sub>2</sub>) y Púa terminal con envoltura a la mitad más bolsa (T<sub>4</sub>) los que presentaron menores costos; ya que en los otros tratamientos generan ingresos pero tienen pérdidas por el menor porcentaje de prendimiento por lo tanto los costos variables son más elevados.

### Análisis marginal.

Se tomó uno de los tratamientos con beneficio netos dominantes (T<sub>4</sub>)

$$T.R.M.= BN/CV*100= (0.84)/(0.65)*100 = 1.30$$

El dato anterior significa que por cada dólar invertido se recupera ese dólar más \$1.30 dólares

## CONCLUSIONES

La variable prendimiento del injerto en enchapado lateral con envoltura a la mitad más bolsa, púa terminal con envoltura a la mitad más bolsa y con envoltura a la mitad más parafilm® presentaron diferencias significativas en comparación a los demás tratamientos en estudio.

El tratamiento de amarre a la mitad sin proteger toda la vareta (testigo), no presentó ninguna planta con éxito en el prendimiento del injerto.

El coeficiente de correlación de Pearson entre las variables peso específico de hojas (PEH) y el porcentaje de prendimiento del injerto fue de  $r = 0.94$  demostrando la influencia de las reservas de los productos de la fotosíntesis presentes en las varetas y su determinación en el éxito del injerto.

Con relación a los cortes histológicos se determinó que la planta de cacao no tiene fallas anatómicas en el cambium que limite el éxito en el prendimiento del injerto, además se puede estimar que se requieren en cacao de 233-395 GDD para completar la brotación.

Los tratamientos que permiten mayores beneficios económicos son enchapado lateral y púa terminal con envoltura a la mitad más bolsa ( $T_2$  y  $T_4$ ), generando más plantas injertadas de cacao criollo a menor costo.

## RECOMENDACIONES

La utilización de bolsas plásticas transparente para cubrir la vareta injertada es necesaria para evitar la deshidratación y crear un ambiente óptimo para un mayor prendimiento, es decir no se debe amarrar tradicionalmente cubriendo solamente las partes en contacto, sino, una envoltura completa.

Los tratamientos enchapado lateral envuelto a la mitad, con bolsa ( $T_2$ ) y púa terminal envuelto a la mitad más bolsa ( $T_4$ ) deben ser utilizados por los viveristas ya que generan un mayor prendimiento a menor costo.

Para obtener mejores resultados en el prendimiento, se debe considerar la preparación de las varetas ocho días antes de injertar para favorecer, la acumulación de fotosintatos, así como también tratarlas en Benomil durante cinco minutos al momento de injertar para prevenir proliferación de hongos.

## BIBLIOGRAFÍA

**Azcón, J; Talón, M. 2003.** Fundamentos de Fisiología Vegetal. Madrid. ES. Mc Graw Hill. 522 p.

**CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, El Salvador). 2013.** Informe Nacional: Uso actual y Oferta de tecnologías sostenibles en la cadena de valor del cacao para mejorar la Seguridad Alimentaria en El Salvador. Unidad de desarrollo de Agronegocios. 40 p.

**Constanza, JA. 2014.** Inventario de Productores y Material genético criollo de cacao en El Salvador. CRS. 108 p.

**CRS (CATHOLIC RELIEF SERVICES, El Salvador). 2014.** Iniciativa nacional de cacao. CRS, SV. 25 p.

**Dubón, A; Sánchez, J. 2011.** Manual de Producción de Cacao. 1 ed. La Lima, Cortés: FHIA. 208 p.

**Hartmann, H; Kester, D. 1997.** Propagación de plantas principios y práctica. Sexta edición. Compañía editorial continental S.A de C.V México. p 760.

**MARN (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, El Salvador). 2013.** Estrategia Nacional de Biodiversidad. Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. El Salvador. 24 p.

**Miramontes, AL; Villega M A; Ruiz, LM; Gonzales H, VA; Mora. A. 2011.** Crecimiento foliar y desarrollo de brotes en selecciones injertadas de zapote mamey. Revista Mexicana Ciencias Agrícolas. 2(6):911

**Ortega, EZ. 2011.** Anatomía de los órganos vegetativos: crecimiento secundario. Argentina, UNT. p 13.

**Parada-Berrios, FA; Barrera-Santos, DA; Quintanilla, JR. 2016.** Propagación vegetativa de ojushte (*Brosimum alicastrum* Swartz) utilizando modificaciones de dos técnicas de injerto y su incidencia en el éxito del prendimiento. Informes Técnicos: Rescate y desarrollo de germoplasma de ojushte con alto potencial genético de rendimiento, nutricional y comercial. Universidad de El Salvador. Financiado por PRESANCA II/CSUCA. 126 p.

**Puente Alarcón, JE. 2009.** Efecto del injerto intermedio en la producción de plantas enanizadas de marañón (*Anacardium occidentale* L); fase de vivero. Tesis. Ing. Agr. San Salvador, SV. Universidad de El Salvador. p 57

**REPSOL. 2000.** (En línea). Envase activo para prolongar la vida de los alimentos. ES. Universidad de Zaragoza. Consultado 8 ene.2019. Disponible en <https://www.repsol.com/es/sala-prensa/repsol-news/envase-activo/index.cshtml>

**Rodríguez, R. 1996.** Metodología de extensión agrícola comunitaria para el desarrollo sostenible. SV, IICA. p 121-140.

**Romero Castellano, XG; Moreno Peraza; JA. 2012.** Evaluación de chute (*Persea Shiedeana*) como portainjerto para la producción comercial de plantas de aguacate (*Persea americana mil*) en fase de vivero. Tesis. Ing. Agr. Universidad de El Salvador. San Salvador, SV. p 44-45.

**Vidal Hernández, L. 2002.** Aislamiento y cuantificación de Catequinas involucradas con la incompatibilidad en injertos de Guanábano (*Annona muricata* L.). Tesis para obtener el grado de Doctorado en Ciencias. Área: Biotecnología. 146 p

## **Nutrición de portainjertos de cacao (*Theobroma Cacao L.*), utilizando diferentes dosis de fórmula 15-15-15 y su influencia en el prendimiento de cuatro tipos de injerto.**

**Meza-Calderón, MA; Moya-Menjívar, XM; Parada-Berríos, FA; Vásquez-Osegueda, EA.**

### **RESUMEN**

Con el objetivo de evaluar la influencia de la nutrición del cacao con diferentes dosis de fórmula 15-15-15, en el desarrollo de portainjertos de cacao y el éxito en el prendimiento del injerto se ejecutó una investigación en el vivero de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador. La investigación se ejecutó en dos etapas, en la primera etapa se definieron cinco dosis de la fórmula 15-15-15: 5 g, 10 g, 15 g, 20 g, 30 g y un testigo al cual no se aplicó ningún fertilizante. El análisis estadístico se realizó utilizando un diseño completamente al azar con tres repeticiones y 40 plantas como unidad experimental totalizando 600 plantas. En la segunda etapa se realizó un arreglo factorial, donde se combinaron las dosis de NPK y el tipo de injerto (enchapado lateral, cuña terminal, yema y parche), generando 20 tratamientos (cuatro tratamientos por dosis), en un diseño completamente al azar con tres repeticiones y 10 plantas por unidad experimental, además para conocer la influencia entre las variables se utilizó la correlación de Pearson. Las variables evaluadas fueron: altura, diámetro, número de hojas, área foliar, peso específico de hoja (PEH), contenido de clorofila, peso fresco y seco de hoja, tallo y raíz de los portainjertos en la primera etapa. Además las variables éxito del prendimiento del injerto, grados días de desarrollo (GDD), altura, diámetro y número de hojas del injerto en la segunda etapa. Como resultados, solo hubo diferencias estadísticas significativas en el diámetro de planta, área foliar y PEH, demostrando que las diferentes dosis de la fórmula mejoraron el desarrollo de los portainjertos con respecto al testigo. En la segunda etapa a nivel global del experimento se obtuvo un 72% de prendimiento del injerto, siendo el éxito segregado por tipo de injerto: de yema 19.83%, cuña terminal 18.33%, parche 17.33 y enchapado lateral 16.51%. Por otra parte se reporta el hallazgo de requerimientos de GDD para los injertos de enchapado lateral y cuña terminal con un intervalo de 245-398 GDD (20-30 días), para la brotación y los injertos donde se usa yema se requiere 403-522 GDD (más de dos meses). Se concluye que el efecto del fertilizante fue más categórico en la fase de injerto, encontrando diferencias altamente significativas en las variables de crecimiento y una estrecha asociación de éstas con las variables fisiológicas de la etapa de portainjerto demostrado por la alta correlación positiva encontrada entre ellas e influenciadas todas con las dosis de la fórmula 15-15-15; considerando que la asimilación y acumulación de reservas por los portainjertos y su translocación a los injertos y sus variables de crecimiento fue efectiva.

**Palabras claves:** Injerto de parche, injerto de yema, grados días de desarrollo, fertilizante, nutrición de plantas.

## INTRODUCCION

El cultivo de cacao es considerado desde el punto de vista de su estructuración y funcionamiento como un agrosistema, el cual es integrado por diferentes elementos entre ellos las plantas de cacao, árboles que sirven de sombra, arbustos y hierbas y una cantidad de especies animales entre ellos aves, reptiles, insectos y una inmensa riqueza de microflora y microfauna, los cuales funcionan en forma equilibrada proporcionando características de sostenibilidad al sistema generando beneficios ambientales lo que lo hace al cacao importante ante la variabilidad climática (Somarriba *et al.* 2008).

Cultivado a escala nacional el cacao tiene el potencial de aumentar la biodiversidad del país, restaurar ecosistemas degradados, mejorar la calidad de los recursos de suelo y agua, y fomentar el potencial de adaptación de cara a los fenómenos meteorológicos extremos actuales y futuros. Los sistemas agroforestales (SAF), con cacao presentan la oportunidad a los agricultores aumentar las oportunidades de ingresos y de empleo a fin de mejorar la seguridad económica (Alianza Cacao 2016).

Programas como Alianza Cacao dirigida por un consorcio de ONG's promueven variedades Trinitarias, provenientes de CATIE, FHIA e INIFAP, las cuales se propagan de manera clonal por injerto, a fin de garantizar su calidad genética (Alianza Cacao 2016). Por otra parte la academia liderada por la Universidad de El Salvador a través del departamento de Fitotecnia ha comenzado un proceso de colecta de cacao criollo de aroma fino para establecer colecciones de campo o bancos de germoplasma con el objetivo de multiplicarlos y ponerlos a disposición de productores que lo demanden. En tal sentido y considerando que la propagación sexual genera una segregación genética por ser una especie alógama, se está tratando de generar tecnologías de propagación a través del injerto, considerando la falta de experiencia para la propagación de cacao, utilizando las técnicas de injerto más usadas en frutales como el injerto por enchape lateral y cuña terminal, asimismo, evaluar otros tipos de injerto que practican en instituciones como la Fundación Hondureña de Investigación Agrícola de Honduras (FHIA), para determinar la viabilidad de los mismos en nuestro país. Dubón y Sánchez (2011) recomiendan el injerto de parche o de lengüeta, en este se injerta una sola yema adherida a una sección de corteza, el cual, indican poseer notables ventajas sobre otros métodos, como la rapidez de ejecución y la obtención de un mayor número de yemas por vareta, reduciendo costos en mano de obra y material de propagación por planta, no obstante, no hay experticia en su práctica por los injertadores y técnicos.

Por otra parte en El Salvador no se han desarrollado estudios sobre nutrición de cacao y sobre las dosis óptimas para el desarrollo del portainjerto y su influencia sobre el prendimiento del injerto, por tal motivo, se consideró de importancia el desarrollo de investigaciones a fin de conocer los requerimiento de NPK idóneos y su influencia en el éxito del prendimiento en diferentes tipos de injerto, con la finalidad de generar recomendaciones confiables hacia viveristas y productores de cacao.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Localización

La investigación se realizó en el vivero de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador, ubicada geográficamente, a 13°43'11" latitud norte y 89°12'13" longitud oeste y una elevación de 703 msnm. En el período de mayo de 2017 a mayo de 2018.

### Condiciones climáticas de la zona

La temperatura promedio anual de la zona es superior a los 24°C, registrándose la más alta entre los meses de marzo y abril mayores a 33°C y las mínimas de 19°C entre los meses de noviembre a enero. Humedad relativa media del aire de 72% y precipitaciones acumuladas de 1797.6 mm al año (MARN 2013).

### Metodología de campo

La fase de campo se desarrolló en un periodo de 12 meses, la cual se dividió en dos etapas: La primera consistió en el desarrollo de los portainjertos de cacao donde se aplicaron las diferentes dosis de la fórmula 15-15-15 y la segunda fase se realizó la injertación de los portainjertos, en ambas etapas se tomaron datos de las variables de crecimiento.

### Montaje del experimento en fase 1 desarrollo de portainjerto

**Material vegetal utilizado:** la siembra de las semillas de cacao se hicieron directamente en bolsas de 8 x 14" x 300 geish por lado, los frutos se compraron en la finca de Don Jaime Arévalo en el cantón Cangrejera, Izalco, Sonsonate, comprando un total de 25 mazorcas a \$ 0.50 cada una con un promedio de 35 semillas por fruto, las bolsas se llenaron previamente con un sustrato compuesto por tierra negra y estiércol de ganado en proporción 1:1, se llenaron 600 bolsas en total, las semillas se sembraron directamente en el centro de las bolsas, la germinación completa tardó aproximadamente 17-30 días.

**Aplicación de tratamientos y toma de datos:** los tratamientos con el fertilizante fórmula 15-15-15, se prepararon en bolsitas de 1 libra haciendo las pesas en una báscula semianalítica, preparando las dosis únicas y las que se fraccionaron para hacer varias aplicaciones, por contener mayor cantidad de fertilizante. La aplicación se realizó cada 22 días e igualmente la toma de datos en el mismo tiempo, para observar la asimilación del fertilizante por las plantas, en el lapso de 22 días también. Se realizaron un total de 6 aplicaciones en un tiempo de 4 meses y medio. El suministro del fertilizante en cada planta se fraccionó en dosis de 5 g por aplicación, generando en la aplicación de la dosis mayor 30 g seis aplicaciones en total. También se realizaron control de malezas manualmente y riegos cada 2 días. El control de plagas y enfermedades se realizaba con aplicaciones de detergente diluido para eliminar los pulgones. Las plantas de cacao se desarrollaron hasta alcanzar el diámetro y altura óptimas de injerto (Cuadro 1). El total de plantas por cada dosis de fertilizante fue de 40 considerándose éstas, las unidades experimentales en la primera fase.



Cuadro 1. Distribución de tratamientos con diferentes dosis de NPK en fase desarrollo de portainjerto.

Tratamientos	Dosis de fórmula 15-15-15
T <sub>1</sub>	5 gramos
T <sub>2</sub>	10 gramos
T <sub>3</sub>	15 gramos
T <sub>4</sub>	20 gramos
T <sub>5</sub>	30 gramos
Testigo	Sin fertilizante

### Montaje del experimento en fase 2 injertación

#### Selección y preparación de las varetas

Las varetas de cacao criollo se colectaron del banco de germoplasma que posee la Facultad de Ciencias Agronómicas, en el campus universitario, seleccionando y preparando 8 días antes de injertar las ramas terminales.

#### Proceso de injertación

La injertación se realizó en el mes de octubre, para lo cual fue necesario definir los tipos de injerto a utilizar con las diferentes dosis a fin de poder conocer si hay alguna influencia de la fertilización con el éxito en el prendimiento del injerto. Los diferentes tratamientos se distribuyeron como se muestra en el cuadro 2.

Cuadro 2. Distribución de tratamientos con diferentes dosis de NPK y los diferentes tipos de injerto

Tratamiento	Dosis de fórmula 15-15-15	Tipo de injerto
T1	5 gramos	Enchapado lateral
T2	5 gramos	Yema
T3	5 gramos	Parche
T4	5 gramos	Cuña terminal
T5	10 gramos	Enchapado lateral
T6	10 gramos	Yema
T7	10 gramos	Parche
T8	10 gramos	Cuña terminal
T9	15 gramos	Enchapado lateral
T10	15 gramos	Yema
T11	15 gramos	Parche
T12	15 gramos	Cuña terminal
T13	20 gramos	Enchapado lateral
T14	20 gramos	Yema
T15	20 gramos	Parche
T16	20 gramos	Cuña terminal
T17	30 gramos	Enchapado lateral
T18	30 gramos	Yema
T19	30 gramos	Parche
T20	30 gramos	Cuña terminal

## **Metodología estadística**

### **Diseño experimental.**

El diseño estadístico utilizado fue bloques completamente al azar con seis tratamientos y tres bloques, cada unidad experimental estuvo conformada por 40 plantas por cada dosis de fórmula 15-15-15. Posteriormente en la fase de injerto cada tratamiento fue conformado por la asociación de cada dosis de fertilizante con 4 tipos diferentes de injerto generando un total de 20 tratamientos totalizando 600 plantas distribuidos en tres bloques. Cada unidad experimental conformada por 10 plantas con un diseño experimental factorial con arreglo de bloques al azar (Cuadro 2).

### **Análisis estadístico**

Para cada una de las variables se realizó el análisis de varianza en cada muestreo de manera individual. Estos análisis se realizaron con el programa INFOSTAT, para Windows y con su respectiva prueba de Tukey para comparación de medias, así como la determinación de la correlación entre variables calculando el coeficiente de correlación de Pearson.

### **Variables evaluadas**

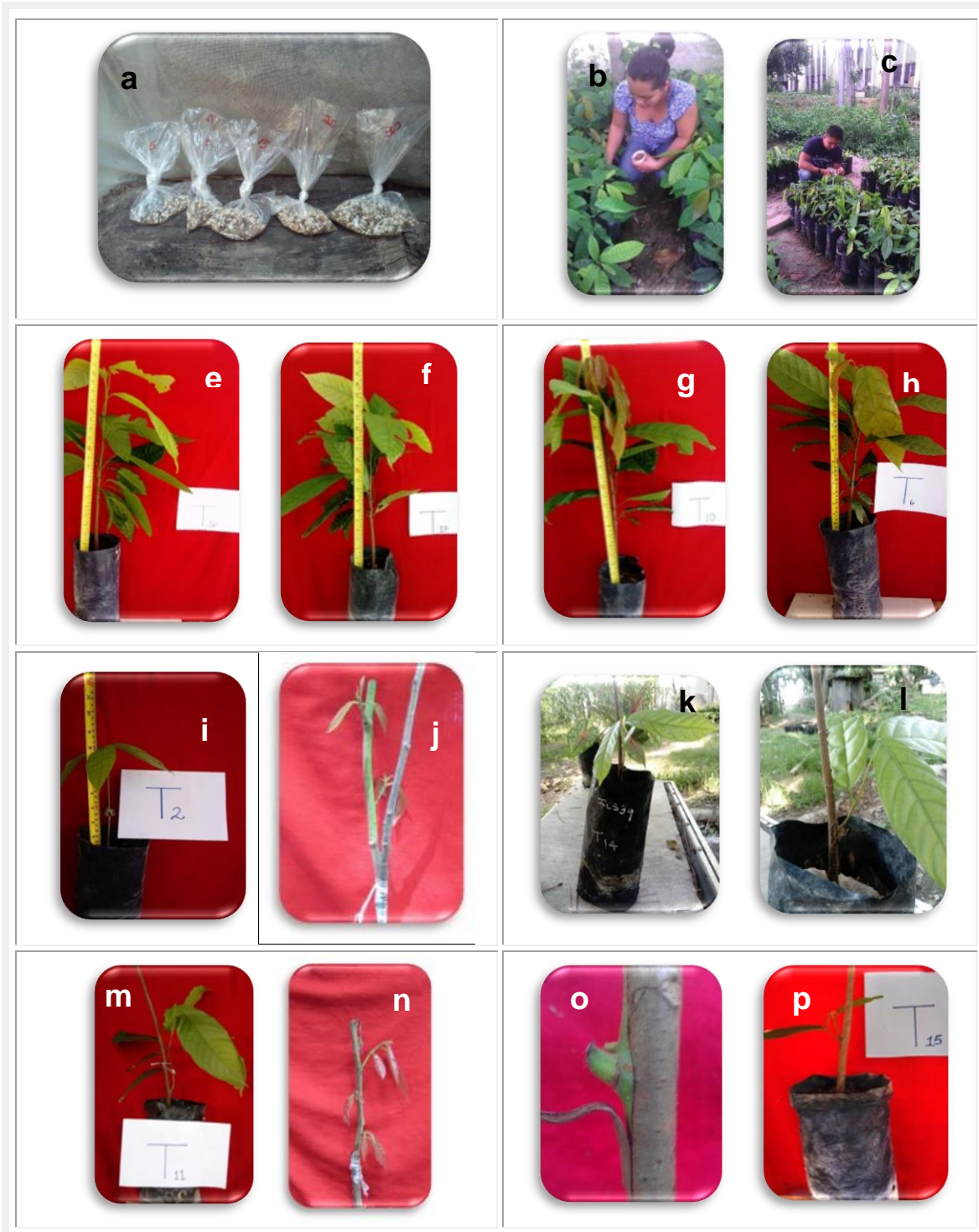
Las variables que se analizaron estudiaron en la investigación fueron: a) incremento en altura de la planta (portainjerto e injerto) b) incremento de diámetro de tallo (portainjerto e injerto) c) incremento en el número de hojas (portainjerto e injerto) f) área foliar, g) peso fresco y seco de hoja, h) peso específico de hoja, i) peso fresco y seco de tallo, j) peso fresco y seco de raíz, k) porcentaje de prendimiento, l) contenido de clorofila medido con el SPAD 502 Minolta y m) grados día de desarrollo (GDD). Los valores utilizados para la obtención de los grados días de desarrollo están relacionados con el promedio de las temperaturas medias diarias desde el momento del injerto hasta el momento del éxito del mismo, siendo necesaria la utilización de la fórmula siguiente:

GDD:  $\sum (T_i - T_b)$  donde:

GDD = Constante térmica en grados días de desarrollo,

$T_i$  = Temperatura promedio,

$T_b$  = Temperatura base del cultivo

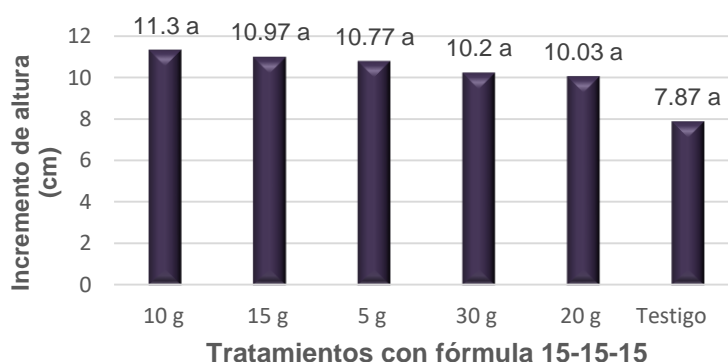


**Figura 1.** Etapas en el desarrollo de portainjertos de cacao: **a)** bolsitas con las dosis de fertilizante (5, 10, 15, 20 y 30 gramos de fórmula 15-15-15). **b y c)** aplicación del fertilizante cada 22 días. **e, f, g, h, i)** portainjertos de cacao en desarrollo. **j)** injerto por enchape lateral. **k y l)** siembra de estacas en los propagadores. **k, l, m)** injerto de yema y parche **n)** injerto de cuña terminal. **o y p)** injerto de parche.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Variables de crecimiento en el portainjerto: altura de planta, diámetro de tallo y número de hojas

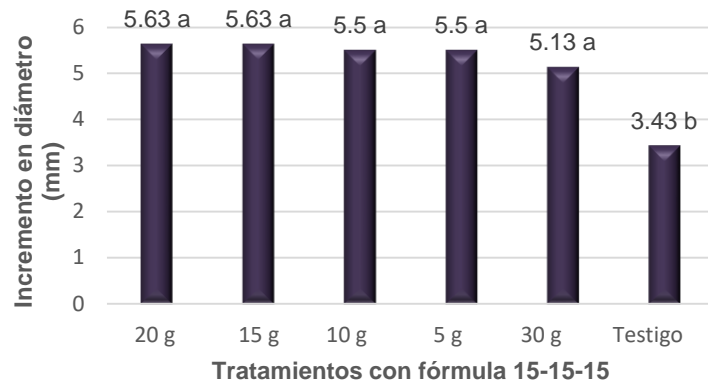
Tanto la altura, el diámetro y las hojas de las plantas representan variables que su desarrollo pueden ser influenciadas por factores externos, como la adición de fertilizantes, los que favorecen el buen desempeño de las mismas, por tal motivo en esta investigación, se aplicaron diferentes dosis de fórmula 15-15-15, pero no hubo diferencias estadísticas significativas en la altura de plantas de los portainjertos de cacao, sin embargo al analizar las medias, los tratamientos de 10 y 15 g del triple 15, reflejaron la mayor ganancia de altura con valores de 10 cm y 15 cm, respectivamente, mientras que el tratamiento testigo solo incremento 7.87 cm de altura durante los cuatro meses y medio previos al injerto. El pobre desempeño del testigo se pudo explicar con los valores reportados para nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K), del análisis químico del sustrato 0.40%, 0.15% y 0.11%, respectivamente y que según la clasificación que utiliza Calderón Alcaraz (1998) para cultivos frutales, resultan ser sustratos muy pobres, pobres y muy pobres para los tres elementos respectivamente. Para esta variable ganancia de altura o altura absoluta de plantas se presentó una alta correlación positiva de  $r = 0.66$  con las dosis de fertilizante por lo que se afirma que hubo una incidencia directa entre las dosis y esta variable ya que en todos los tratamientos con fórmula 15-15-15, las plantas de cacao respondieron de forma satisfactoria a su aplicación, lo que nos ayuda en el desarrollo de los portainjertos de cacao en un menor tiempo.



(Barras con la misma letra son estadísticamente iguales al 5% de significancia).

Figura 2. Efecto de diferentes dosis de fórmula 15-15-15 en el incremento de altura en el portainjerto de cacao criollo.

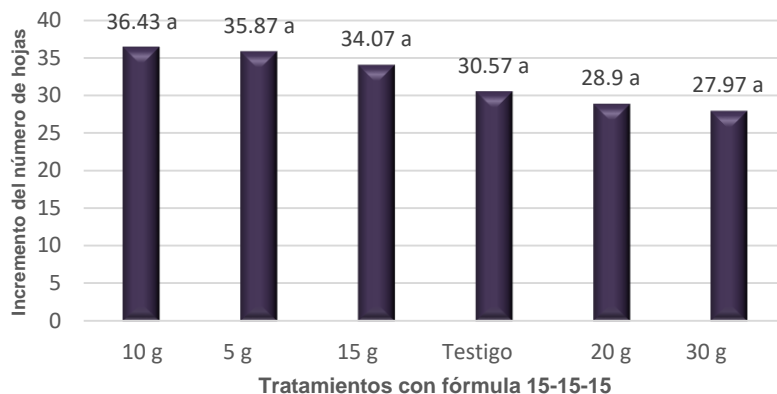
Con respecto a la ganancia de diámetro en los portainjertos se presentaron diferencias significativas, encontrando, que los tratamientos con las diferentes dosis de fertilizante fueron superiores al testigo, considerando el comportamiento de esta variable muy similar al incremento de la altura, por tal motivo la explicación de este comportamiento es la misma atribuyendo los resultados a la calidad del sustrato utilizado el cual reportó ser muy pobre en los elementos NPK. Jarstfer y Sylvia (1993) mencionan que la captación de NPK y otros minerales es más evidente en sustratos con niveles bajos de fósforo y de otros elementos mayores y esto ocurre frecuentemente en sustratos elaborados con suelos del trópico.



(Barras con la misma letra son estadísticamente iguales al 5% de significancia).

Figura 3. Efecto de diferentes dosis de fórmula 15-15-15 en el incremento del diámetro en el portainjertos de cacao criollo.

De igual forma al analizar el ANVA para el incremento en número de hojas, no se encontraron diferencias estadísticas significativas en ninguno de los tratamientos, pero podemos afirmar que los tratamientos con 5 g y 10 g de fórmula 15-15-15 mostraron los promedios más altos mientras que la dosis de 30 g, fue el tratamiento que produjo menos número de hojas, pero la diferencia entre el valor mayor y el menor no es categórica. Las tres variables de crecimiento analizadas muestran un comportamiento parecido cuya explicación nos regresa a revisar los resultados de los análisis de suelo que demostraron los bajos niveles de los elementos NPK, siendo el objetivo principal de estos análisis, identificar factores limitantes para corregirlos. Mientras mayor sea la cantidad de factores limitantes mayor será el incremento en el rendimiento, en este caso expresado por variables de crecimiento, siempre y cuando se corrijan todos los factores limitantes y esto responde a la famosa ley de mínimos de Liebig. No obstante, se puede analizar también la Ley del Máximo relacionado con los factores limitantes de Liebig a fin de obtener rendimientos máximos evitando excesos en el uso de insumos (Wallace, 1993). En un experimento similar Parada-Berríos, *et al* (2016) desarrollando plantas de ojushte encontró que tratamientos con 60 g de fórmula 15-15-15 y 60 g de fórmula 16-20-0, fueron los que presentaron niveles de toxicidad al grado de que algunas plantas se quedaron pequeñas con requemo en las hojas, otras perdieron el follaje y en algunos casos la muerte, al respecto Rodríguez Suppo (1989), menciona que dosis altas de fertilizantes pueden llevar a la muerte las plantas por toxicidad, considerando que las dosis empleadas en esta investigación no llegaron a causar daños a las plantas de cacao durante el desarrollo de los portainjertos.



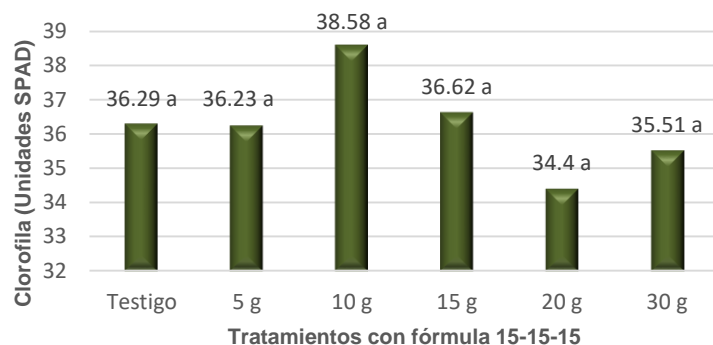
(Barras con la misma letra son estadísticamente iguales al 5% de significancia).

Figura 4. Efecto de diferentes dosis de fórmula 15-15-15 en el incremento de hojas en el portainjerto de cacao criollo

### Contenido de clorofila en el portainjerto

Asimismo, se examinó el contenido de clorofila en cada muestreo, analizando estadísticamente solo datos del último muestreo, no encontrando diferencias estadísticas significativas, sin embargo, los tratamientos con 10 y 15 gramos de fórmula 15-15-15 (equivalentes a 1.5-2.25 g de N), presentaron los promedios más altos en las tonalidades de verde según las unidades SPAD, lo cual significa que el fertilizante a base de nitrógeno promovió mayores niveles de clorofila en las hojas (Figura 5), estos resultados coinciden con los encontrados por Parada-Berríos, *et al* (2016) en plantas de ojushte, en las cuales la variable clorofila no presentó diferencias estadísticas, sin embargo, la dosis de 5 gramos de sulfato de amonio (equivalente a 1.05 g de N), generó la mayor intensidad del color verde, lo cual significa que este fertilizante a base de nitrógeno, promovió mayores niveles de clorofila en las hojas, captadas como longitudes de onda reflejadas de la luz solar y expresada en unidades SPAD, en esa tonalidad de verde intenso. Asimismo, el contenido de clorofila presentó una alta correlación positiva de  $r = 0.78$  con el número de hojas al respecto Cameron y Compton citados por Smith (1989), mencionan que las hojas contienen más concentración de nitrógeno que cualquier otro órgano vegetativo y puede contener casi la mitad del nitrógeno total de la planta. Con respecto al uso del SPAD 502, Li, *et al* (1998) mencionan que su utilización ofrece un potencial económico y ventajas medioambientales, ya que provee de información sobre el estatus de nitrógeno de las plantas sin necesidad de realizar muestreos destructivos, y es una técnica menos tediosa para evaluar la nutrición con nitrógeno, principalmente en árboles evitando el riesgo de bajos rendimientos en la cosecha en campo. Sin embargo la presencia de deficiencias o excesos de otros elementos, enfermedades, entre otros, pueden modificar la relación entre las variables de crecimiento o el rendimiento de árboles y las lecturas del SPAD, por lo tanto su uso no predice el estatus de nitrógeno de los árboles.



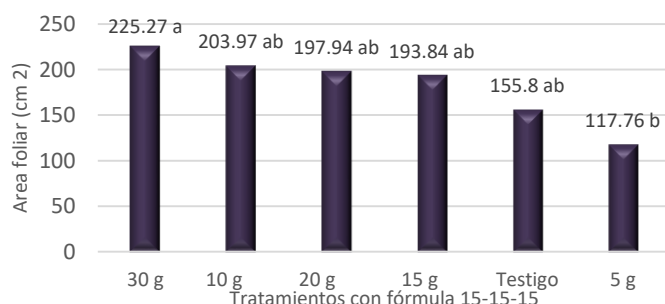


(Barras con la misma letra son estadísticamente iguales al 5% de significancia).

Figura 5. Efecto de diferentes dosis de fórmula 15-15-15 en los valores de clorofila en el desarrollo del portainjertos de cacao criollo.

### Variables fisiológicas en portainjertos: área foliar, peso específico de hoja (PEH); peso fresco y seco de hoja, tallo y raíz

Conocemos que fisiológicamente, en las hojas se propicia el medio indispensable y necesario para la obtención de frutos, considerándose, la fábrica de la materia orgánica, de azúcar en particular, por lo tanto la capacidad sintetizadora total de un árbol depende del total de la superficie foliar que en el conjunto del mismo se expone a la luz (Calderón Alcaraz, 1998), por tal razón se analizó la variable área foliar la cual presentó diferencias altamente significativas, demostrando la prueba de separación de medias de Tukey que el tratamiento con 30 g de fórmula 15-15-15 fue el mayor generador de superficie foliar, seguida por 10 g, 20 y 15 g del mismo fertilizante, mientras que el testigo y 5 g de triple 15, fueron los que mostraron su menor expresión en la variable (Figura 5). Calderón Alcaraz (1998) afirma que las hojas en presencia de abundancia de nitrógeno, se hacen más grandes, y de mayor superficie expuesta a la luz y de color verde intenso, estas mismas dosis mostraron valores de clorofila entre 35 y 38 unidades SPAD de clorofila, mostrando esa intensidad del color verde que menciona el autor (Figura 4). El mismo autor señala que el nitrógeno tiene influencia en el contenido de proteínas de los productos vegetales, ya que es parte constituyente de ellas, al igual que de la clorofila. Amores *et al* (2014) indica al respecto que en el máximo de capacidad fotosintética, las hojas de cacao de seis a ocho semanas de edad más expuestas al sol y que recién han alcanzado su madurez, utilizan del 20 a 25% de la irradiación lumínica interceptada por la parte superior de la planta, en un día soleado en ausencia de nubosidad. Más allá de este punto, la tasa fotosintética de las hojas totalmente expuestas ya no aumenta. Y a esto es lo que se conoce como punto de saturación lumínica del cacao. Solamente como ilustración comparativa el punto de saturación en las hojas de palma de coco se acerca al 80% de la luminosidad recibida a plena exposición.

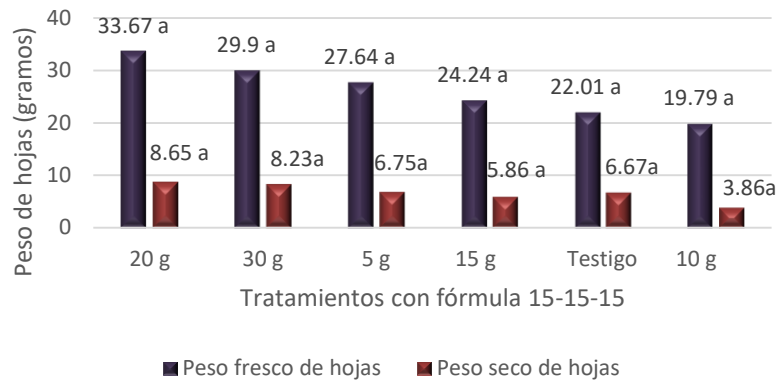


(Barras con la misma letra son estadísticamente iguales al 5% de significancia).

Figura 6. Efecto de diferentes dosis de fórmula 15-15-15 en los valores

del área foliar del portainjerto de cacao criollo.

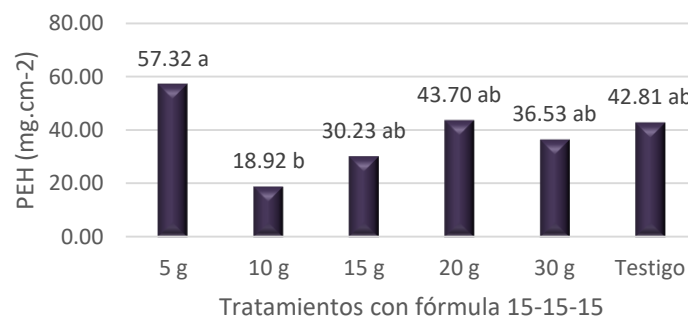
Tanto el peso fresco y seco de las hojas no presentaron diferencias estadísticas significativas (Figura 7), pero observando los promedios en las mismas, los tratamientos con las mayores dosis de la fórmula 15-15-15, manifestaron el mayor peso fresco y seco de las hojas.



(Barras con la misma letra son estadísticamente iguales al 5% de significancia).

Figura 7. Efecto de diferentes dosis de fórmula 15-15-15 en los valores de peso fresco y seco de hojas en el portainjerto de cacao criollo.

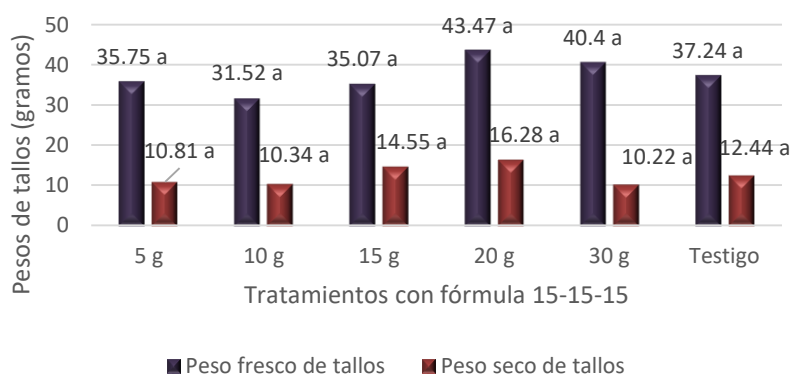
Al analizar el peso específico de hojas (PEH) (Figura 8), se encontraron diferencias altamente significativas encontrando por medio de la prueba de separación de medias de Tukey a la dosis de 5 g, 20 g de triple 15 y al testigo, como las dosis o tratamientos que más valor mostraron en esta variable, Parada-Berrios, *et al* (2016), explican, que el PEH, no es más que el peso seco, en miligramos dividido entre el área foliar (cm<sup>2</sup>), y estos valores expresan la eficiencia fotosintética de la hoja estimulada por los tratamientos de fertilización, es decir la capacidad de generar tejido nuevo por cm<sup>2</sup> de hoja. En el análisis químico del sustrato, los valores para nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K), reportaron 0.40%, 0.15% y 0.11% respectivamente, que según la clasificación que utiliza Calderón Alcaraz (1998) para cultivos frutales, como sustratos muy pobres, pobres y muy pobres para los tres elementos respectivamente, esto explica en parte el comportamiento de las plantas de cacao en respuesta a las diferentes dosis de fertilizante. El mismo autor señala que fósforo es un constituyente fundamental de los ácidos nucleicos, por lo que es indispensable para la vida, teniendo influencia en los procesos de reproducción al estimular la inducción floral y a la formación de semillas en los frutos, mostrando su importancia no solo en fase de vivero, sino, que en todas las etapas de los árboles. En cuanto al potasio tiene una acción bien marcada en las condiciones hídricas del vegetal, tanto a nivel celular como de los tejidos, ayudando a la formación de las proteínas y en la transformación de azúcares en almidón.



(Barras con la misma letra son estadísticamente iguales al 5% de significancia).

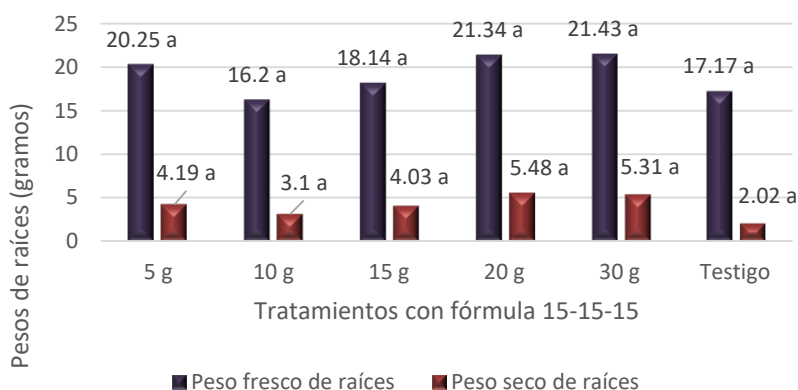
Figura 8. Efecto de diferentes dosis de fórmula 15-15-15 en los valores de peso fresco y seco de hojas en el portainjerto de cacao criollo.

Las variables del peso del tallo y raíces del portainjerto no presentaron diferencias estadísticas significativas, no obstante, el comportamiento de los promedios sigue la tendencia donde las dosis de la fórmula 15-15-15 muestran su efecto en proporcionar mayores valores en las variables (Figuras 9 y 10), las dosis de 20 y 30 g de fórmula 15-15-15, presentan los mayores pesos Calderón Alcaraz (1998), menciona que el fósforo determina la formación de un buen sistema radicular y que el potasio actúa además como propiciador de acciones enzimáticas, la formación de semilla de mayor tamaño y tiene decisiva influencia sobre la resistencia que las plantas presentan frente al ataque de enfermedades. Por otra parte el peso fresco de raíz y seco de tallo presentaron una alta correlación positiva con las dosis de fórmula 15-15-15 de  $r= 0.65$  y  $r= 0.84$ , respectivamente, al respecto en experimentos realizados en el Imperial College of Tropical Agriculture en Trinidad, demuestran que el efecto del potasio fue completamente claro, en tanto que en el caso del fósforo y nitrógeno fueron menores, manifestando, que a medida se incrementan las dosis de los mismos, tanto variables fisiológicas, de crecimiento de los árboles como el rendimiento de frutos de cacao aumentan (Jacob y Uexküll, 1973). Amores *et al* (2009) menciona que los suelos minerales contienen entre el 90 y 99% de materia mineral y del 1 al 10% de materia orgánica, como fuentes primarias de nutrientes, en esta investigación el contenido de materia orgánica en el sustrato fue del 2.3%, el cual se considera bajo, pero aunque este se hubiese encontrado alto, el mismo autor señala que las fuentes se debilitan con el pasar del tiempo, por lo que surge la necesidad de agregar nutrimentos que se encuentren insuficientes. Las plantas absorben del suelo un número de elementos nutritivos en proporciones específicas y es importante que estas, se mantengan balanceadas para facilitar su absorción. Además Amores, *et al* (2009) afirma que previo al desarrollo de un programa de fertilización, es necesario disponer de un diagnóstico del nivel de fertilidad natural del suelo y de los sustratos, si es a nivel de vivero, mediante análisis de suelo y foliares, el autor cita los requerimientos nutricionales del cacao en fase de vivero de una guía elaborada por el CATIE, de Costa Rica, quienes recomiendan  $2.4 \text{ kg.ha}^{-1}$  ( $2.16 \text{ g.planta}^{-1}$ ) de Nitrógeno;  $0.6 \text{ Kg.h}^{-1}$  ( $0.54 \text{ g.planta}^{-1}$ ) de fósforo y  $2.4 \text{ kg.ha}^{-1}$  ( $2.16 \text{ g.planta}^{-1}$ ) de potasio. Otras correlaciones de importancia encontradas fueron el peso fresco de tallo: con peso seco, fresco y seco hoja ( $r= 0.89$ ,  $r= 0.96$ ,  $r= 0.96$  respectivamente). Peso fresco de raíz con: peso fresco y seco de hoja ( $r= 0.96$  y  $r= 0.89$ , respectivamente). Estas variables están influenciadas de manera directa y demuestran la conexión entre todos los órganos de las plantas, como lo indica Pérez García y Martínez-Laborde (1994), quienes explican que parte de los nutrimentos absorbidos pueden ser metabolizados en las células de la raíz, pero la mayor parte de ellos se dirigirán desde la superficie de la raíz hacia el xilema del cilindro central del tallo. Una vez alcanzado el xilema de la raíz, los nutrimentos se incorporan a la corriente ascendente de agua y son distribuidos a todas las partes de la planta.



(Barras con la misma letra son estadísticamente iguales al 5% de significancia).

Figura 9. Efecto de diferentes dosis de fórmula 15-15-15 en los valores de peso fresco y seco de tallos en el portainjerto de cacao criollo.

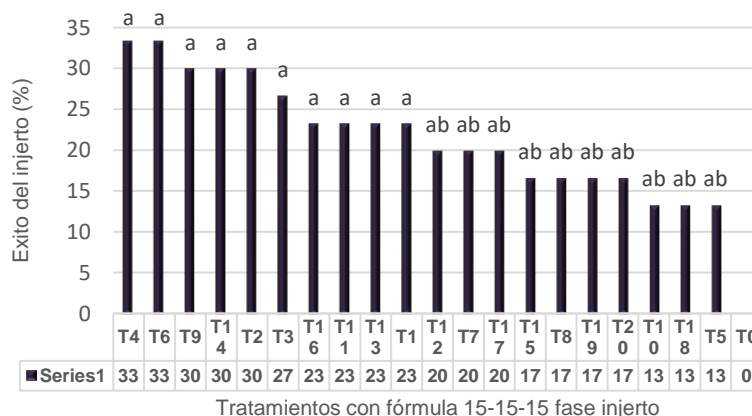


(Barras con la misma letra son estadísticamente iguales al 5% de significancia).

Figura 10. Efecto de diferentes dosis de fórmula 15-15-15 en los valores de peso fresco y seco de raíces en el portainjerto de cacao criollo.

### Variables: éxito en el prendimiento del injerto y grados días de desarrollo (GDD)

Con respecto a esta variable se presentaron diferencias altamente significativas en el prendimiento del injerto, encontrando que un grupo de 10 tratamientos fueron superiores al resto, siendo las interacciones T<sub>4</sub> (5 g de triple 15 y cuña terminal) y T<sub>6</sub> (10 g de triple 15 más injerto de yema), los que presentaron el mayor éxito de injerto con 33%. Es importante explicar que de 600 plantas injertadas, el éxito ocurrió en 432 plantas equivalente al 72% del total, mostrando la distribución del éxito del injerto por tipo de injertos en la figura 12, siendo el injerto de yema el que mayor éxito tuvo, seguido el injerto de cuña terminal, parche y enchapado lateral. Al revisar la correlación de Pearson se encontró una  $r = 0.50$  ligeramente positiva entre las dosis de fórmula 15-15-15 y el éxito en el prendimiento del injerto, lo que implica que no existe una conexión directa entre ambas pero que a la vez si hubo una influencia ligera de los fertilizantes con las dosis entre 5 g y 20 g de la fórmula 15-15-15, pero sin respuesta con la dosis 30 g de la fórmula, reflejándose en la figura 11 con los valores más bajos las interacciones T<sub>17</sub>, T<sub>18</sub>, T<sub>19</sub> y T<sub>20</sub>, en interacción con sus respectivos tipos de injerto. Ramos, *et al* (2015), evaluando diferentes tipos de injerto en cacao criollo, alcanzaron un 60 y 70% de éxito en el prendimiento en los injertos de enchapado lateral y cuña terminal respectivamente, por lo que los resultados globales de esta investigación coinciden con lo encontrado por los autores.



(Barras con la misma letra son estadísticamente iguales al 5% de significancia).

Figura 11. Efecto de diferentes dosis de fórmula 15-15-15 en el prendimiento de diferentes tipos de injerto en cacao criollo.

Se encontraron altas correlaciones positivas importantes entre el éxito del injerto: la altura, el diámetro y el peso seco de raíz de  $r= 0.93$ ,  $r= 0.99$  y  $r= 0.70$ , respectivamente; variables importantes y de influencia directa en el prendimiento del injerto. La altura y el diámetro del portainjerto fijan una etapa determinante en el prendimiento de los injertos, a mayor altura y diámetro las probabilidades de éxito incrementan, de igual forma las reservas acumuladas, en las diferentes estructuras de sostén del portainjerto son elementales, ya que proveen de alimento a la vareta injertada, la cual inicia su brotación con sus propias reservas, sin embargo, en esta investigación los tipos de injerto de mayor éxito fueron de yema: el de yema como tal y el de parche que no llevan madera como estructura de reserva.

Ambos tipos de injerto suman 37.16% (19.83% más 17.33%) y que corresponde a 223 plantas producidas (Figura 12). Hartman y Kester (1998) indican que en los injertos de yema influye determinadamente que la corteza “resbale”, lo que indica que las células del cambium están en división activa, produciendo células jóvenes de pared delgada en ambos lados del cambium. Además mencionan que los injertos de yema es importante que tengan una provisión de humedad del suelo y nutrición adecuada mucho antes de la operación del injerto. Si carecen de agua en ese período, el crecimiento activo se detiene, cesa la división celular en el cambium y se hace difícil despegar la corteza para insertar la yema.

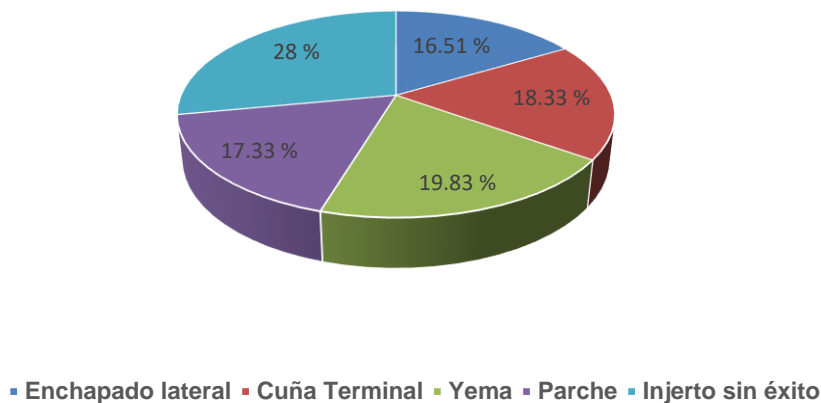
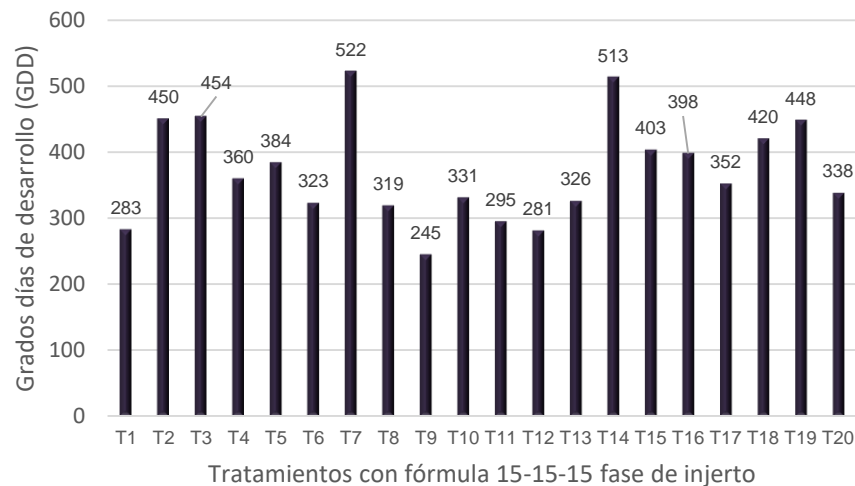


Figura 12. Porcentaje de prendimiento total por tipo de injerto.

En cuanto a los grados días de desarrollo (GDD), que es la acumulación de requerimientos de calor para completar una etapa fenológica determinada, ya que, el crecimiento vegetativo de una planta o porción de ella, está influenciado por las temperaturas prevalecientes en el medio (Snyder, 1985), se registraron las temperaturas medias a partir de la injertación. En la figura 13 se muestra que el T<sub>9</sub> (15 g de fórmula 15-15-15 más injerto de enchapado lateral) presentó el menor valor 245 GDD, seguido del T<sub>12</sub> (15 g de fórmula 15-15-15 más injerto de cuña terminal) con 283 GDD, lo que significa que estos tratamientos tardaron menos tiempo en brotar, mientras que el T<sub>7</sub> (10 g de fórmula más injerto de parche) tardó 522 GDD. Ramos, *et al* (2015) encontró para cacao criollo un intervalo de brotación entre 233-395 GDD con los injertos de cuña terminal y enchapado lateral. En esta investigación se puede establecer un intervalo entre 245-522 GDD en términos generales para los injertos evaluados. Sin embargo, al segregar los tratamientos que se tardaron más en brotar en orden descendente: T<sub>7</sub>, T<sub>14</sub>, T<sub>3</sub>, T<sub>4</sub>, T<sub>19</sub>, T<sub>18</sub> y T<sub>15</sub>, todos correspondieron a injertos de yema (yema propiamente y de parche). En conclusión los resultados de esta investigación coinciden totalmente en esta variable con lo que reporta Ramos *et al* (2015), ya que el intervalo encontrado para los injertos de enchapado lateral y cuña terminal fue entre 245-398 GDD, mientras que para injertos de yema se puede establecer entre 403 y 522 GDD, lo

que implica que tardan más en brotación pudiendo tomar en cuenta este hallazgo para una buena selección de los tipos de injertos a utilizar en diversas situaciones que el productor o viverista pueda tener en la producción de plantas de cacao a escala comercial o para autoabastecerse en su finca.



(Barras con la misma letra son estadísticamente iguales al 5% de significancia).

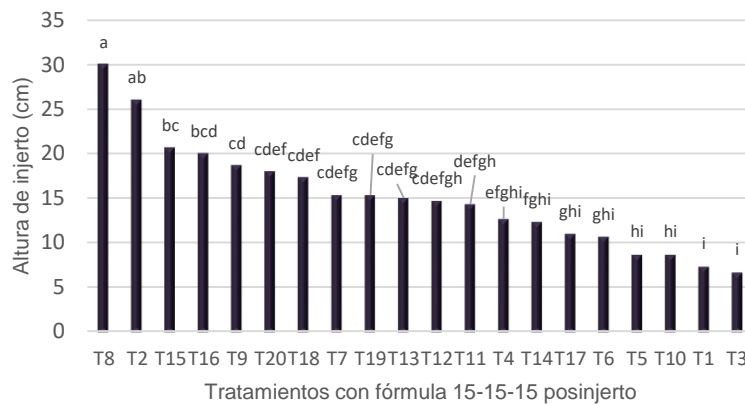
Figura 13. Efecto de diferentes dosis de fórmula 15-15-15 en la acumulación de unidades calor expresadas en GDD requeridas para la brotación y el éxito del prendimiento del injerto en cacao criollo.

### Variables de crecimiento: altura, diámetro y número de hojas del injerto

En las tres variables de crecimiento del injerto se presentaron diferencias estadísticas altamente significativas en las interacciones dosis de fertilizante e injertos, encontrando, para la variable altura y número de hojas el T<sub>8</sub> (10 g de fórmula 15-15-15 más injerto de cuña terminal) con los mejores resultados 30 cm de altura y más de 17 hojas respectivamente (Figuras 14 y 16). En cuanto a la variable diámetro de tallo del injerto el T<sub>1</sub> (5 g más injerto de enchapado lateral) con un valor superior a los 5 mm de diámetro, seguido del T<sub>4</sub> (5 g, más injerto de cuña terminal) (Figura 15). Estas variables reportan correlaciones altamente positivas, demostrando por ejemplo que la fertilización tuvo una influencia directa con la altura de la planta y número de hojas con  $r = 0.63$  y  $r = 0.67$  respectivamente. El peso seco de hoja, peso seco de tallo y peso seco de raíz presentaron alta correlación positiva con la altura del injerto de  $r = 0.90$ ,  $r = 0.70$  y  $r = 0.93$  respectivamente. Asimismo, el número de hojas del injerto presentó alta correlación positiva con las dosis de triple 15, con el área foliar con una  $r = 0.67$  y  $r = 0.84$ , respectivamente. En cuanto al diámetro presentó alta correlación positiva con peso seco de hojas, peso específico de hojas (PEH) y peso seco de raíz con una  $r = 0.87$ ,  $r = 0.81$  y  $r = 0.73$ , respectivamente. Todas esas correlaciones nos indican claramente la influencia que ejercieron las diferentes dosis de la fórmula 15-15-15 en las variables de crecimiento altura, número de hojas y diámetro de injerto, pero estas a la vez, mostraron una conexión directa con área foliar, peso, seco de hojas, tallos y raíz, así como el PEH con el diámetro del tallo del injerto, todas estas estructuras de la planta de cacao (tallo y raíz) son de reserva y que también mostraron alta correlación positiva con las dosis de fertilizante, lo que indica que la aplicación del fertilizante influyó directamente en el desarrollo de las variables de crecimiento del injerto. Sandhu (1992) afirma que la aplicación de fertilizantes interactúan sinérgicamente favoreciendo en forma determinante en el éxito del prendimiento del injerto, logrando crear condiciones donde la proporción de células vivas requeridas para formar callo rápidamente en la unión del injerto están a un nivel adecuado, asimismo, cuando

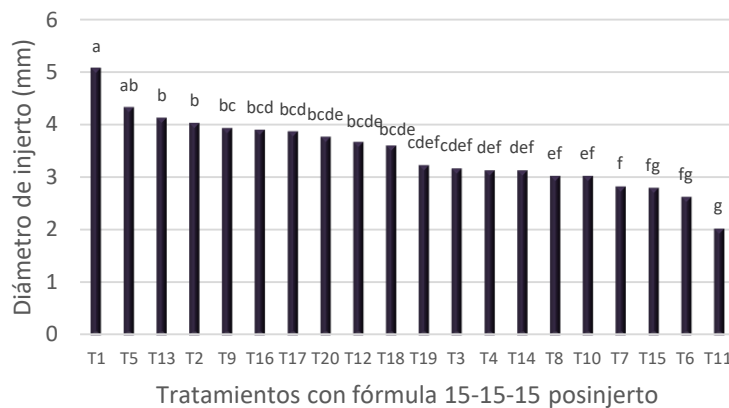


portainjerto y vareta son similares (diámetro), significa que no hay diferencia en la madurez de la madera de ambos, lo cual favorece a una unión exitosa, rápida, eficiente desarrollo del injerto y de la nueva planta.



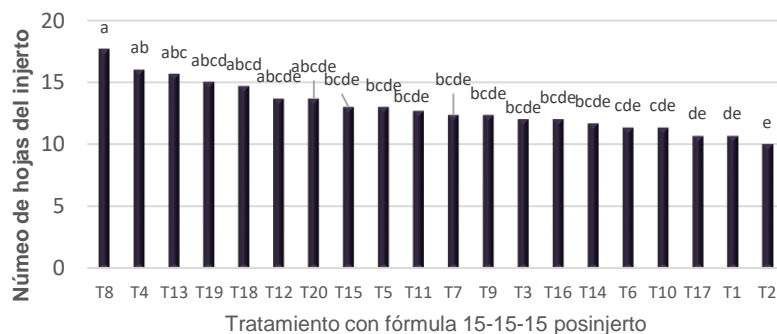
(Barras con la misma letra son estadísticamente iguales al 5% de significancia).

Figura 14. Efecto de diferentes dosis de fórmula 15-15-15 en el desarrollo de la altura del injerto en cacao criollo.



(Barras con la misma letra son estadísticamente iguales al 5% de significancia).

Figura 15. Efecto de diferentes dosis de fórmula 15-15-15 en el desarrollo del diámetro del injerto en cacao criollo.



(Barras con la misma letra son estadísticamente iguales al 5% de significancia).

Figura 16. Efecto de diferentes dosis de fórmula 15-15-15 en el desarrollo del número de hojas del injerto en cacao criollo.

## CONCLUSIONES

Las dosis de fórmula 15-15-15 evaluadas, en el desarrollo de los portainjertos de cacao criollo, aunque no presentaron diferencias estadísticas significativas en todas las variables de crecimiento y fisiológicas con las aplicaciones, las plantas presentaron un mejor desarrollo, alcanzando en cuatro meses condiciones óptimas para el injerto.

En cuanto al prendimiento del injerto se obtuvieron diferencias estadísticas altamente significativas, alcanzando un 72% de éxito total del experimento, separando por tipos de injerto: 19.83% para el injerto de yema, 18.33% cuña terminal, 17.33% injerto de parche y 16.51% el de enchapado lateral; encontrando además que para los injertos de vareta se requiere 245-398 GDD (20-30 días), para la brotación y los injertos donde se usa yema se requiere 403-522 GDD (más de dos meses).

El efecto del fertilizante fue más categórico en la fase de injerto encontrando diferencias altamente significativas en las variables: altura, diámetro y número de hojas, reportando asociación positiva entre las variables altamente correlacionadas con las variables fisiológicas del portainjerto influenciadas todas de manera positiva con las dosis de la fórmula 15-15-15; considerando que la asimilación y acumulación de reservas por los portainjertos y su translocación a los injertos y sus variables de crecimiento fue efectiva.

## RECOMENDACIONES

Se recomienda para el desarrollo de portainjertos de cacao la fertilización con fórmula 15-15-15 en dosis de 5 – 30 gramos por planta.

Se recomiendan el uso de cualquiera de los cuatro tipos de injerto, haciendo énfasis en que el uso de varetas, el tiempo de desarrollo es más rápido que los injertos de yema.

Los injertos de yema requieren más de dos meses para brotación, por lo tanto el viverista y los productores deben tomar en cuenta este aspecto para la planificación de la producción de plantas, es decir, tener desarrollados los portainjertos a finales de año para tener listas las plantas a inicios de las lluvias para su respectiva siembra.

## BIBLIOGRAFÍA

**Amores, F; Saquicela, D; Sarabia, W; Tarqui, O; Sotomayor, I; Vasco, A. 2014.** Buenas prácticas para la renovación de huertas improductivas de cacao tradicional. Manual técnico No. 97. Quevedo-Los Rios-Ecuador. 171 p.

**Calderón Alcaraz, 1998.** Fruticultura General. El Esfuerzo del Hombre. UTEHA. NORIEGA EDITORES. 763 p.

**Hartmann, H; Kester, D 1998.** Propagación de plantas principios y práctica. Sexta edición. Compañía editorial continental S.A de C.V México. p 760.

**Jacob, A; Uexküll, H. 1973.** Fertilización. Nutrición y abonado de los cultivos tropicales y subtropicales. Cuarta Edición. México. D.F. Pp 299-311.

**Jarstfer, AG; Sylvia, DM. 1993.** Inoculum production and inoculation strategies for vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. Soil Microbial Ecology. Applications in agricultural and environmental Management. Ed. By F. Blane Metting Jr. Marcel Dekker, INC. New York. 646 p.

**Li, YC; Alva, AK; Calvert, DV; Zhang, M. 1998.** A rapid nondestructive technique to predict leaf Nitrogen status of Grapefruit Tree with various nitrogen fertilization practices. Hortitechnology. January-march. 8(1):81-86

**MARN, 2013.** Información meteorológica: Servicio Meteorológico Nacional. San Salvador, El Salvador.

**Parada-Berrios, FA; Barrera Santos, DA; Molina Escalante, MO; Quintanilla, JR. 2016.** Evaluación de diferentes dosis y fuentes de NPK en ojushte, y su efecto en el éxito en el prendimiento del injerto. Informes técnicos: Rescate y desarrollo de germoplasma de ojushte (*Brosimum alicastrum* swartz) con alto potencial genético de rendimiento nutricional y comercial. Proyecto financiado por PRESANCA/CSUCA. Pp. 57-69.

**Pérez García, F. y Martínez-Laborde, JB. 1994.** Introducción a la Fisiología Vegetal. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. 218 p.

**Ramos, YM; Rivas, AT; Villalta, LB. 2015.** Evaluación de diferentes técnicas de injerto en cacao (*Theobroma cacao* L.) y su incidencia en el prendimiento en fase de vivero. Tesis. Para optar al título de Ingeniero Agrónomo. Universidad de El Salvador. San Salvador, El Salvador. 79 p.

**Rodríguez Suppo, F. 1982.** Fertilizantes; Nutrición Vegetal. AGT. Editor S.A. México D.F.

**Sandhu, MK. 1992.** Standardization of grafting techniques in sapota (*Achras zapota* L). International Symposium on Tropical Frontier in tropical fruit Research. Acta Horticulturae. 321:610-615

**Smith, PF. 1989.** Nutrición de Cítricos. Research Plant Physiologist. USDA Agricultura Research Service, Orlando Florida. 90 p.

**Snyder, RL. 1985.** Hand Calculating degree days. Agricultural and Forest Meteorology. 35: 353-358.

**Somarriba, E; Quezada, F; Villalobos, M. 2010.** La captura de carbono: un servicio ambiental en fincas cacaoteras indígenas. 1 ed., da reimpr. Turrialba CATIE. Costa Rica. 28 p.

**Wallace, A. 1993.** The law of maximum. Better Crop. 77(2): 20-22.

## **Evaluación de cuatro tipos de injertos de cacao (*Theobroma cacao* L.) utilizando como injerto el clon ICS-95 en portainjertos de dos años de edad establecidos en campo en la Cooperativa Santa Clara, San Luis Talpa, La Paz.**

**Vásquez-Osegueda, EA; Parada-Berríos, FA; Rodríguez-Urrutia, EA; Lovo-Lara, LM.**

### **RESUMEN**

Con el objetivo de evaluar diferentes tipos de injerto para identificar el más prometedor por su éxito en el prendimiento en portainjertos desarrollados en campo en la Asociación Cooperativa de Producción Agrícola Santa Clara No. 2 de R.L., municipio de San Luis Talpa, La Paz; se ejecutó una investigación, empleando los siguientes injertos: enchapado lateral, malayo, cuña o púa terminal y parche. Se utilizó un experimento con un diseño completamente al azar, con cinco repeticiones, utilizando 5 plantas como unidad experimental, totalizando 100 plantas. La injertación se realizó en el mes de septiembre de 2018, evaluando las siguientes variables: altura, diámetro de la vareta y portainjerto, éxito del prendimiento del injerto, grados días de desarrollo (GDD), número de hojas y brotes del injerto. Para analizar los resultados se utilizó el programa estadístico InfoStat® con su respectiva prueba de Tukey para la comparación de medias, de igual forma se determinó la correlación entre las variables haciendo uso del coeficiente de correlación de Pearson. Como resultados se encontró que el mayor éxito en el prendimiento de injertos fue el enchapado lateral, seguido del injerto malayo, cuña terminal y con menor éxito el de parche. Con respecto al número de hojas y número de brotes, que más desarrollo presentó fue el de cuña terminal, seguido del enchapado lateral y el malayo, y en menor proporción el de parche. Se recomienda usar el injerto de enchapado lateral y malayo para las plantaciones de cacao de dos años de edad o más, los cuales mostraron favorecer el éxito en el prendimiento de los injertos.

**Palabras Claves:** injertos de cacao en campo, cambio de copa de cacao.

## INTRODUCCIÓN

En el cacao se dan los dos tipos de reproducción: sexual, que consiste en la unión de dos células cigóticas (el polen y óvulos), que después de esa unión forman semillas y el conjunto de semillas forma un fruto, no obstante de cada 100 árboles de una plantación establecida por semilla, unos 30 son excelentes productores, otra cantidad son regulares y encontramos un porcentaje de árboles que producen muy pocas mazorcas y en ocasiones ninguna. A esto se le conoce como variabilidad genética (IPADE 2016)

La reproducción asexual se utilizan cuando se desea mantener las características de la planta madre, es decir que no hay variabilidad genética, y los métodos son el enraizamiento de estacas y esquejes, el injerto y el cultivo de tejidos. Dentro de estos métodos los injertos son los más utilizados, se pueden realizar en plantas que se encuentran en vivero o bien en árboles adultos (cambio de copa) considerados no deseables en la plantación por una circunstancia determinada según Molina y Parada-Berríos (2016).

El injerto es una práctica habitual en agricultura y horticultura, aunque su conocimiento a nivel general está poco extendido, sin esta práctica tan antigua, sería imposible en la actualidad y lo hubiera sido en tiempos pasados mantener muchas de las variedades de plantas de cultivo, especialmente la clonación de árboles frutales (Boutelou 2007).

Los injertos en cacao son una técnica de propagación vegetativa o asexual que consiste en unir una rama o parte de ella (vareta) a un patrón reproducido por semilla, con la finalidad que la vareta o yema se una al patrón quedando en íntimo contacto, los nuevos tejidos, provenientes de la división celular de ambos, quedan unidos y pueden transportar, sin impedimento de agua y nutrientes para la nueva planta a través de esta unión (MAG s.f.)

Las ventajas de la injertación es mantener características genéticas (color de fruto, tamaño de fruto, tamaño de semilla, resistencia a plagas, sabor), inicio temprano de producción, reducción de tamaño de árbol (Valentini 2003).

El cultivo de cacao en el país ha teniendo una tendencia creciente en los últimos años, expandiéndose las áreas de siembra a nivel nacional. Sin embargo la baja calidad y poca disponibilidad del material genético de cacao fino y de aroma (Criollo) sumado con el poco conocimiento de labores del cultivo y manejo, está afectando directamente a las familias de pequeños productores y productoras, quienes están abandonando las plantaciones de dos a tres años de edad por el poco porcentaje de prendimiento en la injertación.

La mayor parte de injertos se realizan en viveros cuando los arboles tienen de 4 a 6 meses de edad y un grosor inferior a 1 cm aproximadamente. Sobre los injertos en árboles de cacao de dos años de edad establecidos en campo se ha investigado muy poco, he de ahí la importancia de esta investigación.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Localización

El ensayo se ejecutó de septiembre hasta diciembre de 2018, en las plantaciones de cacao de la Asociación Cooperativa de Producción Agrícola Santa Clara N°2 de R.L. con coordenadas N 13°25'08.9" y W 89°04'53.3" y 12 metros sobre el nivel del mar en el municipio de San Luis Talpa, La Paz.

### Material experimental

Se utilizaron 100 árboles de cacao de dos años de edad como portainjertos establecidos en campo, a los cuales inicialmente se les tomaron datos de altura total, altura y diámetro de injertación. Las varetas para la injertación fueron seleccionadas del clon ICS 95 cortadas al momento de la injertación tomándoseles datos previos de longitud y diámetro de vareta. Para la realización de los injertos fue necesario utilizar herramientas como: tijeras de podar, cintas plástica para amarre, bolsas plásticas transparentes para charamusca de 3 x 6", navajas para injertar, piedra de afilar y corrector para rotular. Además para la toma de datos se utilizó pie de rey digital marca Mytocoyo y cinta métrica.

### Metodología estadística

Se utilizó un diseño completamente al azar con cuatro tratamientos (tipos de injerto) (Cuadro 1). Para cada una de las variables se realizó el análisis de varianza individual y su respectiva prueba de Tukey. Estos datos se analizaron usando el programa estadístico InfoStat® con su respectiva prueba de Tukey y la comparación de medias, de igual forma se determinó la correlación entre las variables haciendo uso del coeficiente de correlación de Pearson con un nivel de confianza del 95%.

### VARIABLES EN ESTUDIO

Las variables evaluadas fueron:

- Porcentaje de prendimiento (%)
- Grados días de desarrollo (GDD)
- Número de hojas
- Número de brotes

Los valores utilizados para la obtención de resultados están relacionados con el promedio de las temperaturas medias diarias desde el momento del injerto hasta el momento del éxito del mismo, siendo necesaria la utilización de la fórmula siguiente:

GDD:  $\sum (T_i - T_b)$  donde: GDD = Constante térmica en grados días de desarrollo,  $T_i$  = Temperatura promedio,  $T_b$  = Temperatura base del cultivo

Cuadro 1. Descripción de los tratamientos

Tratamiento	Descripción	Arboles	Datos tomados al inicio				
			Altura del portainjerto (cm)	Altura de injertación (cm)	Diámetro de injertación (mm)	Largo de vareta (cm)	Diámetro de vareta (mm)
T <sub>1</sub>	Injerto malayo	25	89.68	23.82	12.21	22.88	5.81
T <sub>2</sub>	Cuña terminal	25	98.56	54.08	11.17	16.64	6.18
T <sub>3</sub>	Yema	25	96.80	27.88	12.77	1.0	1.0
T <sub>4</sub>	Enchape lateral	25	87.60	42.24	9.56	16.40	5.71



### Toma de datos

La toma de datos se realizó al inicio del experimento, con las mediciones de altura del portainjerto, altura y diámetro de injertación, longitud y diámetro de varetas. A partir de los 15 días se comenzó a monitorear el prendimiento de los injertos y se tomaron datos a los 15, 20, 25, 30 y 60 días después de injertar.



Figura 1. Proceso de injerto enchapado lateral **a** y **b**) corte de 3 – 5 cm en portainjerto, **c**) corte de 45° o con chaflán en vareta, **d**) corte de 3 – 5 cm para descubrir cambium en vareta, **e**) amarre, **f**) envoltura con bolsa de charamusca, **g**) rotulación, **g**) injerto de un mes.

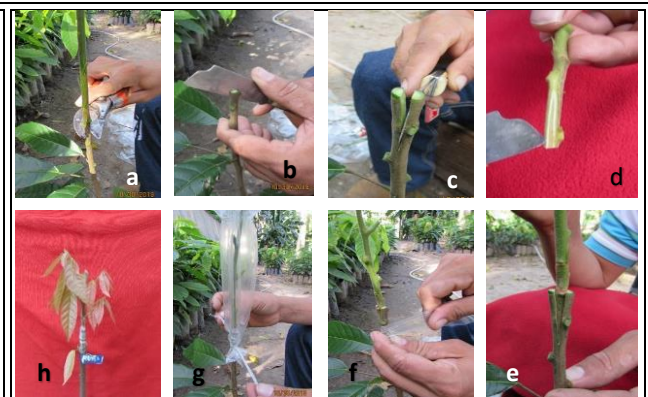


Figura 2. Proceso de injerto de cuña terminal **a**, **b** y **c**) cortes de preparación del portainjerto, **d**) cortes en vareta, **e**) colocación de vareta sobre el portainjerto, **f**) amarre, **g**) colocación de bolsa de charamusca, **h**) injerto de un mes.

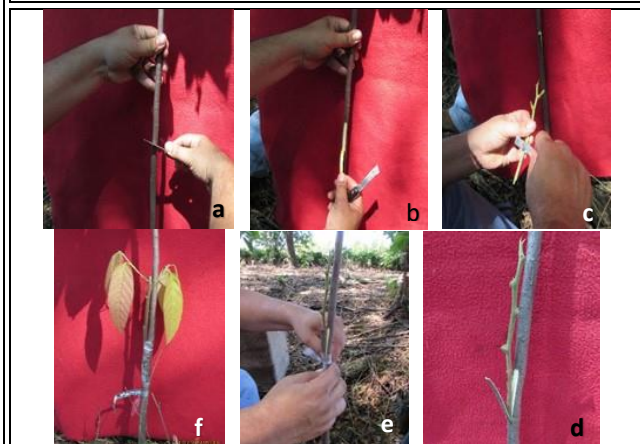


Figura 3. Proceso de injerto malayo **a**) corte horizontal en el portainjerto de 0.5 cm de largo aproximadamente, **b**) desprendimiento de la corteza, **c**) cortes de preparación en vareta, **d**) colocación de vareta en el patrón, **e**) amarre, **f**) injerto de un mes.

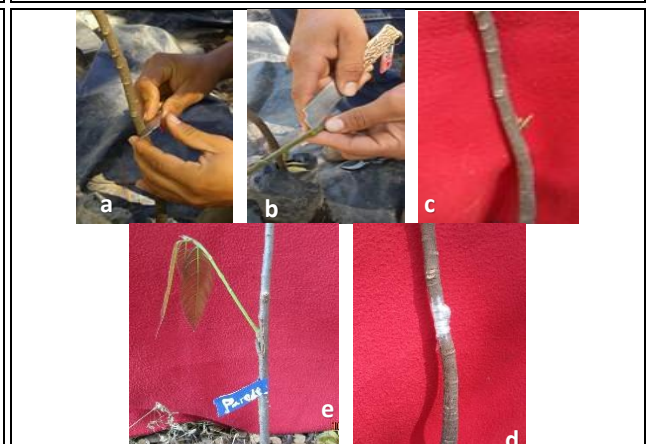


Figura 4. Proceso de injerto de parche **a**) cortes de preparación del portainjerto, **b**) cortes para extracción de yema en forma de parche, **c**) colocación de parche en portainjerto, **d**) amarre, **e**) injerto de un mes de edad.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Éxito en el prendimiento de los injertos y grados días de desarrollo (GDD)

Los resultados obtenidos en esta investigación fueron muy representativos para cada tipo de injerto como se muestra en la figura 5 a, en cuanto a la variable éxito del prendimiento, el injerto enchapado lateral fue el que mostró el mayor porcentaje de prendimiento con el 92% (T<sub>4</sub>), seguido del injerto malayo con 80% (T<sub>1</sub>) y con resultados aceptables el injerto de cuña terminal con el 56% (T<sub>2</sub>), mientras que en el injerto de parche solo hubo un 32% de prendimiento (T<sub>3</sub>). Ramos *et al.* (2015) evaluaron dos tipos de injertos, obteniendo resultados con enchape lateral del 70% y cuña terminal con 65% de éxito de prendimiento del injerto en fase de vivero, en su investigación, siendo superados en la presente investigación probablemente por el diámetro y altura de los portainjertos utilizados desarrollados en campo durante dos años. Al analizar la información de manera global se alcanzó un 65% de éxito como se muestra en la figura 5 b, con un 35% de pérdida y con resultados poco prometedores para el injerto de parche que solamente obtuvo 32% de éxito, al respecto en otra investigación en vivero es reportó solamente el 17.33% para el injerto de parche (Meza y Menjívar, 2019).

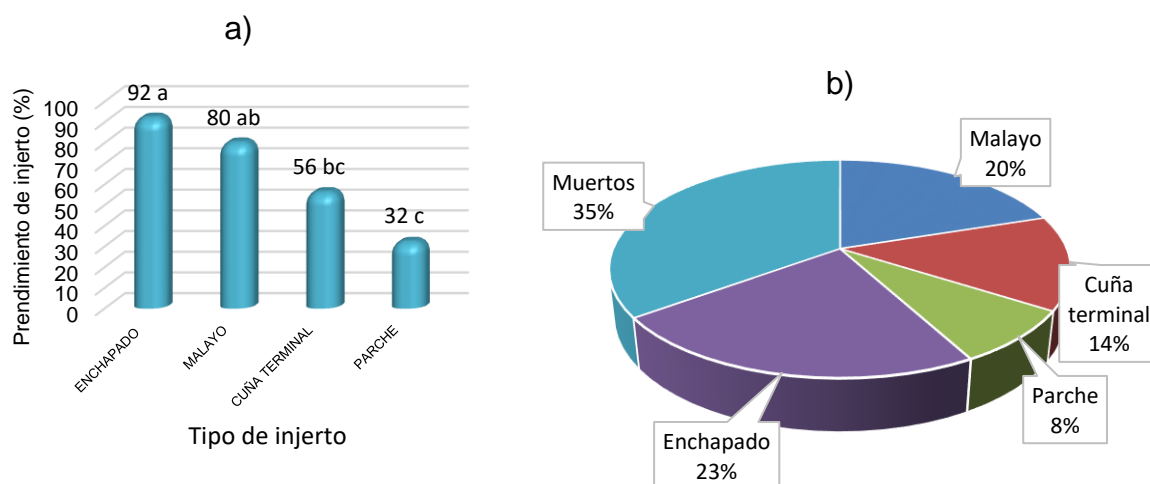
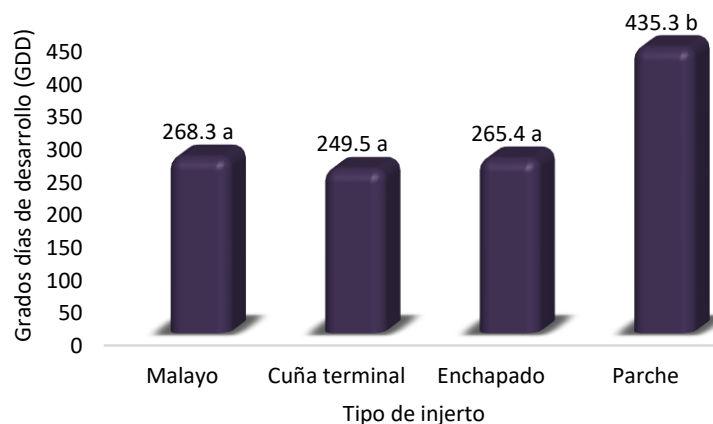


Figura 5. Éxito del prendimiento de cuatro tipos de injertos de cacao evaluados en portainjertos de dos años de edad.

El coeficiente de correlación de Pearson demostró que existe una alta correlación positiva entre el prendimiento y el tipo de injerto con una  $r = 0.78$ , entre el prendimiento y la longitud de vareta de  $r = 0.81$ , entre el prendimiento y la altura de injertación de  $r = 0.99$ , deduciendo que al menos dos o tres tipos de injerto favorecen al prendimiento, siendo el injerto de enchape lateral, el malayo y el de púa central los que mejores resultados mostraron, ya que por el área de contacto de los cambium entre la vareta y el patrón sumado con la reserva de nutrientes que presentan las varetas aumentan las posibilidades de prendimiento en campo, mientras que el injerto de parche el material vegetal utilizado es más pequeño y el área de contacto de los cambium de la vareta y el patrón es menor comparado con los demás injertos afectando así el prendimiento en condiciones de campo y en patrones de dos años de edad.

Al analizar los grados días de desarrollo (GDD) se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la prueba de Tukey, lo que demuestra que si hay diferencias en la variable GDD, y que son la acumulación de requerimientos de calor para completar una etapa fenológica determinada, porque el crecimiento vegetativo de una planta o porción de ella, está influenciado por las temperaturas prevaecientes en el ambiente (Snyder 1985). En la

figura 6 se evidencia que los injertos que menores unidades de calor necesitaron para completar la brotación fueron los injertos de: cuña terminal, enchapado lateral y malayo con 249.5, 265.4 y 268.3 GDD respectivamente, acumulándose estos GDD en un intervalo de 16-20 días aproximadamente; mientras que el injerto de parche necesitó 435.3 GDD, indica que necesita más días para completar su etapa prendimiento y emisión de brotes, alrededor de 30 días o más, en comparación con los otros tipos de injerto. Los resultados encontrados para esta variable, son similares con los injertos evaluados por Meza y Menjívar *et al.* (2019) quienes determinaron que los requerimientos de GDD para los injertos de enchapado lateral y cuña terminal con un intervalo de 245 - 398 GDD (20 - 30 días), para la brotación y los injertos de cacao criollo donde se usa yema se requiere 403-522 GDD, Ramos *et al.* (2015) determinó que el injerto de cuña terminal en cacao criollo fue el tratamiento que necesitó menos unidades calor expresadas con 233 GDD y 395 GDD para los injertos de enchapado lateral.

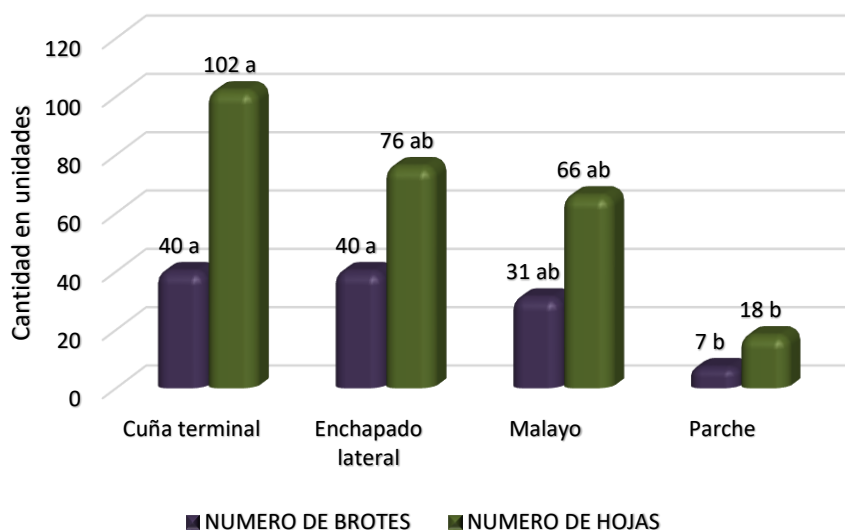


(Barras con la misma letra son estadísticamente iguales al 5% de significancia).

Figura 6. Acumulación de unidades calor expresadas en GDD requeridas para la brotación y el éxito del prendimiento del injerto en cacao criollo.

### Variables de crecimiento y desarrollo: número de hojas y número de brotes del injerto.

Al analizar el ANVA, se encontraron diferencias altamente significativas en los cuatro tipos de injerto, demostrando que el tipo de injerto si afecta el desarrollo de las planta nueva producida mediante el injerto, siendo el injerto de cuña terminal el que desarrolló más rápido, mientras que los injertos de enchapado lateral y malayo fueron similares en comportamiento con respecto a estas dos variables. La prueba de Tukey, indica que los resultados fueron mejores en el injerto de cuña terminal con 102 hojas y 40 brotes, mientras que el injerto de enchapado lateral desarrolló 76 hojas y 40 brotes, asimismo, el injerto malayo desarrolló 66 hojas y 31 brotes, mientras que el injerto de parche solamente desarrolló 7 brotes y 18 hojas, con la medición de estas variables se logró conocer el tipo de injerto que desarrolló más rápido en campo (Figura 7). Los resultados encontrados en esta investigación coinciden con Ramos *et al.* (2015) quienes demuestran que el injerto de cuña terminal presentó los valores más altos en la ganancia o incremento de altura, número de hojas y número de brotes, probablemente esto responde a la necesidad del portainjerto decapitado totalmente de una estructura que sustituya la parte eliminada con el guillotinado y al haber una unión exitosa, las reservas acumuladas en el portainjerto y la vareta, hace que las respuesta en crecimiento sea más eficiente, a fin que la nueva estructura sustituta comience su proceso de elaboración fotosintética y alimentar a toda la planta. Meza y Menjívar (2019) encontraron que el injerto de cuña terminal mostró los mejores resultados en cuanto a la altura y número de hojas comparado con los injertos de enchapado lateral, parche y yema.



(Barras con la misma letra son estadísticamente iguales al 5% de significancia).

Figura 7. Variables de crecimiento y desarrollo de los cuatro tipos de injertos evaluados en campo.

En la correlación de Pearson se encontró que existe una alta correlación positiva entre número de brotes con la altura de portainjerto presentando una  $r= 0.72$  y el número de brotes con diámetro de portainjerto de  $r= 0.84$ , determinando así que el desarrollo de los injertos es influenciado por la altura y diámetro del portainjerto, son variables directamente influenciadas, ya que es en el tallo donde ocurre la mayor acumulación de reservas, almacenadas a la vez por la elaboración de fotosintatos provenientes de las hojas, existiendo demanda recíproca, es decir el tallo acumula reservas de las hojas como portainjerto, pero las hojas que envían los fotosintatos al tallo son eliminados paulatinamente al realizarse el injerto, sin embargo, también la varetta lleva una dotación de reservas que al existir unión efectiva la nueva planta constituida por el injerto utiliza para su desarrollo, primero utiliza las reservas de la varetta posteriormente se alimenta de las reservas del tallo y finalmente el brote injertado envía reservas al tallo, por tal motivo ambas variables están directamente relacionadas.

## CONCLUSIONES

Los mejores resultados en el éxito del prendimiento de injertos en patrones de cacao de dos años de edad del clon ICS-95 se dieron en dos tipos de injertos siendo el enchapado lateral en primer lugar con el 92% y el injerto malayo con 80% en segundo lugar, mientras que el injerto de cuña terminal solo hubo un 56% de prendimiento aunque obtuvo los mejores resultados en cuanto al desarrollo de los injertos.

## RECOMENDACIONES

Se recomienda usar los injertos de enchapado lateral, malayo y cuña para las plantaciones de cacao de dos años de edad a más, los cuales mostraron favorecer el prendimiento del injerto y desarrollo eficiente de los injertos en menor tiempo.

Usar varetas con preparación de ocho días antes para verificar si los resultados en el prendimiento varían y se logran mejores resultados comparados con esta investigación.

## BIBLIOGRAFÍA

**Boutelou, C. 2007.** Tratado del injerto. Junta de Andalucía, España. Consejería de Agricultura y Pesca

**DICTA (Dirección de Ciencia y Tecnología Agropecuaria, Honduras). 2016.** Manual técnico para el manejo de viveros certificados de aguacate

**Echeverri Rodríguez, J. 2006.** El injerto en la producción de cacao orgánico. Manejo Integrado de Plagas y Agroecología, Costa Rica. 78:53. p 101-105

**IPADE (Instituto Para el Desarrollo y la Democracia, Nicaragua). 2016.** Producción de plantas de cacao por injerto.

**MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería, El Salvador). s. f.** Práctica del injerto y tipos de injertos en cacao. 20 p.

**Meza Calderón, MA; Moya Menjivar, XM; Parada-Berríos, FA. 2019.** Nutrición de portainjertos de cacao (*Theobroma Cacao* L.), utilizando diferentes dosis de fórmula 15-15-15 y su influencia en el prendimiento de cuatro tipos de injerto. Tesis de grado para obtener el título de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador. San Salvador, El Salvador.

**Molina Escalante, MO; Parada Berríos, FA. 2016.** Manual para la producción de plantas injertadas de cacao (*Theobroma cacao* L.). Universidad de El Salvador (UES). Inédito. 31 p

**Ramos, YM; Rivas, AT; Villalta, LB. 2015.** Evaluación de diferentes técnicas de injerto en cacao (*Theobroma cacao* L.) y su incidencia en el prendimiento en fase de vivero. Tesis. Para optar al título de Ingeniero Agrónomo. Universidad de El Salvador. San Salvador, El Salvador. 79 p.

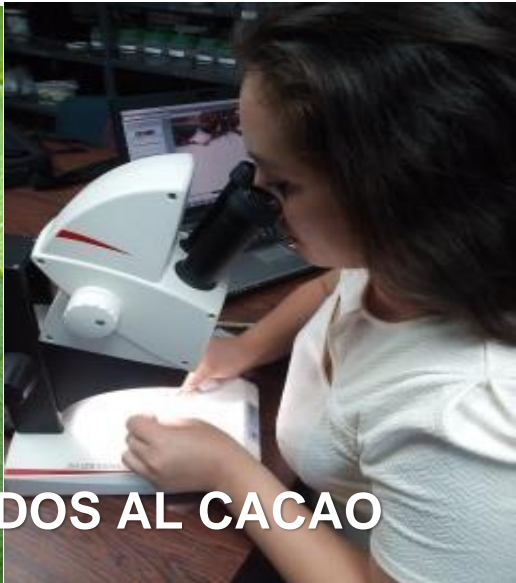
**Reyes Martínez, M; Marín Mendieta, L; Montalván Castellón O. 2014.** Prendimiento de dos tipos de injertos en cacao en distintas fases lunares. Ciencia e interculturalidad. 17:2. 14 p.

**Snyder, RL. 1985.** Hand Calculating degree days. Agricultural and Forest Meteorology. 35: 353-358.

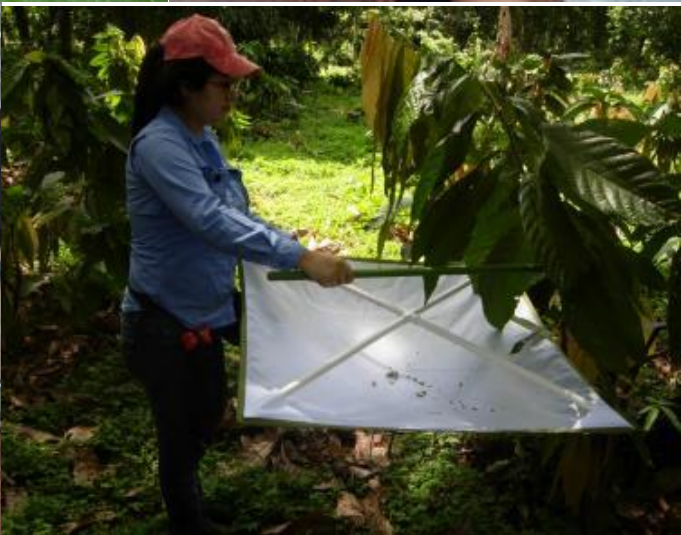
**Valentini, G. 2003.** La injertación en frutales. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria Centro Regional, Argentina. 14:25 p







**INSECTOS ASOCIADOS AL CACAO**





## **Insectos como plagas potenciales del cacao (*Theobroma cacao* L.) en El Salvador**

**Sermeño-Chicas, JM; Pérez, D; Serrano-Cervantes, L; Parada-Jaco, ME; Joyce, AL; Maldonado-Santos, EJ; Alvares-Leiva, YA; Rodríguez-Sibrían, FM; Girón-Segovia, CD; García-Sánchez, DA; Hernández-León, CE; Rivas-Nieto, F; Rivera-Mejía, FA; Parada-Berríos, FA; Rodríguez-Urrutia, EA; Vásquez-Osegueda, EA; Lovo-Lara, LM.**

### **RESUMEN**

El trabajo de investigación fue desarrollado en cacaotales de El Salvador, identificando en el estudio más de 250 especies de artrópodos de los cuales pocas especies de insectos se pueden convertir en plagas del cacao (*Theobroma cacao* L.), cuando se hace un uso inadecuado de agroquímicos sintéticos y mal manejo del cultivo, suelo y ambiente. En este artículo se describen y se proporcionan fotografías tomadas en campo y laboratorio de los insectos que pueden convertirse en plagas del cultivo de cacao en El Salvador.

**Palabras claves:** plagas del cacao, insectos, enemigos naturales.

### **INTRODUCCIÓN**

El conocimiento de los diversos grupos taxonómicos y funcionales en el ecosistema del cacaotal, permite entender mejor el funcionamiento de la comunidad de estos organismos, dentro de los cuales, los grupos de artrópodos principalmente insectos, arácnidos y caracoles, son los que, con mayor posibilidad, los productores o estudiosos de la ecología del cacaotal, pueden encontrar y observar fácilmente a nivel de campo. El entendimiento al que se debe hacer énfasis es aquel orientado no solo a destacar aspectos posiblemente dañinos al cultivo; sino también los aspectos beneficiosos al mismo para considerar un balance de justas valoraciones de presencia–ausencia, abundancia–frecuencia; así como de incidencia biológica, económica y ambiental, para posibilitar un manejo integral del agroecosistema.

Muchas de las especies de estos artrópodos habitantes del cacaotal pueden alimentarse a expensas de las plantas de cacao, aunque no siempre todas se constituyen como especies plaga propiamente dichas, ya que sus niveles de abundancia o daño biológico a las plantas en sus diferentes órganos, no se presentan tan intensos, abundantes o de repercusiones económicas en el crecimiento, desarrollo y producción del cultivo.

En El Salvador es conveniente y necesario que a la par los esfuerzos por tecnificar el cultivo del cacaotal, también se realicen esfuerzos para estudiar y manejar de forma lo más racional posible, las poblaciones de artrópodos y posiblemente también de otros invertebrados que son parte de la fauna asociada al cultivo, para que éste pueda convertirse en una actividad agrícola técnicamente productiva y rentable a la vez que resulte ambientalmente sostenible en el tiempo.

La presencia de una diversidad de artrópodos en un cacaotal puede ser signo del estado de fortaleza de ese ecosistema, al existir un balance entre insectos fitófagos y sus enemigos naturales (parasitoides, depredadores y entomopatógenos). Tal situación fue evidenciada en esta investigación a nivel de campo y laboratorio, cuando se realizaban colectas de los estados inmaduros para su cría en laboratorio y estas no alcanzaron su total estado de madurez, por estar parasitadas por otros insectos o entomopatógenos, indicándonos este ejemplo un equilibrio del sistema, generado principalmente por el entorno que rodea los cacaotales. En El Salvador se han encontrado más de 250 especies de artrópodos

asociados al cacaotal, pero el presente artículo enfatiza sobre algunos insectos como plagas potenciales del cacao (*Theobroma cacao* L.). En el manejo integrado de los cacaotales salvadoreños, no se debe abusar con el uso de agroquímicos sintéticos y mal manejo del cultivo, suelos y ambiente, porque existen insectos que pueden convertirse en plagas destructores y que a continuación se ilustran.

### Insectos potenciales plagas en plantaciones de cacao en El Salvador

Orden: Thysanoptera

Familia: Thripidae



Nombre científico: *Selenothrips rubrocinctus* (Giard., 1901)

Figura 1. Trips bandirrojas del cacao *Selenothrips rubrocinctus* (Giard.): a) Ninfas y adulto; b, c) Daño en frutos de cacao. Fotografías: Sermeño-Chicas, J.M.

Las ninfas y adultos del trips bandirrojas del cacaotero, se alimentan de frutos y hojas. Se encuentran en colonias en el envés de las hojas de las plantas de cacao, generalmente cerca a la nervadura principal y las secundarias, donde introduce su aparato bucal cortador-chupador, para alimentarse. Al inicio, las hojas atacadas muestran un color rojizo y después bronceado o blanquecino plateado y finalmente marrón, a medida que el tejido muere; si el ataque es fuerte se presenta el fenómeno de “quema”, que consiste en que las hojas caen y la planta presenta defoliación parcial o total. Cuando los adultos y las ninfas atacan los frutos de cacao, la savia que aflora a través de los orificios de alimentación se derrama sobre la cutícula y se oxida, tomando un color castaño y bronceado con aspecto ferruginoso que dificulta la diferenciación entre frutos maduros y atacados por el insecto, lo que puede atrasar la cosecha y reduce la calidad del cacao debido a la falta de fermentación, deteriorando el producto final, pues las semillas están sobremaduras en estado de germinación. Si el daño es en frutos jóvenes, se perjudica el desarrollo y en frutos más pequeñas causa la sequedad y muerte (Coto y Saunders 2004; Vélez-Ángel 1997). Los ataques severos pueden producir la caída prematura de las hojas dañadas, especialmente



durante los periodos secos y en plantaciones con poca sombra, donde las poblaciones del insecto son más abundantes. El estrés de los árboles por nutrientes o suelos empantanados en las plantaciones podrían favorecer la reproducción rápida del insecto (Coto y Saunders 2004). En la selva del Perú causa la defoliación y deterior del fruto en plantaciones de cacao que carecen de sombra adecuada, acentuándose el problema durante periodos de sequía (Raven 1992). El exceso de insolación y aplicación de plaguicidas contribuyen a problemas graves por daños al cacao por este insecto en Colombia (Vélez-Ángel 1997). El manejo de la sombra del cacaotal parece ser una alternativa para reducir las cantidades de trips bandirrojas del cacaotero, ya que en un estudio realizado en Brasil donde evaluaron la densidad poblacional en dos parcelas de cacao, una de ellas expuesta a sombreado medio y la otra a sombreado leve. Se evaluó en cada una de ellas el número de hojas formadas con un cierto grado de madurez: de frutos pequeños, de frutos grandes y de flores. Se demostró que las poblaciones de trips en hojas y frutos grandes de plantas expuestas a un ligero sombreado eran significativamente mayores que las de plantas expuestas a un sombreado medio (De la Iglesia y Lambert 2001).

Los huevos de forma arriñonada, son depositados individualmente por las hembras debajo de la epidermis del fruto, envés o las venas de la hoja (Coto y Saunders 2004; Vélez-Ángel 1997). Sus ninfas gregarias del segundo al cuarto estadio son de color pálido amarillento con una banda dorsal roja brillante en el tercer segmento abdominal (Coto y Saunders 2004). Dependiendo de las condiciones ambientales, el estado ninfal de 6 a 13 días. Prepupa (2 a 5 días) y pupa (3 a 7 días), siendo estados relativamente inmóviles (Vélez-Ángel 1997). El adulto marrón oscuro a negro presenta una banda roja menos conspicua a través de la base del abdomen y su cuerpo tiene 1 a 1.54 milímetros de longitud y su longevidad aproximadamente 35 días; hembra capaz de depositar entre 50 a 87 huevos y su reproducción es partenogénica (Coto y Saunders 2004; Vélez-Ángel 1997). En el Caribe se desarrollan numerosas generaciones cada año (Schmutterer *et al.* 1990).

Entre los naturales se encuentran parasitoides: (= *Dasyscaphus*) Gahan (Eulophidae), *caribea mymaripenne*



enemigos encuentran, *Goetheana parvipennis* (Hymenoptera: *Megaphragma* Delvare, M.

Timberlake (Hymenoptera: Trichogrammatidae); depredadores: *Orius thripoborus* (Hemiptera: Anthocoridae), *Franklinothrips tenuicornis* Hodd, *F. vespiformis* Crwf. (Thysanoptera: Aelothripidae), *Paracarnus* sp., *Teratophylidea maculosa* Usinger, *T. pilosa* Reut., *T. opaca* Calvalho, *T. ocellata* Calvalho (Hemiptera: Miridae), *Ninyas torvus* Dist. (Hemiptera: Lygaeidae), *Triphlep* sp. (Hemiptera: Anthocoridae), *Wasmannia auropunctata* Roger (Hymenoptera: Formicidae), *Beauveria globulifera* (Speg.) y *Cephalosporium* sp. (Entomopatógenos) (Entwistle 1972; Martínez-González *et al.* 2006; Vélez-Ángel 1997).

Orden: Hemiptera

Familia: Miridae

Nombre científico: *Monalonion* cf. *annulipes* Signoret, 1858

Figura 2. Ninfas de la chinche del cacao *Monalonion cf. annulipes* Signoret. Fotografías: Sermeño-Chicas, J.M.

La chinche del cacao, se considera una potencial plaga de mayor importancia, porque las ninfas y adultos se alimentan directamente de brotes, tallos tiernos y frutos de cacao, extrayendo la savia, por lo cual es vector importante en la transmisión de los patógenos que causan la monilia, mazorca negra, entre otras (FEDECACAO-PRONATTA, 2004, citado por Huaycho-Callisaya, *et. al.* 2017); específicamente los hongos patógenos y destructores del cacao *Monilia* sp. y *Phytophthora* sp. (Potes 1952).

Para Centro América, es una plaga muy estacional, ocasionalmente importante y aparece especialmente bajo condiciones de temperaturas y humedad alta y poca sombra del cacaotal, por tanto, una práctica agrícola muy importante es mantener las plantaciones de cacao con sombra regular, eliminar plantas hospederas alternas. Aparentemente, las poblaciones de este insecto en Centro América, se mantienen bajas debido a sus enemigos naturales (Coto y Saunders 2004). Altas poblaciones de *M. annulipes* Signoret, están relacionadas con la muerte descendiente del cacao debido a los daños en brotes terminales que el insecto causa, presentándose altas poblaciones del insecto en cultivos de cacao sin sombra en Costa Rica (Villacorta 1973).

Los órganos de la planta infectados muestran pústulas y manchas negras verrugosas que se marchitan y mueren. En altas infestaciones, estas manchas se unen entre sí, adquiriendo los frutos de cacao una apariencia seca y petrificada, cubierta de micelio y esporas del hongo. Estos daños amenazan la producción, porque los frutos afectados no se desarrollan, se secan y caen al suelo. El insecto durante la succión de savia, inyecta una toxina que acelera la muerte de las células que rodean el punto de alimentación. El fruto puede ser atacado en cualquier periodo de desarrollo y se tiene un gran impacto económico cuando los frutos de cacao son atacados en su etapa juvenil entre 7 a 12 semanas y entre 10 a 12 centímetros, porque pronto se tornan negros, se endurecen y mueren. Los frutos de cacao de mayor tamaño pueden ser cosechados, ya que en muy pocos casos, se observa atrofia y menor tamaño de las almendras (Coto y Saunders, 2004).

Los huevos de aproximadamente un milímetro de largo de color blanco perla y ligeramente curvados (Vélez-Ángel 1997). Ecllosionan entre cuatro a ocho días y son depositadas individualmente de 18 a 40 huevos en los retoños, brotes tiernos, pecíolos de las hojas, pedúnculos de los frutos de cacao (preferentemente en la cáscara de los frutos jóvenes) (Coto y Saunders, 2004). Las ninfas recién emergidas del huevo tiene de 1 a 1.5 milímetros de largo y de siete y ocho milímetros de largo en su último estadio (Vélez-Ángel 1997). El estado inmaduro de 10 a 21 días, pasando por cinco estadios ninfales que son de color rojo amarillenta y ojos negros. Los adultos tienen una longevidad de 6 a 90 días y miden de 8 a 15 milímetros de longitud con el cuerpo delgado, abdomen amarillo rojizo, alas oscuras o amarillo rojizo con bandas transversales negras, cabeza y antenas negras, patas negras



con bandas claras (Coto y Saunders, 2004). Son voladores ágiles y las hembras luego de la copula comienzan a ovipositar de cuatro a cinco huevos diarios. Tiene importancia económica cuando el insecto abunda y se presentan condiciones favorables para su desarrollo, los daños que ocasiona son graves, presentándose en muchos casos la pérdida total de las cosechas de los frutos de cacao (Vélez-Ángel 1997).

Entre los enemigos naturales se encuentran, parasitoides de huevos: *Prophanurus* (= *Telenomus*) *badkini* (Hymenoptera: Scelionidae), *Pediobus* sp. (Hymenoptera: Eulophidae); Depredadores: *Podisus* sp. (Hemiptera: Pentatomidae), *Heza* sp. (Hemiptera: Reduviidae), *Dolichoderus* sp., *Oecophylla* sp. (Hymenoptera: Formicidae); Entomopatógenos: *Beauveria bassiana* (Bals Vuill.) (Entwistle 1972; Vélez-Ángel 1997).

Orden: Homoptera

Familia: Aphididae

Nombre científico: *Toxoptera aurantii* (Boyer de Foscolombe, 1841)

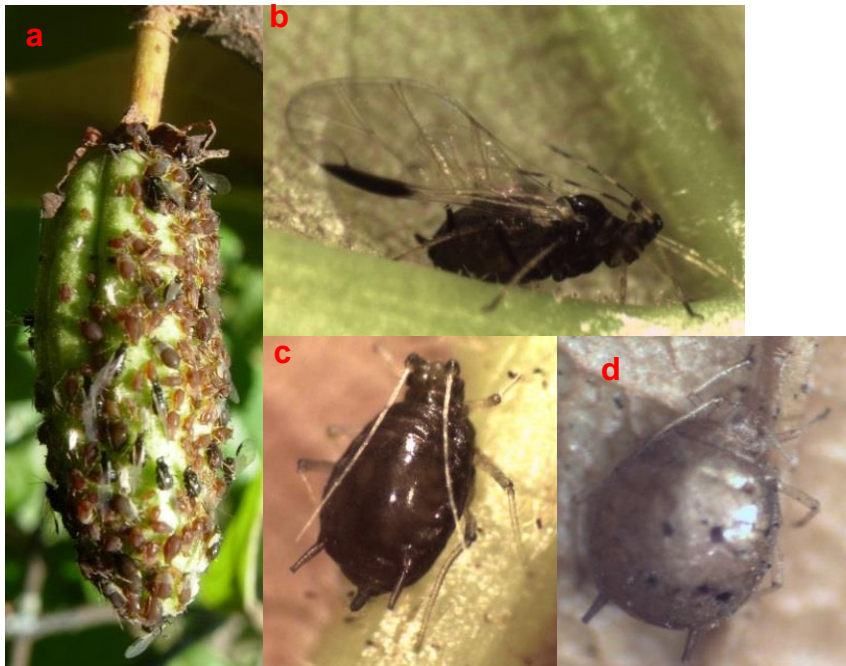


Figura 3. *Toxoptera aurantii* (Boyer de Foscolombe, 1841): a) colonia de ninfas y adultos en fruto de cacao; b) adulto alado; c) adulto áptero; d) áfidos áptero parasitado por *Lysiphebus testaceipes* (Cresson). Fotografías: Sermeño-Chicas, J.M.

Los áfidos o pulgones negros forman grandes colonias, preferiblemente a lo largo de la nervadura principal del envés de hojas jóvenes, brotes, tallos suculentos, especialmente chupones y algunas veces sobre los pedúnculos florales del cacao (Schmutterer *et al.* 1990). En El Salvador se presentan altas poblaciones atacando las flores, frutos pequeños y el follaje del cacao. Si se abusa con el uso de agroquímicos sintéticos y mal manejo agronómico de las plantas de cacao en vivero y plantaciones comerciales, se pueden tener problemas económicos por los daños del insecto.

Las abundantes poblaciones causan daño al succionar savia con su aparato bucal chupador (Artiga 1994). Constituyen un problema serio en plantas de viveros y sobre todo en injertos jóvenes. La producción de mielecilla excretada por los insectos se acumula en el haz de las hojas y los frutos, dando lugar al hongo negro *Capnodium* sp. (fumagina), que reduce la fotosíntesis (Coto y Saunders 2004). Las hojas de cacao fuertemente atacadas envejecen prematuramente (Schmutterer *et al.* 1990), reportándose deformaciones de los brotes tiernos de las plantas de cacao en Perú (Raven 1993).

Si los insectos se establecen en los capullos florales, éstos detienen su desarrollo y si lo hacen en flores ya abiertas, la fruta no se forma o se desarrolla con deformaciones. A 25°C el ciclo demora de seis a siete días y a 15°C entre 20 a 23 días. Cada hembra produce aproximadamente 100 ninfas durante su vida de 15 a 28 días, ello permite un rápido crecimiento de las poblaciones, la que llega a cubrir totalmente las zonas aptas para su alimentación. Cuando las condiciones ambientales son favorables o las plantas hospederas se ha lignificado, se producen cada vez más formas aladas para migrar a lugares y hospederos más favorables (Artiga 1994).

Las hembras vivíparas ápteras y aladas de 1.0 a 1.78 milímetros de longitud (Coto y Saunders 2004). Ala anterior con pterostigma marrón oscuro o negro y normalmente la vena media (M) con una bifurcación. Segmentos antenales III, IV y V pálidos en la mayor parte de su longitud, excepto el ápice oscuro. Presentan órgano estridulador constituido por una hilera de setas modificadas muy cortas en las tibias posteriores y abdomen con finas estrías aserradas lateroventralmente (Quiros 1988).

Entre los enemigos naturales se encuentran, parasitoides: *Lysiphebus testaceipes* (Cresson), *L. fabarum* (Marshall), *L. ambiguus*, *Lysaphidius platensis* (Brethes), *Aphidius colemani* Vier., *A. matricariae* Hal., *A. porteri* Brethes, *A. picipes* (Nees), *Lipolexis gracilis* Forster, *Ephedrus persicae* Froggatt, *Trioxys angelicae* (Haliday), *Diaeretella rapae* (McIntosh) (Hymenoptera: Braconidae=Aphidiidae); Depredadores: *Cycloneda sanguinea* (L.), *Hippodamia convergens* Guéron, *Adalia bipunctata* (L.), *A. deficiens* Muls., *Eriopis connexa* (Germ.), *Scymnus roseicollis* (Coleoptera: Coccinellidae), *Ocyptamnus* sp., *Baccha clavata*, *Allograpta hortensis* (Phil.), *A. pulchra* Shannon, *Syrphus octomaculatus* Walker (Diptera: Syrphidae), *Aphidoletes cucumeris* (Lint.) (Diptera: Cecidomyiidae), *Chrysoperla carnea* (Stephens) (Neuroptera: Chrysopidae); Hongos entopatógenos: *Acrostalagnus albus* y *Entomophthora* sp. (Artiga 1994; Coto y Saunders 2004). En el presente estudio se han encontrado en plantaciones comerciales de cacao de El Salvador, los depredadores que se muestran a continuación.



Figura 4. Coleoptera de la familia Coccinellidae depredadores de *Toxoptera aurantii* (Boyer de Foscolombe, 1841): a) *Cycloneda sanguinea* (L.); b) *Azya luteipes*, c) *Eupalea picta* (Guerin-Meneville); d) *Brachiacantha bistrripustulata* (F.); e) *Adalia* sp. Mulsant. Fotografías: Sermeño-Chicas, J.M.





Figura 5. Díptera de la familia Syrphidae depredadores de *Toxoptera aurantii* (Boyer de Foscolombe, 1841): a, b) *Ocyptamus* cf. *antiphates* (Walker, 1849); c) *Pseudodoros clavatus*; d, e, f) *Ocyptamus gastrotractus* (Wiedemann, 1830); g) *Toxomerus* cf. *pictus*; h) *Orphnabaccha* sp. (grupo *coerulea*); i) *Ocyptamus* sp. (grupo *lepidus*). Fotografías: Sermeño-Chicas, J.M.

Orden: Coleoptera

Familia: Scarabaeidae

Nombre científico: *Phyllophaga elenans* Saylor; *Phyllophaga menetriesi* (Blanchard)



Figura 6. Insectos rizófagos en cacao: a) Larva de *Phyllophaga* sp.; b) *Phyllophaga elenans* Saylor; c) *Phyllophaga menetriesi* (Blanchard). Fotografías: Sermeño-Chicas, J.M.

El estadio larval uno y dos, se alimentan de materia orgánica y raíces fibrosas durante cuatro a seis semanas; el tercer estadio larval se alimenta de las raíces de las plantas desde finales de junio hasta octubre, debilitándolas y matándolas cuando las plantas son jóvenes (dañan árboles recién transplantados hasta tres años de edad); el daño a menudo aparece en parches bien definidos. El daño durante el segundo año del ciclo ocurre de junio a septiembre. Dependiendo de la intensidad del daño, las plantas se marchitan o se acaman cuando existe viento. Los daños del insecto tienden a ser más fuertes en cultivos que están cerca de pastos, plantaciones de cafetal, cercos que contienen plantas alimenticias preferidas por los adultos y en suelos bien drenados (Coto y Saunders 2004).

Los huevos blancos de 2.5 milímetros de longitud, eclosionan en un período de 10 a 12 días y son puestos bajo la cobertura de zacates, vegetación espontánea o en las raíces de las plantas cultivadas. Una hembra puede depositar hasta 200 huevos. Las larvas en un periodo de ocho a nueve meses pasan por tres estadios larvales y miden entre 35 a 40 milímetros de longitud en su último estadio; cuerpo blanco cremoso en forma de "C" con mandíbulas fuertes. Cuando termina su periodo de alimentación, la larva forma una cámara pupal en el suelo de unos 10 a 20 centímetros de profundidad para descansar inactiva hasta que empupa en enero o febrero. El estado de pupa de 21 a 35 días, pardo dorado y aproximadamente 18 milímetros de longitud. Los adultos de actividad nocturna y emergen del suelo, apareciendo poco después de las primeras lluvias fuertes de la época lluviosa. Tienen un tamaño de 16 a 22 milímetros de longitud por 9 a 11 milímetros de ancho y son atraídos hacia los árboles de *Erythrina poeppigiana* y plantas de yuca, sobre las cuales se alimentan (Coto y Saunders 2004). Publicaciones de King (1994), mencionan que las especies que viven en las zonas más húmedas de Centro América, muestran un ciclo vital de un año, mientras las que habitan en las regiones más secas es de dos años. Las hembras hacen su aparición al atardecer (aproximadamente a las 6:00 de la tarde) en las plantaciones de frutales, vegetación silvestre o arbustos pequeños. Los adultos dejan el

suelo justamente al anochecer y permanecen en los árboles durante la noche apareándose y alimentándose. Al amanecer regresan con rapidez al suelo, donde las hembras ponen sus huevos. El ciclo biológico de las especies del género *Phyllophaga* pueden tener una duración mínima de seis meses y un máximo de tres años, dependiendo de la humedad y temperatura del suelo.

Entre las especies registradas en Centroamérica como más dañinas y con una amplia distribución tenemos: *Phyllophaga menetriesi*, *P. elenans*, entre otras. En El Salvador, es común encontrar a *P. elenans*, atacando las raíces de los frutales en el occidente del país. Además, se presenta *Cyclocephala lunulata*, con menor abundancia. Las larvas de *Phyllophaga spp*, se separan de otros géneros a través de la hendidura anal en forma de V ó Y, el décimo segmento abdominal con palidia bien desarrollada y carencia de esclerotización pronotal. La separación de las especies se hace posible mediante un examen cuidadoso de la disposición de las setas en el último segmento abdominal (raster); sin embargo con este método no es posible distinguir con seguridad algunas especies. En la mayoría de adultos las especies pueden identificarse claramente con ayuda de las estructuras genitales masculinas llamada aedeagus y en muchos casos con las placas genitales femeninas (Arguello, *et al.* 1999; Morón y Terrón, 1988).

Como enemigos naturales, las larvas por ser de hábitat subterráneo, son controladas fácilmente por patógenos. Los hongos ejercen un buen control y existen reportes que demuestran que cerca del 80% de las enfermedades de los insectos son causadas por hongos. Uno de los hongos más utilizados es *Metarhizium anisopliae* que es fácilmente identificable por su coloración blanca, la cual posteriormente se vuelve verde olivo; pero a nivel de campo se han encontrado otros hongos como *Cordyceps sp.* atacando larvas de gallina ciega. También existen protozoarios, virus, bacterias y nematodos que causan mortalidad al insecto. Los adultos son controlados por moscas del género *Pyrgota sp.*, las cuales parasitan a los escarabajos o chicotes en pleno vuelo, colocando la mosca sus huevos en el interior de las alas de los escarabajos. Además, existen ectoparásitoides de larvas de gallina ciega, como, por ejemplo: *Campsomeris dorsata* (Hymenoptera: Scollidae) y *Tiphia sp.* (Hymenoptera: Tiphidae). También son importantes los sapos y lagartijas como depredadores. Bacterias entomopatógenas: *Bacillus popilliae* y *Bacillus thuringiensis* (Trabanino 1998; Sermeño *et al.* 2005).

Orden: Blattaria:Isoptera

Familia: Rhinotermitidae

Nombre científico: *Heterotermes convexinotatus* (Snyder, 1924)



Figura 7. Casta de soldado de termita *Heterotermes convexinotatus* (Snyder, 1924). Fotografía: Sermeño-Chicas, J.M.

Pueden constituirse en plagas de árboles maderables perennes, árboles de sombra o plantaciones de cacao y otras plantas (Madrigales-Cardeno 2003). Son consumidores de madera (xilófagos), cuya fuente principal de alimento es la celulosa y establecen sus nidos en el interior del suelo. De estos nidos subterráneos parten diversas galerías y pasajes (camino) en el suelo a partir del nido principal hasta las fuentes de alimento en plantaciones forestales y cultivos agrícolas, causándoles pérdidas económicas. Las galerías que construyen pueden estar ligadas a uno o más sitios de alimentación por encima del suelo. Estos insectos están distribuidos ampliamente en las regiones tropicales, subtropicales y templadas (Costa-Leonardo 2002; Eggleton 2000; Nickle & Collins 1992) y nuevas especies de *Hererotermes* se están estableciendo en nuevas áreas geográficas en la cual la presencia de alados ocurre cuando comienzan las lluvias (Scheffrahn & Su. 1995). *Heterotermes convexinotatus* (Snyder, 1924) en El Salvador, se puede convertir en plaga de importancia económica, si las plantaciones de cacao son manejadas inadecuadamente con el uso de agroquímicos sintéticos, monocultivo, inadecuado manejo de la sombra y fertilidad del suelo. En las colectas realizadas en las plantaciones de cacao en El Salvador, se han encontrado castas de obreras y soldados que no están causando daños de importancia económica. Reyes *et al.* 1989, informa en Guaymango, El Salvador, la presencia de *Heterotermes convexinotatus* (Snyder, 1924), causando daños promedios del 37% de plantas de sorgo que podrían asociarse al uso rutinario de insecticidas a la siembra del cultivo.

En la colonia la casta de soldado se presenta en pequeñas cantidades (Zorzenon *et al.* 2006). Los soldados presentan cuerpo alargados, con los ojos ausentes. Tarsos de cuatro segmentos, pronotum plano, cerci cortos de dos segmentos. Soldados con cabeza amarillenta, alargada con los lados paralelos. Mandíbulas alargadas, delgadas, ligeramente más largas que la anchura de la cabeza. Fontanella pequeña, de forma circular, situada en el dorso de la cápsula cefálica, posterior a los receptáculos antenales. Pronotum plano (Constantino 1999; Nickle & Collins 1992).

Entre los enemigos naturales se encuentran, hongos Entomopatógenos: *Metarhizium anisoplia*, *Beauveria bassiana*; Bacterias Entomopatógenos: *Bacillus thuringiensis* (BT) (Pearce 1997).

Orden: Coleoptera

Familia: Curculionidae: Scolytinae

Nombre científico: *Xylosandrus morigerus* (Blandford, 1897)



Figura 8. Barrenador de las ramas del cacao *Xylosandrus morigerus* (Blandford, 1897). Fotografía: Sermeño-Chicas, J.M.



Las hembras causan perforaciones de menos de un milímetro de diámetro en las ramas verdes de diferentes grosores, pero logran penetrar al corazón del área leñosa en las ramas de diámetros menores a dos centímetros. Los machos nunca emergen de las galerías y copulan con las hembras antes de que éstas salgan al exterior. Después de perforar en forma perpendicular la rama especialmente seleccionada, la hembra cava una galería en la dirección de la misma y realiza una cámara que amplía lo suficiente. Luego, deposita las conidias del hongo *Ambrosiaemyces zeilanicus* Trot., el cual al crecer le sirve de alimento, tanto a ella como a la progenie. La relación entre el hongo y el insecto es completamente simbiótica y al parecer, el hongo es conservado por la hembra en un órgano presente entre el segundo y tercer segmentos torácicos. Se cree que cada especie de este insecto cultiva una determinada especie de hongo. Si las condiciones de humedad en la galería son altas, el hongo y el insecto se desarrollan normalmente (Vélez-Ángel 1997).

Al realizar un corte longitudinal de ramas infestadas, se observa en el tejido vegetal las perforaciones de color negro por la presencia de los hongos *Fusarium* sp. y *Lasiodiplodia theobromae* que dañan las plantas y frutos aledaños causando su pudrición. Importantes ataques del insecto se producen en áreas nuevas o plantillas de cacao en la cual los daños por perforaciones son más frecuentes y se debe realizar medidas de control cuando se encuentra más del 1% de plantas de cacao atacadas (Nakayama & Vieira da Encarnacao 2012). El daño del insecto es menor en comparación con el extenso ataque del hongo; éste no penetra muy profundo en la madera, pero puede interferir en el transporte del agua en la rama y causar su muerte (Vélez-Ángel 1997). Este insecto aparece en plantaciones de cacao cultivadas en suelos podres en nutrientes y ácidos, con manejo nutricional inadecuado y deficiencia hídrica (Nakayama & Vieira da Encarnacao 2012).

Si los daños del insecto no son severos, se producen nuevas cepas de madera a partir del cambium y la rama se recupera. La hembra deposita los primeros huevos entre 6 a 12 días después de iniciarse la perforación. El mismo orificio de entrada sirve de salida a la progenie. Las hembras muestran un alto fototactismo positivo. En pocas ocasiones se ha observado perforaciones del insecto en troncos y raíces. Entre las plantas hospederas de importancia económica se tiene al cacao. El árbol afectado presenta las hojas del ápice de las ramas secas o marchitas y los frutos muestran las rugosidades típicas de un vaneamiento. Para Colombia en 1957 se reportaron daños devastadores de *Xylosandrus morigerus* (Blandford) en el municipio de Dagua (Valle del Cauca) y en menor proporción en los alrededores de Medellín y Mutatá (Antioquia) (Vélez-Ángel 1997); también el insecto ha sido registrado en plantaciones de cacao en Nicaragua (Maes y Tellez-Robledo 1988).

Los huevos microscópicos de 0.5 milímetros de largo por 0.3 milímetros de ancho y son depositados en pequeños grupos sobre las capas del hongo simbiótico dentro de la cámara de cría y eclosionan durante 6 a 8 días. Cada hembra deposita entre 14 a 22 huevos y probablemente son puestos con algunas diferencias de tiempo ya que con mucha frecuencia se encuentran en las cámaras larvas, pupas y adultos. El estado larval de 7 a 10 días y mide 0.6 milímetros de largo por 0.3 milímetros de ancho y cuando alcanzan su máximo desarrollo miden aproximadamente 2.0 milímetros de largo por 0.5 milímetros de ancho, pasando por cuatro estadios y durante todo su desarrollo permanecen dentro de la cámara de cría alimentándose del hongo simbiote. Al finalizar su periodo cesa de alimentarse, mudan por última vez y pasa al estado de pupa. El estado de pupa de 8 a 10 días, permaneciendo dentro de la cámara de cría hasta transformarse en adulto. Casi siempre existe mayor número de hembras que de machos. A través del agujero inicial emergen las hembras para continuar las infestaciones en las plantas hospederas y tiene una longevidad entre 30 a 40 días las hembras y entre 8 a 15 días los machos. Los adultos hembras miden en promedio 1.7 milímetros de largo por 0.8 milímetros de ancho y los machos de 1.0 milímetros de largo por 0.5 milímetros de ancho; las hembras tienen alas membranosas y faltan en los machos (Vélez-Ángel 1997).

Como enemigos naturales destacan los parasitoides: *Prorops nasuta* Wtst. (Hymenoptera: Bethyridae), *Tetrastichus xyleborus* (Hymenoptera: Eulophidae); Entomopatógenos: *Beauveria* sp. (Deuteromycotina: Hyphomycetes) (Vélez-Ángel 1997).

Orden: Coleoptera

Familia: Curculionidae: Scolytinae

Nombre científico: *Xyleborus ferrugineus* (F., 1801)



Figura 9. Barrenador *Xyleborus ferrugineus* (F., 1801). Fotografía: Ph.D. Jiri-Hulcr & Thatkinson.

Las hembras dañan las ramas y el área del cuello de los árboles de cacao, haciendo túneles ramificados por todo el tronco, cultivando hongos que sirven de alimento a las larvas y adultos. Existe una simbiosis del hongo *Fusarium solani*, que se multiplica en las galerías hechas por el insecto; además, este hongo sintetiza las sustancias químicas que son esenciales para la reproducción del insecto (Coto y Saunders 2004; Vélez-Ángel 1997). Los adultos jóvenes transportan directamente las esporas del hongo desde la galería madre a la nueva galería (Vélez-Ángel 1997). En los cacaotales, las hembras del artrópodo pueden ser transmisoras del hongo *Ceratocystis fimbriata*, causante de la muerte eventual del árbol varios meses después del ataque inicial del insecto (Coto y Saunders 2004). En 1925 se detallan los primeros informes sobre daños causados a plantaciones de cacao en Colombia con destrucciones promedios de medio millón de árboles y para 1955 causó la muerte de cerca de dos millones de árboles de cacao. Las pérdidas causadas por el insecto y asociadas con el hongo *Ophiostoma* llegaron en Colombia a una estimación del 15 al 20% en todo el país; mientras que en Costa de Marfil, las pérdidas por los ataques del insecto al cacao, excedieron el 60% (Vélez-Ángel 1997). Los plantíos soleados, plantas débiles o enfermas y los cultivos descuidados o viejos son los más atacados, presentando como síntomas del daño la presencia de exudado blanco y aserrín en ramas y troncos de los árboles de cacao (Coto y Saunders 2004). Para El Salvador, se debe realizar un programa de manejo adecuado sin el abuso de los agroquímicos sintéticos y con un manejo integrado del agroecosistema cacaotero.

Los huevos eclosionan durante 12 a 14 días; elípticos microscópicos (aproximadamente 0.5 milímetros de largo por 0.3 milímetros de ancho), superficie lisa y apariencia cristalina que cambia a blanquecina a medida que progresa la incubación (Vélez-Ángel 1997). El estado larval de 7 a 11 días, pasando por tres estadios. Son blancas y cambian levemente al amarillo cuando están maduras; cuerpo levemente curvado de dos milímetros de largo y apoda (Coto y Saunders 2004). El estado de pupa de 18 a 24 días, presentando coloración blanco y pupa del tipo exarata; los élitros y las alas membranosas son transparentes en las futuras hembras y en los machos se observan únicamente los élitros (Vélez-Ángel 1997). Empupan dentro del tallo del árbol de cacao para transformarse en adulto. La hembra adulta mide 2.0 a 3.3 milímetros de longitud (el macho 1.8 milímetros), 2.7 a 3.0 veces más largo que ancho (Coto y Saunders 2004). Los machos normalmente no salen de la galería en que fueron desarrollados y las hembras emergen a través de pequeñas horadaciones en la

corteza e inician nuevos ataques. Cada hembra deposita entre 20 a 30 huevos en grupos de cuatro a cinco dentro del tallo (Vélez-Ángel 1997).

La forma del cuerpo de los adultos de *Xyleborus ferrugineus* (F.), es cilíndrica y se presenta oblicuamente truncado en su extremo posterior. La cabeza está considerablemente retraída en el protórax, de modo que no se observa desde el dorso. Los ojos son muy grandes, con facetas toscas y el margen anterior emarginado. El pronoto tiene las partes antero-laterales provistas con depresiones amplias, poco profundas, que le otorgan una textura semi-rugosa (Morón y Terrón, 1988).

Orden: Lepidoptera

Familia: Pterophoridae

Nombre científico: *Michaelophorus nubilus* (Felder & Rogenhofer, 1875)



Figura 10. Polilla del cacao *Michaelophorus nubilus* (Felder & Rogenhofer, 1875): a) larva; b) prepupa; c) pupa; d) adulto. Fotografías: Sermeño-Chicas, J.M.

Las larvas de la polilla del cacao se alimentan de hojas en desarrollo y ocasionalmente flores. Si bien el impacto en la producción de árboles maduros es mínimo, el daño sustancial a las hojas de las plántulas es una preocupación para los cultivadores de viveros (Bacillo 2005). Las larvas se alimentan de las hojas nuevas de cacao (Gielis 2006). En El Salvador, cuando los ataques de las larvas son fuertes, se ha observado caída de hojas tiernas de las plántulas de cacao en vivero; por lo cual, el abuso con plaguicidas sintéticos puede causar el incremento de las poblaciones del insecto.

Esta polilla del cacao, se conoce en Venezuela, Perú, Ecuador, Brasil, Colombia, Honduras, Costa Rica y Trinidad (Gielis 2006). Las larvas presentan una longitud de 9.5 milímetros y las pupas miden 7.5 milímetros de longitud (Matthews & Miller 2010). La especie se caracteriza por el color marrón oscuro de las alas anteriores, con una mancha discal circundada de color pálido. La envergadura alar es de 12-15 milímetros. Cabeza oscura marrón. Palpos con longitud equivalente a dos veces el diámetro del ojo. Antenas de color marrón oscuro con escamas blancas alternas en los segmentos. Tórax, ventralmente blanco brillante. Abdomen marrón oscuro, ventralmente blanco. Patas anteriores pardas, oscurecidas distalmente, fémur con línea longitudinal blanca. Patas medias y posteriores de color marrón oscuro, interrumpidas con blanco. El cuerpo del adulto presenta franjas de color marrón oscuro con una línea basal continua de escamas en el término de ambos lóbulos y dos pinceles más oscuros en el dorso del segundo lóbulo. Alas de color marrón oscuro y franjas de color marrón oscuro, con escamas en el ángulo anal del segundo lóbulo y apicales en el tercer lóbulo. Escamas venosas negras, en una doble fila, la fila costal se extiende hacia el segundo lóbulo (Gielis 2006).

Entre los enemigos naturales se encuentran, parasitoides: *Actia panamensis* Curran (Diptera: Tachinidae), *Conura* sp. (Hymenoptera: Chalcididae); Depredadores: *Dolichoderus bispinosus* (Olivier) (Hymenoptera: Formicidae) (Gielis 2006; Matthews & Miller 2010).

Orden: Lepidoptera

Familia: Depressariidae

Nombre científico: *Stenoma* sp.



Figura 11. Barrenador del cacao *Stenoma* sp.: a, b) Frutos de cacao perforados por la larva, mostrando excrementos mezclados con la seda que produce en el área atacada; c) larva perforando rama bifurcada de cacao. Fotografías: Sermeño-Chicas, J.M.

Para El Salvador la especie, *Stenoma decora* Zeller, no está registrada y en la presente investigación fueron encontradas dos larvas, una perforando el fruto y otra perforando una rama del cacao, pero no fue posible obtener el adulto por estar parasitada por un hongo; por tanto, se informa únicamente el género *Stenoma* sp.

*Stenoma decora* Zeller, es un problema de los cacaotales en Brasil. El adulto mide aproximadamente 25 milímetros de envergadura alar, presentan coloración blanca y amarillenta. La larva alcanza hasta seis centímetros de longitud y se ha documentado causando daños significativos en los cultivos. Los daños en el cacaotero son la perforación del tronco, principalmente en las bifurcaciones que pueden secarse dependiendo de la intensidad del ataque; cuando la infestación es más severa, toda la parte aérea puede secarse y causar la muerte de la planta (Alves *et al.* 2017; Ventocilla 1968).

Este insecto, también infesta los frutos de cacao, pero en menor intensidad (Alves *et al.* 2017). La larva puede alimentarse de la corteza del árbol, así como del pericarpio de la fruta (Benton 1980). El signo de ataque en la planta es fácilmente detectable por la presencia de ramas secas y sus excrementos mezclados con la seda que produce en el área atacada. Su ocurrencia se presenta con mayor frecuencia en años más secos, con déficit hídrico (Alves *et al.* 2017).

En un estudio realizado en Brasil se encontró que *Ceiba pentandra* es una planta hospedera de este insecto, por lo cual puede convertirse en un problema cuando este árbol es utilizado como sombra del cacao (Silva y Heinrich 1946; Silva y Heinrich 1947).



Entre los enemigos naturales se encuentran, parasitoides: *Arachnophaga hirtibasis* Gahan (Hymenoptera: Eupelmidae); Depredadores: *Synoeca surinama* (Hymenoptera: Vespidae) (Silva y Heinrich 1946; Silva y Heinrich 1947).

## AGRADECIMIENTOS

Esta publicación forma parte del proyecto de investigación científica aplicada titulado “Conservación de recursos fitogenéticos de café y cacao criollo en sistemas agroecológicos productivos de El Salvador frente al cambio climático”, el cual es financiado por USAID a través del Proyecto de Educación Superior para el Crecimiento Económico, con Acuerdo de Cooperación Número 0214405-G-2018-003-00 entre Research Triangle Institute (RTI), USA y la Universidad de El Salvador (UES).

Cees Gielis PhD., MD., Naturalis Biodiversity Center NCB, Department of Terrestrial Zoology, por la identificación de *Michaelophorus nubilus* (Felder & Rogenhofer, 1875).

Ronald Cave, PhD., University of Florida, EE.UU., por su ayuda en rectificar las identificaciones de los Coccinellidae y corrección del escrito.

Gil Felipe Gonçalves Miranda, PhD., Instituto de Desenvolvimento Florestal e da Biodiversidade (IDEFLOR-Bio), Brasil, por su ayuda en rectificar las identificaciones de los Syrphidae.

John Brown, Dr., Smithsonian Institution, EE.UU., por su ayuda en rectificar las identificaciones de *Stenoma* sp.

Dra. M. Alma Solis, Dra., Research Entomologist SEL, USDA, Smithsonian Institution, EE.UU., por los contactos de expertos y reconfirmación de la identificación de *Michaelophorus nubilus* (Felder & Rogenhofer, 1875).

José Rutilio Quezada, PhD., por sus orientaciones oportunas y contactos de expertos.

A todos los integrantes de la Cooperativa Santa Clara en el departamento de La Paz, Jaime Arévalo en el departamento de Sonsonate, Inocente Hernández, departamento de Cuscatlán y José Luis Rivas Alfaro, departamento de San Vicente, por facilitar las plantaciones de cacao y el tiempo necesario para realizar parte de la investigación.

A la Agencia de Cooperación Internacional de Corea (KOICA), por la donación de los microscopios con cámara incorporada que sirvió para la toma de microfotografías en laboratorio.

## BIBLIOGRAFÍA

**Alves, W; Martins, D; Gomes, C; Rosa, R; Da Vitoria, R; Souza, R; Fornaizer, M; Quiroz, R; Ventura, J. 2017.** Infestação de *Stenoma decora* Zeller (ELACHISTIDAE: LEPIDOPTERA) em clones de cacau no estado do espírito santo. Espírito Santo, Brasil. 1p.

**Arguello, H; Cáceres, O; Morón, MA. 1999.** Identificación de especies de gallina ciega (*Phyllophaga* spp.) presentes en las principales zonas agrícolas de Nicaragua. Programa Manejo Integrado de Plagas con Productores de América Central (PROMIPAC-Nicaragua). Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras. 30p.

**Artiga, JN. 1994.** Entomología económica: Insectos de interés agrícola, forestal, médico y veterinario (Nativos, introducidos y susceptibles de ser introducidos). Volumen I. Ediciones Universidad de Concepción. Concepción, Chile. 1126p.

**Bacillo, J. 2015.** Plagas del cultivo de cacao. Tingo María, Perú. 81p.

**Benton, FP. 1980.** Crianza de *Stenoma decora* (Lepidoptera: Stenomidae) en condiciones de laboratorio Revista Theobroma 10 (1): 25-30.

**Constantino, R. 1999.** Clave ilustrada para identificacao dos generos de cupins (Insecta: Isoptera) que ocorrem no Brasil. Museo de Zoologia da Universidade de Sao Paulo. 40(25): 378-448.

**Costa Leonardo, AM. 2002.** Cupins-Praga. Morfologia, Biologia e Controle. STATI Biblioteca da UNESP. Rio Claro, São Paulo, Brasil. 128 p.

**Coto, D; Saunders, J. 2004.** Insectos plagas de cultivos perennes con énfasis en frutales en América Central. Manual Técnico 52. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 400 p.

**De la Iglesia, M; Lambert, W. 2001.** Densidad poblacional de *Selenothrips rubrocinctus* en parcelas de cacao, en niveles de sombra ligeros y medios. Densidad poblacional de *Selenothrips rubrocinctus* en cacao expuesto a la sombra y la luz. Revista Fitosanidad. 51: 7-8.

**Eggleton, P. 2000.** Global patterns of termite diversity. In: T. Abe, D.E. Bignell y M. Higashi. (eds), Termites: evolution, sociality, symbiosis, ecology. Kluwer Academic Publication, Dordrecht, Países Bajos. p.25-51.

**Entwistle, PF. 1972.** Pests of cacao. Formerly Entomologist, West African Cocoa, Research Institute, Ghana and Nigerian, Cocoa Research Onstitute. 779p.

**Gielis C. 2006.** Review of the Neotropical species of the family Pterophoridae, part I: Ochyroticinae, Deuterocopinae, Pterophorinae (Platyptiliini, Exelastini, Oxyptilini) (Lepidoptera). Zool. Med. Leiden 80-2 (1): 1-290.

**Huaycho Callisaya, H; Maldonado Fuentes, C; Manzaneda Delgado, F. 2017.** Control del chinche del cacao (*Monaloniondis simulatum* Dist.) con aplicación de bioinsecticidas en la región de Los Yungas de Bolivia. Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales, La Paz, vol.4, nº1, p. 31-39. Disponible en: [http://www.scielo.org.bo/pdf/riiarn/v4n1/v4n1\\_a05.pdf](http://www.scielo.org.bo/pdf/riiarn/v4n1/v4n1_a05.pdf). Consultado el 19 de enero de 2019.

**Madrigales Cardeno, A. 2003.** Insectos forestales en Colombia: biología, hábitos, ecología y manejo. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias. Medellín, Colombia. 848p.

**Maes, J; Tellez Robleto, J. 1988.** Catálogo de los insectos y artrópodos terrestres asociados a las principales plantas de importancia económica en Nicaragua. Revista nicaragüense de entomología. Museo entomológico autónomo, León Nicaragua. 6(1): 1-95.



**Martínez González E; Barrios Sanromá G; Rovesti L; Santos Palma R. 2006.** Manejo Integrado de Plagas. Manual Práctico. Centro Nacional de Sanidad Vegetal (CNSV), Cuba.

**Matthews, DL; Miller, J.Y. 2010.** Notes on the cacao plume moth in Honduras and description of the larvae and pupae (Lepidoptera: Pterophoridae). Trop. Lepid. Res., 20(1):28-34. Consultada en 03 febrero 2019: [https://www.researchgate.net/publication/268266396\\_NOTES\\_ON\\_THE\\_CACAO\\_PLUME\\_MOTH\\_IN\\_HONDURAS\\_AND\\_DESCRIPTION\\_OF\\_THE\\_LARVAE\\_AND\\_PUPAE\\_LEPIDOPTERA\\_PTEROPHORIDAE](https://www.researchgate.net/publication/268266396_NOTES_ON_THE_CACAO_PLUME_MOTH_IN_HONDURAS_AND_DESCRIPTION_OF_THE_LARVAE_AND_PUPAE_LEPIDOPTERA_PTEROPHORIDAE)

**Morón, MA; Terrón, RA. 1988.** Entomología práctica: Una guía para el estudio de los insectos con importancia agropecuaria, medica, forestal y ecológica de México. Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco, Instituto de Ecología. México, D.F. 504p.

**Nakayama, K; Vieira da Encarnacao, A.M. 2012.** Principais pragas do cacauero e seu controle. Ciencia, Tecnología e Manejo do Cacauero. CEPLAC/CEPEC, Itabuna, Bahia, Brasil. p.135-160.

**Nickle, DA; Collins, MS. 1992.** The Termites of Panama. In: Insects of Panama and Mesoamerica. Edited by D. A. Quintero & A. Aiello. New York: Oxford University Press. pp. 208-241.

**Pearce, MJ. 1997.** Termitas: Biology and pest management. Formerly of the Natural Resources Institute Chatham, Kent, UK. CAB International. 172p.

**Potes A. 1952.** Plaga importante en el cacao del valle del cauca – Colombia. Revista UNAL. Vol II. N°4. 183- 194.

**Quiros, DI. 1988.** Áfidos (Homoptera: Aphididae) de Panamá. Universidad de Panamá, Vicerrectoría de Investigación y Posgrado. Maestría en Entomología. Tesis Maestro en Ciencia con especialización en Entomología General. 318p.

**Raven, KG. 1992.** Ordenes Psocoptera, Mallophaga, Anoplura, Thysanoptera. Universidad Nacional Agraria La Molina, Departamento de entomología. Lima, Perú. p122.

**Raven, KG. 1993.** Orden Homoptera II: Sternorrhyncha. Universidad Nacional Agraria La Molina, Departamento de entomología. Lima, Perú. VII-17p.

**Reyes, R; Guerrero, O; López, M; Carranza, N; Amaya, J; Zelaya, R; Soto, JL. 1989.** Estimación de pérdidas en rendimiento de granos causadas por gusanos barrenadores del tallo *Diatraea lineolata* Walker y termitas *Heterotermes convexinotatus* Snyder en el sistema de cultivo maíz-sorgo. Proyecto MIP-CATIE, El Salvador. Manejo integrado e plagas (Costa Roca) No. 14, p. 18-30.

**Scheffrahn, R; Su, NY. 1995.** A new subterranean termite introduced to Florida: *Heterotermes* Froggatt (Rhinotermitidae: Heterotermitinae) established in Miami. *Florida*

*Entomologist*, 78(4):623-627. Consultada en 01 febrero 2019:  
<http://journals.fcla.edu/flaent/article/viewFile/59176/56855>

**Schmutterer, H; Cruz, RR; Cicero, J. 1990.** Plagas de las plantas cultivadas en el Caribe con consideración particular en la Republica Dominicana. Deutsche Gesellschaft fur Technische Zusammenarbeit (GIZ), Technical Cooperation-Federal Republic of Germany. 640p.

**Sermeño, JM; Rivas, AW; Menjívar, RA. 2005.** Guía técnica de las principales plagas artrópodos y enfermedades de los frutales. Programa Nacional de frutas de El Salvador (FRUTAL ES). IICA a través del programa MAG-FRUTAL ES. El Salvador. 78p. Consultada en 03 febrero 2019:  
<http://ri.ues.edu.sv/9076/1/A%20Plagas%20de%20frutales%20El%20Salvador%202005.pdf>

**Silva, P; Heinrich, C. 1946.** *Stenoma decora* Zeller, una nueva plaga potencial del cacao en la Bahía, Brasil Rev Ent [Rio De Janeiro] 17 (3): 361-374.

**Silva, P; Heinrich, C. 1947.** *S. decora*, una nueva plaga potencial de cacao en Bahia. Rev. Ent, Rio de Janeiro, 17: 3, 361-374.

**Trabanino, R. 1998.** Guía para el manejo integrado de plagas invertebradas en Honduras. Escuela Agrícola Panamericana El Zamorano, Departamento de Protección Vegetal. Honduras.156p.

**Vélez Ángel, R. 1997.** Plagas agrícolas de impacto económico en Colombia: bionomía y manejo integrado. 2da Edición, Ciencia y tecnología, Editorial Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia. 478p.

**Ventocilla, A. 1968.** *S. decora* es una plaga del cacao en el municipio de Colatina Cacau Atual, Itabuna. 5: 1-4, 27p.

**Villacorta, A. 1973.** Fluctuación anual de las poblaciones de *Monalonion annulipes* Sig. y su relación con la "muerte descendente de *Theobroma cacao*" en Costa Rica. Revista Peruana de Entomología, Vol. 16, No 1. p. 21-24. Disponible en:  
<http://sisbib.unmsm.edu.pe/BVRevistas/entomologia/v16/pdf/a07v16.pdf> Consultado el 02 de febrero de 2019.

**Zorzenon, FJ; Junior, JJ; Potenza, MR; Barbosa de Campo, T; Canello, EM. 2006.** Cupins: Pragas em áreas urbanas. Boletín Técnico No. 18. Instituto biológico, Secretaria de Agricultura e Abastecimento, Sao Paulo. 66p.

# PROCESAMIENTO ARTESANAL DEL CACAO





## **Procesamiento artesanal de cacao (*Theobroma cacao* L.) y café (*Coffea arábica*)**

**Chávez-Santamaría, JD; Rodríguez-Urrutia, EA; Molina-Escalante, MO; Lovo Lara, LM.**

### **RESUMEN**

Con el objetivo de evaluar, mejorar y estandarizar los métodos de procesamiento de subproductos de cacao y obtener una fórmula comercial manteniendo la calidad en el porcentaje de mezcla de cacao, azúcar y otros ingredientes, se inició un proceso de transformación artesanal del cacao y del café entre los meses de febrero y diciembre de 2018. Asimismo, se consideró de importancia hacer análisis de calidad de grano producido y almacenado en los diferentes lugares de suministro y su rendimiento. Este esfuerzo se llevó a cabo en la Planta de Procesamiento Agroindustrial (PPA), de la Estación Experimental y de Prácticas (EEP), de la Facultad de Ciencias Agronómicas. La adquisición del grano de cacao seco se realizó en los mercados de San Luis Talpa y San Pedro Masahuat, La Paz; y el mercado del municipio de Mejicanos, San Salvador. El procesamiento de los diferentes productos se realizó de manera artesanal y semi industrial. Los productos elaborados fueron: tablilla de chocolate, tablilla de chocolate con café y bombones de chocolate negro y bombones rellenos. Como resultado se formuló un producto nuevo como lo es la tablilla de cacao/café como una forma novedosa para los diferentes productores y grupos emprendedores de la zona además se estandarizó y mejoró los métodos artesanales de procesamiento de los subproductos de derivados de cacao para una mejor rentabilidad de los productos.

**Palabras claves:** Cacao, café, chocolate, tablilla, bombones, procesamiento artesanal.

## INTRODUCCIÓN

La industria del procesamiento de productos de cacao en El Salvador tradicionalmente ha sido deficiente, debido al poco conocimiento de procedimientos y estándares para producir y formular un producto derivado del cacao de calidad, nutritivo y rentable, aparte de la poca producción de cacao y manejo de fermentación por el sector cacaotero según FUNDESYRAM (2015)

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.

Según Kalvatchev *et al.* (1998) durante la fermentación, la pulpa provee el sustrato para varios microorganismos que son esenciales para el desarrollo de los precursores del sabor a chocolate, los cuales son expresados completamente después, durante el proceso de tostado.

La etapa de transformación es la que mayor cantidad de recursos tecnológicos requiere, incluye los procesos de limpieza, tostado, descascarillado, trituration, molienda y prensado. El tostado es el proceso térmico que se realiza en un tostador con la finalidad de desarrollar las características de aroma y sabor preformadas durante la fermentación, estos aromas y sabores finales formados son los que habitualmente apreciamos en los productos de chocolate según López (s.f.)

La Estación Experimental y de Practicas (EEP), de la Universidad de El Salvador en el desarrollo de su función social impulsa actividades de emprendedurismo capacitando en primer orden a los productores de las mancomunidades de los municipios del departamento de La Paz, conocida como “Los Nonualcos”; durante este proceso se ha capacitado en técnicas de estandarización de fórmulas en productos de cacao como una forma de impulsar las diferentes actividades de la cadena de valor de este cultivo en la zona y mejorar procedimientos en las actividades de procesamiento, fórmulas comerciales e inocuidad de productos de cacao. En este proceso se involucra otros sectores como los jóvenes (mujeres y hombres) de centros escolares, colegios, alcaldías, no solo de La Paz, sino, de todo el país en función de capacitar y generar competencias de transformación de materia prima de forma integral en diferentes estratos de población.

Por otra parte, uno de los eslabones de la cadena de valor de los cultivos como el cacao y café es la transformación del producto como complemento a las actividades del proyecto: **“Conservación y manejo de recursos fitogenéticos de café robusta (*Coffea canephora*) y cacao criollo (*Theobroma sp*) en sistemas agroecológicos productivos como estrategia frente al cambio climático”**, con el cual se inició un proceso integral y sistemático de producción en la EEP de ambos cultivos, capacitando productores en toda la cadena de valor.

La estación experimental y de prácticas de la Universidad de El Salvador con el apoyo de USAID implementa un plan de fortalecimiento para que los productores locales conozcan los procedimientos de fermentación, secado y procesamiento para fabricar de manera semi-industrial productos de cacao.



## MATERIALES Y MÉTODOS

### Localización

El procesamiento artesanal del cacao y del café se realizó entre febrero y diciembre de 2018, en la Planta de Procesamiento Agroindustrial (PPA) de la Estación Experimental y de Prácticas (EEP), de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador (UES), la cual se encuentra ubicada en el cantón Tecualuya, municipio de San Luis Talpa, en el departamento de La Paz, a una altura de 50 metros sobre el nivel del mar, con una temperatura promedio de 32° C.

### Adquisición del grano de cacao

La adquisición del grano de cacao para todos los procesos se llevó a cabo en los mercados del municipio de Mejicanos a un precio de \$2.00 por libra de grano seco; en el mercado del municipio San Luis Talpa al precio de \$1.75 por libra y en el mercado de San Salvador a un precio de \$2.25 por libra (Tabla 1). Entre las características en común del grano comprado en los diferentes municipios: no es grano fermentado, sino, que el grano fue lavado y secado, no obstante, se elaboraron productos con una calidad aceptable para ese tipo de grano. Asimismo, se adquirió una cantidad de mazorcas de cacao en la finca de Don Otoniel López Beltrán, en el municipio de san Pedro Nonualco, al cual se le realizó el proceso de fermentación y secado para utilizarse en los diferentes procesos.

Tabla 1. Comparativa de grano de cacao comprado

Mercado	Precio	Característica
San Salvador	\$2.25	no fermentado
Mejicanos	\$2.00	no fermentado
San Luis Talpa	\$1.75	no fermentado

### Fermentación de cacao

Este proceso se llevó a cabo en la Planta de Agroindustria de la Estación Experimental y de Prácticas, a fin de medir los parámetros observados durante esta etapa y para enseñarles a los productores de la zona como mejorar la calidad del cacao como materia prima para elaborar chocolate de calidad.

El proceso se llevó a cabo en cajones tipo escalera de madera de cedro con dimensiones de 40 cm de ancho, 40 cm de altura y 100 cm de largo (Figura 1) durante 5 días, tiempo durante el cual se midieron diferentes parámetros como temperatura, grados °brix y pH, a fin de identificar todos los cambios químicos que se dan durante el proceso y que impactan en el sabor y calidad del grano.

Cuadro 1. Medición de parámetros de fermentación

Día	Temperatura	Grados brix	pH
1	50°C	15%	3.7
2	50°C	15%	3.5
3	45°C	14%	3.2
4	45°C	10%	3.2
5	40°C	8%	3.2



Figura 1. Cajas fermentadoras de cacao con madera de cedro  
Adquiridas con apoyo del proyecto cacao-café (USAID)

### Secado de cacao

El secado se realizó en la planta de agroindustria durante 5 días; los primeros dos días durante 5 horas por la mañana para evitar el sol fuerte y los otros 3 días secado bajo techo haciendo remoción para un secado uniforme, esto se hizo utilizando zarandas y haciendo pruebas de frotación de granos que es una manera práctica de determinar el contenido de humedad presente en el grano fermentado, ya que, si produce un ruido seco o chasquido significa que ya está suficientemente seco y listo para procesarlo (Figura 2).



Figura 2. Proceso de secado del grano de cacao en zaranda

### Elaboración artesanal de tablilla de chocolate

El chocolate en tablilla es la combinación de cacao, azúcar, nuez moscada y canela (Cuadro 2), que se utiliza para preparar una bebida de chocolate caliente. Los ingredientes de una tablilla de chocolate son los siguientes:

Cuadro 2. Ingredientes de una tablilla de chocolate.

Ingredientes	Cantidad (gramos)
Cacao tostado	27
Azúcar	63
Canela	0.35
Nuez Moscada	0.3

El procedimiento para la fabricación artesanal de tablilla de chocolate es el siguiente:

- Selección y limpieza del grano seco de cacao.
- Tostado del grano seco de cacao a temperatura de 130° C por 20 minutos.
- Separación de la cáscara del grano tostado de cacao en forma manual.
- Mezclado y homogenizado de los ingredientes (cacao tostado, azúcar, nuez moscada y canela).
- Molido los ingredientes.
- Amasado y moldeado.
- Empacado en papel aluminio para su almacenado.



Figura 3. Jóvenes emprendedores aprendiendo la elaboración de tablilla de chocolate para bebida caliente.

### Procesamiento artesanal de tablilla de chocolate con café

El chocolate con café en tablilla elaborada fue la combinación de cacao, café, azúcar, nuez moscada y canela (Cuadro 3), se utilizó para preparar una bebida de chocolate con café caliente. Los ingredientes de una tablilla de chocolate con café son los siguientes:

Cuadro 3. Composición de una tablilla de chocolate con café.

Ingredientes	Cantidad (gramos)
Cacao tostado	27
Café tostado	9
Azúcar	63
Canela	0.35
Nuez Moscada	0.30

El procedimiento para la fabricación artesanal de tablilla de chocolate con café es el siguiente:

- Selección y limpieza de los granos secos de cacao y café.
- Tostado de los granos de cacao a una temperatura de 130° C por 20 minutos.
- Tostado de los granos de café a una temperatura de 200° C por 30 minutos.
- Separación de la cáscara del grano tostado de cacao en forma manual.
- Mezclado y homogenizado de los ingredientes (cacao tostado, café tostado, azúcar, nuez moscada y canela).

- Molido de los ingredientes.
- Amasado y moldeado.
- Empacado en papel aluminio para su almacenado.



Figura 4. Mujeres emprendedoras aprendiendo la elaboración de tablilla de Chocolate con café para bebida caliente.

### Procesamiento artesanal de bombones de Chocolate

El término bombón es el que se utiliza normalmente para designar a un tipo de confitura hecha a base de cacao, azúcar y lecitina de soya como emulsificante (Cuadro 4). El bombón por lo general tiene un tamaño pequeño y en la gran mayoría de los casos se realiza con chocolate, aunque también se pueden encontrar bombones de otros productos como leche y manteca de cacao, otros.

Cuadro 4. Ingredientes de los bombones de chocolate.

Ingredientes	Cantidad (gramos)
Cacao tostado	18
Manteca de cacao	3.50
Azúcar	14.50
Lecitina de soya	0.50

El procedimiento para la elaboración artesanal de los bombones de chocolate es el siguiente:

- Conchado o refinado por 48 horas como mínimo para mejorar el tamaño en micras de la pasta, y para mezclar los demás aditivos como el azúcar y la lecitina de soya.
- Temperado o templado, es la técnica que consiste en hacer pasar el chocolate por distintas temperaturas entre 40° a 50° C de calentamiento, luego enfriarlo a 29° C hasta conseguir la consistencia ideal para la fabricación de bombones. Esta consistencia viene dada por la cristalización de las moléculas de la manteca de cacao.
- Moldeado.
- Empacar y almacenar a temperatura de 16° C para su conservación.



### Equipos y utensilios para los diferentes procesos

**Conchadora o refinadora:** se utiliza para refinar la pasta de cacao, además de eliminar sabores ácidos y mejorar la untuosidad del producto.



Equipo adquirido en el proyecto cacao-café USAID

**Atemperadora:** es un equipo que sirve en el proceso de fabricación de bombones para mejorar la textura, brillo, crocancia y cristalizar la manteca de cacao que son factores fundamentales para fabricar bombones. El tiempo estimado para este proceso es 40 minutos para lograr los cambios de temperatura adecuados para el proceso.



Equipo adquirido en el proyecto cacao-café USAID

**Molino industrial:** se utiliza para moler el grano de cacao para obtener la pasta y luego refinar para bombones o mezclar con otros ingredientes para fabricar tablilla.



**Fogón de ocho quemadores:** utilizado para llevar a cabo el proceso de tostado del grano seco durante un tiempo estimado de 20 a 30 minutos que requiere el proceso.

**Basculas digitales:** se utiliza para estandarizar productos por peso exacto en el proceso de formulación.

**Brixometro:** se utiliza para medir la concentración de azúcares en el proceso de fermentación de cacao

**Cacerolas:** utilizadas para el tostado de grano de cacao y café y temperado de pasta.

**Paletas de madera:** se usan durante el proceso de molido y mezclado del grano de cacao.

**Mesas de acero inoxidable:** se utilizan durante todo los procedimientos de fabricación de los diferentes productos de cacao.

**Papel aluminio:** utilizado para envoltura de producto.

**Bolsas plásticas:** se usan para empaque de producto

**Huacales grandes:** se usan para pesado de materia prima durante el proceso.

**Moldes de silicón:** se utilizan para darle forma estética al producto.

## RESULTADOS

### Fermentación de cacao

Con el procedimiento de fermentación se logró identificar el rendimiento y calidad que se obtiene con respecto al grano que se compró en los diferentes mercados, el cual es solamente lavado y secado.

Cuadro 5. Comparación de rendimiento de diferentes tipos de cacao

Tipo de grano	Característica (sabor)	% de rendimiento	Rendimiento de producto
Mercado de Mejicanos	muy amargo	60%	1:3:4
Mercado de San Salvador	amargo	70%	1:3:4
Mercado de San Luis Talpa	amargo	70%	1:3:4
Grano fermentado	amargo agradable	100%	1:3:4

Los resultados obtenidos en rendimiento fueron mejores con los granos fermentados ya que fue una muestra con mayores cuidados desde la selección de los frutos sometidos al proceso de fermentación, mientras que en las muestras obtenidas en los diferentes mercados presentaban entre el 30 y 40% de impurezas, afectando así el rendimiento a la hora del pesado en bruto. Con respecto al rendimiento del producto como se observa en el cuadro 5 se establece una relación de 1:3:4 que significa que por 1 kg de cacao seco, más la adición de 3 kg de azúcar se obtienen 4 kg de tablilla equivalente a 66 piezas de chocolate de 60 gramos cada una.

### Chocolate para bebida tradicional

En el caso de la tablilla tradicional elaborada con cacao proveniente de los diferentes mercados, se realizó la comparación con la tablilla elaborada con el cacao fermentado, se hicieron pruebas organolépticas para determinar cuál de las cuatro tabllillas tenía la mejor aceptación y con ayuda de los productores, estudiantes y trabajadores de la EEP se determinó que la tablilla elaborada con cacao fermentado obtuvo el 100% de aceptación, mientras las otras 3 muestras solo obtuvieron el 40% de aceptación (Cuadro 6).



Cuadro 6. Comparación de tablilla con cacao de diferente procedencia.

Producto	Aceptación	No. de personas	% de aceptación
Tablilla elaborada con cacao del mercado de Mejicanos	baja	15	40%
Tablilla elaborada con cacao del mercado de san salvador	baja	15	40%
Tablilla elaborada con cacao de San Luis Talpa	baja	15	40%
Tablilla elaborada con cacao fermentado	alta	15	100%



Figura 3. Tablilla de chocolate terminada y lista para su preparación con agua.

Las características de este producto de cacao quedo estandarizado con un peso de 60 gramos por tablilla con un porcentaje representativo de cada ingrediente de 40% de cacao, 58% de azúcar, 1% de canela, 0.70% de vainilla y 0.3% de nuez moscada.

### Chocolate más la adición de café para bebida

Se elaboró una nueva modalidad de tablilla de cacao con café como un producto novedoso logrando la aceptación de las personas participantes en la degustación del producto.



Figura 4. Tablilla de chocolate con café terminado y listo para su preparación con agua.

Con respecto a la tablilla de cacao y café se logró estandarizar el producto con porciones de 60 gramos por tablilla y 40% de grano de cacao, 54% y 4% de café en polvo, 1% de canela, 0.7% de vainilla y 0.3% de nuez moscada.

### **Bombones de chocolate negro**

Se obtuvo una nueva formulación de bombones, estandarizando un peso de 10 gramos por producto, con una relación de 63% de pasta de cacao, 7% de manteca de cacao, 29% de azúcar y 1% de lecitina de soya (Figura 5). Logrando una aceptación del 70% en las personas seleccionadas para las pruebas de degustación.



Figura 5. Bombones de chocolate.

### **CONCLUSIONES**

Con respecto a la fermentación realizada se logró mejorar la calidad del grano y rendimiento para el proceso de fabricación de productos, asimismo, la tablilla tradicional fabricada con grano fermentado logro superar a la tablilla elaborada con cacao de los diferentes mercados en calidad y aceptación.

El producto novedoso de tablilla cacao con café obtuvo una buena aceptación con las personas participantes en la degustación.

Con la elaboración de bombones de chocolate se logró capacitar sobre los procedimientos de la fabricación de este producto a los diferentes grupos de personas que participaron en las actividades de emprendedurismo a partir de grano fermentado y sus ventajas sobre el grano lavado.

### **RECOMENDACIÓN**

Se sugiere que para los diferentes productos elaborados utilizar grano fermentado de cacao para una mejor calidad y rendimiento.

### **BIBLIOGRAFÍA**

**CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, El Salvador). 2013.** Informe Nacional: Uso actual y Oferta de tecnologías sostenibles en la cadena de valor del cacao para mejorar la Seguridad Alimentaria en El Salvador. Unidad de desarrollo de Agronegocios. 40 p.

**CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Costa Rica). 2012.** Calidad de cacao en Centroamérica: un vistazo a la situación en 2009. Compilado por Marilyn Villalobos Rodríguez y Shirley Orozco Estrada. 1ª ed. Turrialba, Costa Rica. Serie técnica. Reuniones Técnicas/CATIE; No. 17). 88 p.

**Dubón, A; Sánchez, J. 2011.** Manual de Producción de Cacao. FHIA (Fundación Hondureña de Investigación Agrícola, Honduras). 1ª Ed. La Lima, Cortés. 208 p.

**FUNDESYRAM (Fundación para el Desarrollo Socioeconómico y Restauración Ambiental, El Salvador). 2018.** Situación Actual del cacao. (en línea). Consultado 04-feb-2019. Disponible en: <http://www.fundesyram.info/biblioteca.php?id=4421>

**INIAP (Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias, Ecuador). 2009.** Entorno Ambiental, Genética, Atributos de calidad y Singularización del cacao en el nororiente de la provincia de Esmeraldas. Fredy Amores, Ángela Palacios, Juan Jiménez y Dapeng Zhang. Boletín Técnico N.135. QUEVEDO LOS RIOS. ECUADOR.100 p.

**López, V. sf.** Procesamiento del cacao y requerimientos tecnológicos involucrados. CNTQ (Centro Nacional de Tecnología Química, Bolivia). sf. 3 p.

**Zalvatchev, Z; Garzaro, D; Guerra, F. 1998.** *Theobroma cacao* L.: un nuevo enfoque para la nutrición y salud. Agroalimentaria. IVIC (Instituto Venezolano de Investigación Científica, Venezuela). N.6. p 23-25.







**“EL PATAShte, EL ALIMENTO NUTRITIVO DEL FUTURO”**