



EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO

TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE LA REGIÓN SIERRA
INGENIERÍA EN AGRONOMÍA

ESTABLECIMIENTO DE UN BANCO DE GERMOPLASMA DE CACAO EN TABASCO

TESIS

Que presenta

VERÓNICA VILLARREAL RAMÍREZ

Como requisito parcial para obtener el título de

INGENIERO AGRÓNOMO

Director de tesis:

M.C. GERARDO RAMÍREZ SANDOVAL

Teapa, Tabasco, México. Junio 2021



CARTA DE CONSENTIMIENTO DE USO DE LOS DERECHOS DE AUTOR Y DE LAS REGALÍAS COMERCIALES DE PRODUCTOS DE INVESTIGACIÓN

En adición al beneficio ético, moral y académico que he obtenido durante mis estudios en el **INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE LA REGIÓN SIERRA (ITSS)**, la que suscribe **VERÓNICA VILLARREAL RAMÍREZ**, alumna de este **Instituto**, estoy de acuerdo en participar de las regalías económicas y/o académicas, de procedencia nacional e internacional, que se deriven del trabajo de investigación que realicé en este Instituto, bajo la dirección del **M. en C. GERARDO RAMÍREZ SANDOVAL**, por lo que otorgo los derechos de autor de mi tesis:

ESTABLECIMIENTO DE UN BANCO DE GERMOPLASMA DE CACAO EN TABASCO

y de los productos de dicha investigación al **Instituto Tecnológico Superior de la Región Sierra**. Las patentes y secretos industriales que se puedan derivar serán registrados a nombre del **Instituto Tecnológico Superior de la Región Sierra** y las regalías económicas que se deriven serán distribuidas entre el ITSS, el Director de Tesis y la que suscribe, de acuerdo a las negociaciones entre las tres partes. Por ello me comprometo a no realizar ninguna acción que dañe el proceso de explotación comercial de dichos productos a favor de este **Instituto**.

Teapa, Tabasco, a 15 de junio de 2021.

Firma de la alumna

Bo. del Director de Tesis



LICENCIA DE USO

Otorgada por VERÓNICA VILLARREAL RAMÍREZ, de nacionalidad Mexicana, mayor de edad, con domicilio ubicado en la **Calle Fernando Casanova s/n, Col. Municipal, 86800, Teapa, Tabasco**, en mi calidad de titular de los derechos patrimoniales y morales y autor de la tesis denominada **“ESTABLECIMIENTO DE UN BANCO DE GERMOPLASMA DE CACAO EN TABASCO”**, en adelante **“LA OBRA”** quien para todos los fines del presente documento se denominará **“EL AUTOR Y/O EL TITULAR”**, a favor del Instituto Tecnológico Superior de la Región Sierra del Tecnológico Nacional de México, la cual se registrará por las cláusulas siguientes:

PRIMERA.- OBJETO: **“EL AUTOR Y/O TITULAR”**, mediante el presente documento otorga al **Instituto Tecnológico de Superior de la Región Sierra del Tecnológico Nacional de México**, licencia de uso gratuita e indefinida respecto de **“LA OBRA”**, para almacenar, preservar, publicar, reproducir y/o divulgar la misma, con fines académicos, por cualquier medio en forma física y a través del repositorio institucional y del repositorio nacional, éste último consultable en la página: (<https://www.repositorionacionalcti.mx/>).

SEGUNDA.- TERRITORIO: La presente licencia se otorga, de manera no exclusiva, sin limitación geográfica o territorial alguna, de manera gratuita e indefinida.

TERCERA.- ALCANCE: La presente licencia contempla la autorización para uso de **“LA OBRA”** en cualquier formato o soporte material y se extiende a la utilización, de manera enunciativa más no limitativa a los siguientes medios: óptico, magnético, electrónico, virtual (red), mensaje de datos o similar conocido por conocerse.

CUARTA.- EXCLUSIVIDAD: La presente licencia aquí establecida no implica exclusividad en favor del Instituto Tecnológico de Superior de la Región Sierra; por lo tanto, **“EL AUTOR Y/O TITULAR”** conserva los derechos patrimoniales y morales de **“LA OBRA”**, objeto del presente documento.

QUINTA – CRÉDITOS: El Instituto Tecnológico Superior de la Región Sierra y/o el Tecnológico Nacional de México reconocen que el **“AUTOR Y/O TITULAR”** es el único, primigenio y perpetuo titular de los derechos morales sobre **“LA OBRA”**; por lo tanto, siempre deberá otorgarle los créditos correspondientes por la autoría de la misma.

SEXTA – AUTORÍA: **“EL AUTOR Y/O TITULAR”** manifiesta ser el único titular de los derechos de autor que derivan de **“LA OBRA”** y declara que el material objeto del presente fue realizado por él, sin violentar o usurpar derechos de propiedad intelectual de terceros; por lo tanto, en caso de controversia sobre los mismos, se obliga a ser el único responsable.

Dado en la Ciudad de Teapa, Tabasco, a los 15 días del mes de junio de 2021.

“EL AUTOR Y/O TITULAR”

“EL INSTITUTO TECNOLÓGICO
SUPERIOR DE LA REGIÓN SIERRA”

M.C. Pedro Guillén de la Cruz

La presente tesis titulada **“ESTABLECIMIENTO DE UN BANCO DE GERMOPLASMA DE CACAO EN TABASCO”**, realizada por la alumna **VERÓNICA VILLARREAL RAMÍREZ**, bajo la dirección del **M. en C. GERARDO RAMÍREZ SANDOVAL**, ha sido aprobada y aceptada por el COMITÉ ASESOR como requisito parcial para obtener el grado de

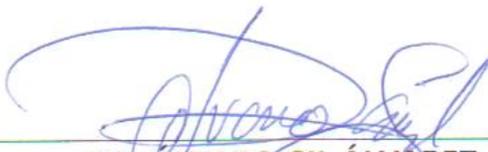
INGENIERO AGRÓNOMO

PRESIDENTE



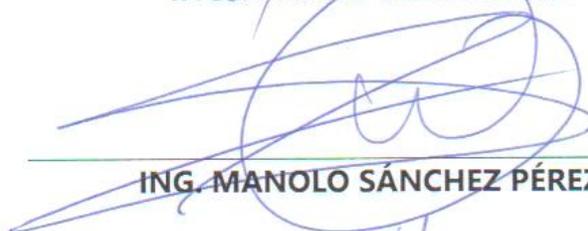
M.C. GERARDO RAMÍREZ SANDOVAL

SECRETARIO



ING. ALVARO GIL ÁLVAREZ

VOCAL



ING. MANOLO SÁNCHEZ PÉREZ

SUPLENTE



ING. HÉCTOR RAMÍREZ CASTRO

Teapa, Tabasco. Junio de 2021.



RESUMEN

ESTABLECIMIENTO DE UN BANCO DE GERMOPLASMA DE CACAO EN TABASCO

Verónica Villarreal Ramírez, Ing.

Instituto Tecnológico Superior de la Región Sierra, 2021

Con el objetivo de crear un banco de germoplasma de cacao en el invernadero del Instituto Tecnológico Superior de la Región Sierra, se colectaron y caracterizaron flores, frutos y hojas de los tipos de cacao cultivados en esta Región de Tabasco. Las flores fueron chicas, medianas o grandes, con pedúnculos rojos o verdes, sépalos de 6 a 9 mm, de color blanco, rosado, verde o amarillo, pétalos blancos o amarillos, y filamentos rojos o transparentes. Los frutos pesaron de 479 g a 890 g, con 18.6 cm a 24.0 cm de longitud, todos oblongos y con cáscara gruesa, con ápices agudo o apezonado, con rugosidad de ligera a fuerte, y de color amarillo claro, verde amarillo o rojo amarillo al madurar. Las hojas de todas las colectas tuvieron la base y el ápice agudos, pecíolo verde y color verde cuandomaduras. Pero fueron diferentes en longitud, que varió de 32 cm a 45 cm y el color de hoja joven que fue de rojo, café claro y verde limón. Las semillas midieron de 1.9 cm a 2.7 cm de largo, un ancho de 1.2 cm a 1.5 cm, un grosor de 7 mm a 10 mm y peso seco de 1.0 g a 2.0 g. Tuvieron forma oblonga, ovada, irregular o elíptica, y el color del cotiledon varió de morado, blanco morado o blanco. Posteriormente se sembraron 20 semillas por colecta en bolsas negras con suelo en el invernadero del ITSS donde germinaron las plantas, se fertilizaron, regaron, controlaron plagas y se mantuvieron hasta llevarse a campo.

Palabras clave: *Theobroma*, cacao, recursos fitogenéticos, *ex situ*, diversidad.

ABSTRACT

ESTABLISHMENT OF A COCOA GERMOPLASM BANK IN TABASCO

Verónica Villarreal Ramírez, Ing.

Instituto Tecnológico Superior de la Región Sierra, 2021

With the purpose to establish a cacao germplasm bank at the Instituto Tecnológico Superior de la Region Sierra greenhouse, flowers, pods and leaves of cocoa types cultivated at Region Sierra of Tabasco were collected and characterized. Flowers were small, medium or large in size, with peduncle red or green, sepals of 6 to 9 mm white, pink, green or yellow in color, filamentous red or colorless. Weight of pods ranged between 474 g to 890 g, 18.6 to 24.0 cm long, all of them were oblong, sharp apex, rugosity light to strong, gross peel with yellow clear, green yellow or red yellow at ripen. Leaves ranged 32 to 45 cm long, with base and apex sharp, green petiole an green color at ripen; when young leaves were red, brown clear an green lemon. Seeds were oblong, oval or elliptic in shape, 1.9 a 2.7 cm long, 7 to 10 mm thick, dried weight 1.0 to 2.0 g, and cotyledon purple, white purple or white in color. Subsequently, 20 seed per collect were seeded in plastic black bags with soil in the greenhouse, after germination plantlets were fertilized, irrigated and pest controlled.

Key words: *Theobroma*, cocoa, phylogenetic resources, *ex situ*, diversity.

DEDICATORIA

Mi tesis está dedicada con todo mi amor a mis padres que con gran esfuerzo, sacrificios y amor me han podido dar una profesión para nuestro futuro y por creer en mi capacidad, me pudieron sacar adelante con la ayuda de Dios ya que les dio muchas fuerzas para no dejar que yo me rindiera ante cualquier adversidad.

A mi asesor el M.C. Gerardo Ramírez Sandoval por haberme dado la oportunidad de realizar ese trabajo, por sus conocimientos que me inculco y su apoyo moral cuando lo necesite.

Por esa razón dedico mi tesis a todas aquellas personas que confiaron en mí y que siempre me apoyaron diciendo lo vas a lograr porque eres grande y Dios está contigo

AGRADECIMIENTOS

A Dios por regalarme la vida, las fuerzas para salir adelante y la sabiduría para llegar donde estoy.

A mis padres; Jesús Díaz Jiménez y Hermelinda Villarreal Ramírez por estar siempre ahí dándome su amor y apoyándome en todo momento, por darme las fuerzas que necesite en mis momentos de caída, por nunca dudar de mí y siempre decirme que lo lograría porque soy única e irreplicable, y sobre todo a mi padre que con gran orgullo me presume. También le agradezco a mi hermano Jesús del Carmen Díaz Villarreal por ser mi paño de lágrimas cuando no podía más.

Al Biólogo Gerardo Ramírez Sandoval por brindarme la confianza para la realización de este trabajo, por apoyarme en todo momento de la carrera, así como en momentos personales, gracias a su calidad humana que me permitió ejecutarlo y finalizarlo con éxito.

Agradezco a cada uno de mis profesores que fueron piezas clave para llegar a donde estoy; Ing. Álvaro, Ing. Manolo, Ing. Héctor, Ing. Alcibíades, MVZ. Carlos, Dra. Ana, así como a Julio quien apoyo en el área de campo, de igual manera gracias a la Lic. Cecilia y la Ing. Lenist por apoyarme con la documentación y momentos personales.

A mis compañeros Lucero, Luis, Miguel, Joel, Manuel, quienes me apoyaron en la realización de las actividades del trabajo, el conocimiento y amistad que me brindaron.

A mis amigos Cecilia, Lucero, Luis, Miguel, Francisco y Diana les agradezco por estar ahí dándome apoyo moral cuando más los necesite y por confiar en mí.

AGRADECIMIENTO ESPECIAL



Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca de tesista otorgada como estudiante asociado de Licenciatura en el

Proyecto

"Mejoramiento de los sistemas de calidad del cacao Grijalva mediante la innovación de las prácticas de cultivo y los procesos de transformación"

Proyecto clave: PN2633

CONTENIDO

RESUMEN	i
ABSTRACT	i
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTOS	i
AGRADECIMIENTO ESPECIAL.....	i
CONTENIDO.....	i
ÍNDICE DE CUADROS.....	i
ÍNDICE DE FIGURAS.....	i
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. OBJETIVOS.....	3
2.1 Objetivo general	3
2.2 Objetivos particulares.....	3
2.3 Hipótesis	3
III. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
3.1 Centro de origen del cacao.....	4
3.2 Grupos genéticos del cacao <i>Theobroma cacao</i> L.....	4
3.3 Biología y botánica del cacao	6
3.4 Banco de germoplasma.....	8
3.5 Estado actual de los bancos de germoplasma.....	9
3.6 Caracterización morfológica	10
IV. MATERIALES Y MÉTODOS.....	12
4.1 Área de estudio.....	12
4.2 Colecta de materiales de cacao	12
4.3 Caracterización morfológica de los materiales colectados.....	15
4.3.1 Características de la flor	15
4.3.2 Características de fruto	15

4.3.3 Características de la hoja.....	15
4.3.4 Características de la semilla.....	15
4.4 Establecimiento del banco de germoplasma	16
4.4.1 Etiquetado y llenado de bolsas para siembra.....	16
4.4.2 Siembra de las semillas de cacao	16
V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	17
5.1 Colecta de materiales de cacao	17
5.2 Caracterización morfológica de los materiales colectados.....	18
5.2.1 Características de las flores	18
5.2.2 Características de los frutos.....	20
5.2.3 Características de las hojas	22
5.2.3 Características de las semillas	24
5.3 Producción de plantas a partir de semillas	26
VI. CONCLUSIONES	28
VII. LITERATURA CITADA.....	29

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Sitios y fecha de colecta de cacao en la Subregión Sierra de Tabasco y Norte de Chiapas 2020.....	17
Cuadro 2. Características biométricas de flores de cacao colectadas en la Subregión Sierra de Tabasco y Norte de Chiapas 2020.....	19
Cuadro 3. Características biométricas de frutos de cacao colectados en la Subregión Sierra de Tabasco y Norte de Chiapas 2020.....	21
Cuadro 4. Características biométricas de hojas de cacao colectadas en la Subregión Sierra de Tabasco y Norte de Chiapas 2020.....	23
Cuadro 5. Características biométricas de semillas de cacao colectadas en la Subregión Sierra de Tabasco y Norte de Chiapas 2020.....	25

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Tipos de cacaos que han sido descritos y cultivados en todo el mundo. a) Criollo, b) Forastero, c) Trinitario.....	5
Figura 2. Colecta de frutos de cacao. a) Tipo de frutos maduros colectados para su caracterización; b) Corte de frutos de cacao con tijera previamente desinfectada.....	13
Figura 3. Colecta de flores de cacao y colocada en bolsa autosellable para su transporte.....	13

Figura 4. Colecta de hojas de cacao maduras para su caracterización morfológica.....	14
Figura 5. Caracterización de flores de cacao. a) Disección de partes, b) Medición de componentes.....	20
Figura 6. Caracterización de frutos de cacao.....	22
Figura 7. Caracterización de hojas de cacao.....	24
Figura 8. Caracterización de semillas de cacao. a) Extracción del fruto, b) Conteo y medición.	25
Figura 9. Establecimiento de semillero de cacao en invernadero. a) Siembra de semillas. b) Germinación y crecimiento de plántulas.....	26
Figura 10. Producción de plantas de cacao en invernadero. a) Crecimiento de plántulas. b) Incremento de las accesiones, c) Riegos de mantenimiento de plantas, d) Aplicación de insecticidas.....	27

I. INTRODUCCIÓN

El género *Theobroma* comprende 22 especies, de las cuales *Theobroma cacao* se ha convertido en uno de los cultivos de mayor importancia comercial a nivel mundial (Schnell *et al.*, 2005). La importancia del cacao radica en sus frutos de los cuales se extraen de 30 a 50 semillas (almendras) por mazorca y que se destinan a la elaboración de chocolates y derivados.

En México el cacao se cultiva en 62,182 hectáreas; de las cuales el 65% (40, 831 ha) se cultivan en el estado de Tabasco y la superficie restante se distribuye en el estado de Chiapas (Barrón *et al.*, 2011). Dentro de los materiales que se cultivan en México, se han detectado tres grupos nombrados como cacao criollo, forastero y trinitario (Cheesman, 1944).

Cerca de la mitad del incremento total en la producción de los cultivos logrados durante los últimos 50 años se debe al mejoramiento genético siendo la otra mitad, resultado del avance en las técnicas de cultivo de acuerdo con (Suslow *et al.*, 2002).

Un soporte fundamental para cualquier programa de mejora genética lo constituyen los bancos de germoplasma y jardines clonales de cacao. La primera, como unidades de conservación y utilización de variedades representativas de la diversidad genética, con uso actual y/o potencial; y la segunda, como apoyo a la actividades de multiplicación y difusión de las mejores variedades adaptadas a cada zona de cultivo.

Cabe mencionar que existen bancos de germoplasmas de cacao creados por Instituciones gubernamentales con la finalidad de preservar la diversidad genética mundial que son la base de los programas de mejoramiento genético. En el Campo Experimental Rosario Izapa del INIFAP en Chiapas se cuenta con un banco de germoplasma de cacao que es el más grande de México. A nivel internacional, el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) de Costa Rica posee un banco de germoplasma con especies de América tropical donde, además de la conservación, provee material botánico para diferentes estudios y para

mejoramiento genético. Por este germoplasma, el CATIE es considerado una institución muy importante no solo por ser un centro de investigación sino porque aporta materiales para realizar investigaciones más a fondo en distintas partes del mundo.

En Venezuela, específicamente en el Municipio Colón del estado Zulia, se encuentra el Banco de Germoplasma de Cacao Criollo Porcelana, único laboratorio natural en el mundo que cuenta con una superficie de 6 hectáreas de este tipo de cacao. EL banco se encuentra a cargo del Centro Socialista de Investigación y Desarrollo del Cacao (Cesid-Cacao) y tiene como objetivo coleccionar, evaluar y conservar materiales cacaoteros de interés en áreas naturales de observación. Aquí desde hace 36 años se estudia, conserva y caracteriza el Cacao Criollo Porcelana tanto a nivel morfológico como molecular.

La labor de todas las instituciones que crean un banco de germoplasma es el rescate de materiales de la región, del país o del mundo ya que a causa del hombre van desapareciendo. Más allá de obtener una colección de cacao es tener la oportunidad de preservar variedades cuya reserva genética pueden representar caracteres de resistencia a enfermedades o sequía, para aumentar los rendimientos, o para la mejora de propiedades organolépticas para la transformación en chocolate y derivados.

La creación de un banco de germoplasma de cacao es una excelente oportunidad para la preservación de cacaos nativos de la región los que se pueden multiplicar por semillas para conservar la variabilidad genética o multiplicarse clonalmente como injertos. En el estado de Tabasco se concentra la producción de cacao del país, sin embargo, los sistemas de cultivo son tan heterogéneos que dentro de una misma plantación se pueden encontrar materiales genéticos distintos. De allí la importancia de coleccionar y reunir esta diversidad en un banco de germoplasma donde se pueda disponer de genes para su aprovechamiento en programas de mejoramiento genético específicos para el trópico mexicano.

II. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Establecer un banco de germoplasma de plántulas de cacao en el Tecnológico Nacional de México – Campus de la Región Sierra con el fin de preservar la diversidad genética del cultivo en la Subregión Sierra de Tabasco.

2.2 Objetivos particulares

- Colectar frutos, hojas y flor de materiales de cacao de diferentes lugares de la región de la Sierra de Tabasco.
- Caracterizar los materiales colectados mediante una guía de descriptores morfológicos de cacao.
- Germinar semillas de los materiales colectados para establecer el banco de germoplasma en el ITSS.

2.3 Hipótesis

- Los materiales de cacao que se cultivan en plantaciones de la Subregión Sierra del estado de Tabasco son diferentes morfológicamente y se pueden ubicar en diferentes proporciones en los grupos de criollos, forasteros y trinitarios.

III. REVISIÓN DE LITERATURA

En México, los aztecas creían que el cacao era de origen divino, donde el profeta Quatzalcalt fue quien enseñó a la gente a cultivarlo tanto como alimento como para embellecer los jardines de la ciudad de Talzitapec (Jaimes y Aránzazu, 2010).

3.1 Centro de origen del cacao

Quiroz (2002) determinó que el centro de origen del cacao se sitúa en la cuenca del Amazonas. Propuso la existencia de las subespecies Criollos y Forasteros que evolucionaron independientemente; los primeros originarios de América Central y los segundos del bajo Amazonas. De acuerdo con la hipótesis de Cuatrecasas J. (1964), los Forasteros serían dispersados a partir del alto amazonas; mientras que el criollo evolucionaría independientemente del otro lado de la cordillera andina de acuerdo con (Agama, 2005).

3.2 Grupos genéticos del cacao *Theobroma cacao* L.

Existen tres principales grupos genéticos de cacao que han sido descritos y cultivados tradicionalmente alrededor del mundo: Criollo, Forastero y Trinitario (Figura 1). El grupo de los Criollos originalmente lo cultivaron los mayas en América Central y representa el primer grupo de cacao domesticado del mundo. El grupo de los Forasteros incluye distintas poblaciones localizadas a lo largo de la Región Amazónica desde Colombia hasta Guyanas. El cacao de almendras de calidad, proviene precisamente del grupo Criollo que a diferencia del cultivar Forastero y del Trinitario (obtenido por la recombinación de los dos primeros) fue domesticado y empleado como materia prima en la alimentación de los pueblos precolombinos de Centroamérica hace 3,800 años aproximadamente (Powis *et al.*, 2011).

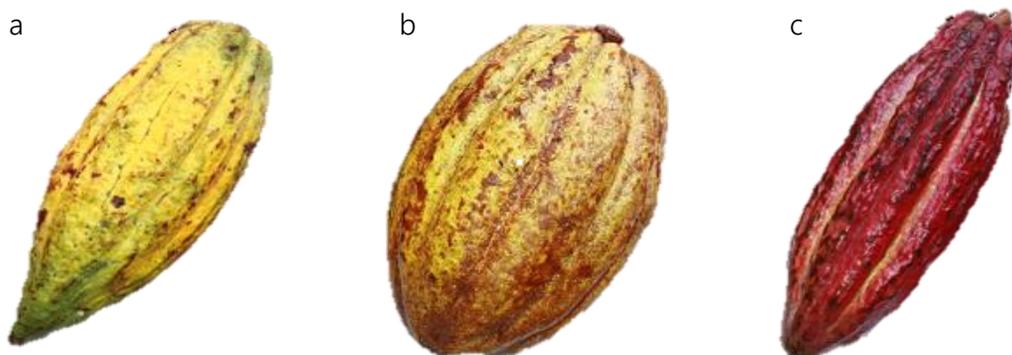


Figura 1. Tipos de cacaos que han sido descritos y cultivados en todo el mundo. a) Criollo, b) Forastero, c) Trinitario.

El grupo Forastero cuenta con dos subgrupos bien definidos: Forasteros del Alto Amazonas y los Forasteros del bajo Amazonas. Los primeros provienen de la parte alta de la cuenca Amazónica (ríos Caquetá, Napo y Putumayo) y se caracterizan por producir frutos de diversas formas y tamaños, y almendras de color violeta. En cambio, los Forasteros del bajo Amazonas poseen frutos de forma amelonada, corteza de color verde y amarillo cuando alcanzan su madurez, superficie lisa, corteza gruesa y difícil de partir. Este tipo de cacao forma un grupo complejo tanto en sus formas silvestres como cultivadas. Del grupo genético Forastero, se obtiene el cacao a granel o “básico” y contribuyó como parental en la generación de los Trinitarios hace 250 años (Motamayor *et al.*, 2008).

Del grupo genético Criollo, clasificado como subespecie de cacao, se obtiene el cacao “fino” que contribuye con 5% de la producción mundial (Afoakwa *et al.*, 2008). Aunque su consumo aún está revalorándose, se encuentra en expansión y es mucho más exigente respecto a la calidad de la materia prima y de los productos derivados.

Los individuos Criollos nativos están asociados con menor rendimiento agronómico, al poseer mazorcas de menor tamaño y menor número de almendras por fruto, además de una marcada susceptibilidad a los hongos *Moniliophthora roreri* y *Phytophthora palmivora* (Motamayor *et al.*,

2002). La moniliasis ha provocado el abandono del cultivo de cacao, o la reducción, tanto del área cultivada como de la producción de grano (cerca del 50% en los últimos seis años).

El grupo de los Trinitarios está constituido por poblaciones híbridas obtenidas a partir de cruzamientos naturales entre Criollo y Forastero (Powis *et al.*, 2011). Algunos son poblaciones segregantes que se originaron por hibridación natural entre Forastero (amelonado) del Bajo Amazonas y Criollos. En el comercio es conocido como "Cacao fino de aroma" y su sabor puede deberse en parte a su herencia criolla; a este grupo pertenecen todos los materiales Imperial College Selection (Selección del Colegio Imperial) [ICS] que se conocen en el mundo (clones de origen trinitarios ICS 1, 6, 39, etc).

3.3 Biología y botánica del cacao

El cacao es un árbol leñoso, fuerte, de porte relativamente bajo, es una planta de ciclo vegetativo perenne y diploide ($2n=20$) (Pérez, 2009). La conformación del sistema radical del cacao depende del sistema de propagación utilizado en su siembra. En plantas propagadas por semillas se desarrolla una raíz principal o pivotante que alcanza hasta 2 m de longitud. En plantas provenientes de propagación clonal no hay una sola raíz principal sino varias y su diámetro es mayor de 5 mm. También generan raíces laterales o raíces que se ramifican superficialmente que alcanzan hasta 5 m de largo; 78% se ubican entre los 0-20 cm de profundidad y tienen un diámetro que oscila entre 1 y 5 mm. Las raicillas alimentadoras proliferan cerca de la superficie en los primeros 5 cm de profundidad, en una masa compacta y su diámetro es menor de 1 mm, con una extensión de 1.2 mm m^{-2} en árboles de 11 años de edad (León, 2000).

El efecto del sistema de propagación también se observa en la morfología del tallo. Cuando la planta se origina a partir de una semilla sexual presenta un tronco vertical que puede desarrollarse en forma muy variada, dependiendo de las condiciones ambientales, y puede alcanzar 2 m de altura. En general, cuando la planta alcanza de 1.5 a 2 m de altura se ramifica

con 3, 4 o 5 ramas distribuidas al mismo nivel formando la mesa, molinillo o verticilo (Pérez, 2009).

Las plantas de origen clonal obtenidas mediante injerto o estacas presentan una conformación diferente sin el predominio de un eje principal. En este caso el tallo usualmente se asemeja a una rama primaria porque normalmente los injertos se hacen a partir de yemas plagiotrópicas, consecuentemente la planta no crece verticalmente y no emite horqueta. Las hojas son de superficie lisa y brillante por ambas caras, con coloración desde morado hasta verde pálido, la longitud del peciolo varía en tamaño dependiendo si son ramas ortotrópicas (crecimiento vertical) o plagiotrópicas (crecimiento horizontal), normalmente más largo en las primeras (Pinzón y Rojas, 2008).

Un árbol de cacao puede producir de 100.000 a 150.000 flores al año. La flor individual del cacao tiene un pedicelo largo y fino de 1 a 1.5 cm de longitud, se compone de 5 sépalos agudos de color rosa, de 6-8 mm de largo, pubescentes, en la flor abierta se expanden en ángulo recto con el peciolo. La corola consta de 5 pétalos blancos, de 6-8 mm de largo. El centro de la flor lo ocupa el tubo estaminal, compuesto por 5 estambres fértiles, cortos y doblados hacia fuera, cada uno encerrado en la concha de un pétalo; y de 5 estaminodios internos, agudos y largos de posición erecta que rodean al gineceo.

El ovario es súpero con 5 celdas y placentación central, con 30 a 50 rudimentos seminales. El estilo se abre arriba en 5 ramas estigmáticas, algunas de las cuales permanecen con frecuencia fusionadas. Adicionalmente, la estructura de la flor parece impedir la autopolinización, obstaculizando la fecundación con su mismo polen pues las anteras recurvadas hacia afuera están rodeadas por las conchas de los pétalos y separadas del estigma por los estaminodios; por lo tanto es necesaria la presencia de polen de otra flor para la polinización (León, 2000).

Los frutos de cacao maduran entre 5 y 6 meses después de la polinización. Poseen un exocarpo de textura lisa o arrugada que se divide internamente en 5 carpelos. Los frutos son bayas

de tamaño y forma variable, generalmente son de 30 cm de largo y 10 cm de diámetro, tienen forma elíptica y son de diversos colores al madurar (rojo, amarillo, morado y café). Contienen entre 20 y 40 semillas cubiertas por pulpa mucilaginosa de color blanco, cuyos cotiledones pueden ser de color blanco y/o violetas. El peso individual de las semillas secas pueden ser entre 0.8 y 1.5 g (Mejía y Arguello, 2000).

3.4 Banco de germoplasma

El banco de germoplasma es el lugar creado con determinadas condiciones para la conservación en forma de semilla, polen o cultivo de tejidos. En este sitio se almacenan muestras de variedades tradicionales, productos del mejoramiento genético, variedades fuera de uso y especies silvestres. De acuerdo con la FAO (1993) los bancos de germoplasma son el medio principal para almacenar material fitogenético en un medio controlado, donde las semillas pueden desecarse hasta alcanzar un contenido de humedad bajo y almacenarse a temperaturas bajas sin perder su vitalidad.

Los bancos de germoplasma se clasifican en función del área que abarquen, dentro o fuera del país. Jaramillo y Baena (2000) los agrupan en Institucional, nacional, regional e internacional. En los primeros se conserva germoplasma de institutos específicos mientras que en el Nacional se conservan germoplasma de un país en un número grande de muestras distintas de interés potencial para personas que trabajan en investigaciones de plantas. En el regional se conservan materiales de varios países y se establece como un centro colaborador entre la misma región geográfica, con el fin de conservar el germoplasma de la región. Los bancos internacionales conservan colecciones grandes a escala mundial, centradas en cultivos específicos.

Con relación al mantenimiento el material genético puede estar agrupado en diferentes tipos de colecciones. Painting *et al.* (1993) las clasifican en colecciones base, activas y de trabajo. Las colecciones base agrupan la variabilidad genética posible de las especies de interés, se usa para conservar y recuperar accesiones. Las activas contienen un duplicado de la colección base,

establecido a corto y mediano plazo para el manejo y distribución de las accesiones. Las colecciones de trabajo incluyen accesiones con características de interés para el mejoramiento del cultivo. También es importante mantener identificada en todo momento la colección núcleo como parte de las colecciones. Fundora (1999) plantea que es importante mantener un número limitado de accesiones que representen la mayor variabilidad genética posible.

Los bancos de germoplasma se establecen para evitar la erosión genética de los cultivos. Es la principal vía que garantiza la protección de todos los materiales colectados. Se crean para coleccionar, caracterizar y manejar la mayor cantidad posible de germoplasma de las distintas especies vegetales y para poder utilizar toda la variabilidad que en él se encuentre.

3.5 Estado actual de los bancos de germoplasma

Existen algunos Bancos de Germoplasma de Cacao; se menciona el Campo Experimental de Rosario Izapa, Tapachula, Chiapas (CERI) del INIFAP (Cueto-Moreno *et al.* 2007), también desde hace 40 años el CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza), conserva a perpetuidad en su colección de germoplasma de cacao (IC3) una importante representación de la amplia diversidad genética que posee la especie en América tropical. Además de la conservación, es objetivo fundamental de la colección, proveer de material botánico para estudios de distinta índole así como material propagativo para los programas de mejoramiento genético y el establecimiento de plantaciones comerciales en distintos países.

La colección del CATIE es una fuente potencial de clones con características notables, tales como resistencia a plagas y enfermedades, alto contenido de polifenoles, resistencia a condiciones extremas, porte bajo, entre otros rasgos. Consecuentemente, su conservación es prioritaria para resolver muchos de los problemas presentes y futuros que afectan a este cultivo.

En el Municipio Colón del estado Zulia, Venezuela, se encuentra el Banco de Germoplasma de Cacao Criollo Porcelana, único laboratorio natural en el mundo que cuenta con una superficie de 6 hectáreas de este tipo de cacao. Este Banco tiene por objetivo coleccionar, evaluar y conservar materiales cacaoteros de interés en áreas naturales de observación.

Este Banco ubicado en las instalaciones del Cesid-Cacao en Corpozulia, es el lugar donde por 36 años se ha estudiado, conservado y caracterizado el Cacao Criollo Porcelana tanto a nivel morfológico como molecular. Morfológico, por su estructura física y sus características cuantitativas, y molecular porque se ha analizado su ADN a través de marcadores microsátélites.

3.6 Caracterización morfológica

Un descriptor varietal sirve para discriminar entre fenotipos. Los descriptores son altamente heredables, pueden ser detectados a simple vista y se expresan de igual forma en todos los ambientes (Hidalgo, 2003). Los órganos más importantes para la descripción morfológica son aquellos que están menos influenciados por el ambiente; los más importantes son la flor y el fruto seguido de hojas, tallo, ramas, raíces y tejidos celulares de acuerdo con lo escrito por (Enríquez, 1991).

En la literatura se pueden encontrar múltiples descriptores morfológicos para la identificación y evaluación del germoplasma de cacao. El International Board for Plant Genetic Resources (IBPGR) ha usado hasta 65 descriptores, mientras Phillips y Enríquez (1988) propusieron una lista de 26 descriptores morfológicos. Por su parte, el centro de cooperación internacional en investigación agronómica para el desarrollo (CIRAD) trabaja con 24 descriptores.

Los descriptores han sido empleados desde la década pasada para caracterizar el germoplasma de las colecciones en diferentes centros de investigación tales como el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), el International Cocoa Genebank

Trinidad (ICGT) y el International Cocoa Germplasm Database (ICGD) entre otros como el Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos.

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Área de estudio

La investigación se llevó a cabo en plantaciones de cacao del municipio de Teapa, Tabasco, así como en el invernadero y campo experimental de la Ingeniería en Agronomía del Tecnológico Nacional de México Campus de la Región Sierra.

4.2 Colecta de materiales de cacao

En las plantaciones se seleccionaron árboles representativos de cada finca visitada. De cada árbol se colectaron frutos maduros en buen estado fitosanitario, hojas y flores (Figura 2). Las colectas se hicieron en el mes de diciembre de 2018 así como de enero a junio de 2019.

En la plantación de cacao se seleccionaron árboles para la toma de las muestras. Para cortar las mazorcas se tomó en cuenta que estuviera madura y sana. Con ayuda de una tijera de poda desinfectada con alcohol se hizo el corte en el pedúnculo de la mazorca para luego etiquetarla con datos de lugar de colecta, variedad de cacao y fecha. Posteriormente se colocaron en bolsas de plástico transparente para guardarlas en una nevera.

La colecta de las muestras de flores se realizó con las manos para evitar que se maltrataran al ser cortadas con tijeras (Figura 3). Se cortaron tres flores por cada árbol muestreado las cuales se colocaron en bolsas autosellables (Ziploc®) debidamente etiquetadas con lugar de colecta, variedad, fecha y así guardarlas en la nevera.



Figura 2. Colecta de frutos de cacao. a) Tipo de frutos maduros colectados para su caracterización; b) Corte de frutos de cacao con tijera previamente desinfectada.



Figura 3. Colecta de flores de cacao y colocada en bolsa autosellable para su transporte.

Para la toma de muestra de las hojas se seleccionaron aquellas fisiológicamente maduras de color verde oscuro y se cortaron con tijera de poda debidamente desinfecta (Figura 4). Se cortaron tres hojas por árbol muestreado, se colocaron en bolsas transparente debidamente etiquetadas con lugar de colecta, variedad y fecha, y así se guardaban dentro de la nevera.



Figura 4. Colecta de hojas de cacao maduras para su caracterización morfológica.

Una vez terminad el trabajo de colecta en campo, todas las muestras se llevaron al Laboratorio de Usos generales de la Ingeniería en Agronomía del ITSS, para continuar con el trabajo de caracterización de cada uno de los materiales colectados.

4.3 Caracterización morfológica de los materiales colectados

4.3.1 Características de la flor

De cada árbol seleccionado se evaluaron tres flores y registraron características cuantitativas y cualitativas. Dentro de las primeras se incluyeron la longitud de pedúnculo (cm), longitud de sépalo (mm), longitud de filamento (mm) y tamaño de la flor (cm). En las cualitativas se registró el color del pedúnculo, color del sépalo, color del pétalo y color del filamento.

4.3.2 Características de fruto

De cada árbol seleccionado se evaluaron mazorcas maduras sin síntomas de enfermedad ni daños por insectos o aves. Se evaluaron y registraron cuatro características cuantitativas [longitud de la mazorca (cm), diámetro (cm), peso (g) y tamaño de la mazorca (cm)] y siete cualitativas (forma de mazorca, forma del ápice, constricción basal, rugosidad de la mazorca, profundidad del surco, color inmaduro, color maduro).

4.3.3 Características de la hoja

De cada árbol se evaluaron tres hojas maduras en buen estado. Se evaluaron y registraron dos características cuantitativas (longitud del peciolo y longitud de la hoja) y cinco características cualitativas (base, ápice, color del peciolo, color de la hoja madura y color del brote joven).

4.3.4 Características de la semilla

A los frutos colectados se les contabilizó el número de semillas. De cada fruto se muestrearon tres semillas de la parte central de la mazorca y se les midieron cinco características cuantitativas: longitud (cm), ancho (cm), grosor (cm), tamaño (chica, mediana y grande) y peso seco (g). También se registraron dos características cualitativas como la forma longitudinal y color del cotiledón.

4.4 Establecimiento del banco de germoplasma

Se usaron las semillas para iniciar el establecimiento del banco de germoplasma y así conservar la mayor variabilidad genética de materiales de cacao colectados.

4.4.1 Etiquetado y llenado de bolsas para siembra

Para establecer las nuevas plantas se usaron bolsas de polietileno de color negro con medidas de 27x11 cm y perforaciones en la base, que se etiquetaron con cinta de enmascarar (masking tape) color beige y marcador de tinta permanente color negro. Cada bolsa se llenó con un aproximado de 1.1 kg de suelo franco ("tierra negra") y se colocaron en el invernadero. Cada bolsa se etiquetó con datos de fecha de siembra, lugar de procedencia, variedad y tipo de suelo.

4.4.2 Siembra de las semillas de cacao

Las semillas extraídas de las mazorcas de cacao se lavaron para retirar el mucílago y se dejaron escurrir para luego sembrarse. Se sembraron 30 granos por cada material colectado. En cada bolsa se sembró una semilla de cacao de forma horizontal para que así no hubiera problemas al momento de su germinación, cubriéndola con un poco de suelo. Ya terminado todo el procedimiento de siembra se regaron con suficiente agua, y al día siguiente de la siembra se aplicaron microorganismos eficaces para ayudar la germinación.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Colecta de materiales de cacao

En el trabajo de campo se pudieron visitar parcelas de cacao de los municipios de la Subregión Sierra de Tabasco y Sierra Norte de Chiapas. En cada parcela se hicieron los muestreos en árboles que se seleccionaron por estar sanos y vigorosos (Cuadro 1).

Cuadro 1. Sitios y fecha de colecta de cacao en la Subregión Sierra de Tabasco y Norte de Chiapas 2020.

No. colecta	Sitio de colecta	Fecha de colecta
1	Plantación del ITSS, Teapa-Tacotalpa, Tabasco.	31 de enero 2019
2	Rancho el Tránsito, Ixtapangajoyá, Chiapas.	25 de febrero 2019
3	Plantación del ITSS, Teapa-Tacotalpa, Tabasco.	21 de febrero 2019
4	Plantación del ITSS, Teapa-Tacotalpa, Tabasco.	07 de marzo 2019
5	Plantación del ITSS, Teapa-Tacotalpa, Tabasco.	21 de marzo 2019
6	Finca el Rocío, Teapa-Tacotalpa, Tabasco.	21 de marzo 2019
7	Plantación del ITSS, Teapa-Tacotalpa, Tabasco.	25 de marzo 2019
8	Finca el Rocío, Teapa-Tacotalpa, Tabasco.	25 de marzo 2019
9	Finca el Rocío, Teapa-Tacotalpa, Tabasco.	08 de abril 2019
10	Finca el Rocío, Teapa-Tacotalpa, Tabasco.	24 de junio 2019

De acuerdo a la información del cuadro 1 se describe que las colectas 1, 3, 4, 5 y 7 se obtuvieron de una plantación de cacao de cinco años de edad donde se tienen diferentes genotipos cuya identificación es incierta. Se encuentra establecida en el área experimental del ITSS ubicado Teapa-Tacotalpa, Tabasco desde el año 2016. La colecta 2 provino del rancho comercial tradicional el Tránsito ubicada en Ixtapangajoyá, Chiapas que cuenta con una plantación de cacao de más de 20 años de edad. Las colectas 6, 8, 9 y 10 se obtuvieron de una plantación comercial "multivarietal" de cacao que cuenta con 6 años de edad que se plantó llamada finca el Rocío

ubicada carretera Teapa-Tacotalpa, Tabasco cuya característica es que recibe un manejo orgánico en toda la plantación obteniendo excelentes resultados.

5.2 Caracterización morfológica de los materiales colectados

A continuación se describen las características cuantitativas y cualitativas que se evaluaron de la flor, fruto, hoja y semilla de las muestras que se realizaron en los diferentes sitios (Cuadro 2).

5.2.1 Características de las flores

De acuerdo a los datos obtenidos en las colectas de las flores de cacao, en el cuadro 2 se describen las características cualitativas y cuantitativas de la flor. Las mediciones obtenidas permiten apreciar que se observaron grandes diferencias de la longitud del pedúnculo en cada una de las colectas realizadas (Figura 5). Los valores oscilaron entre 1 y 2.3 cm. En el caso del color del pedúnculo se observó mayor similitud en las colectas, donde dominó el color verde de pedúnculo. La colecta 5 fue la única donde el color de pedúnculo fue rojo.

En cuanto a la longitud del sépalo, los valores fluctuaron entre 6 y 9 mm y el color del sépalo se clasificó en un abanico de seis colores: cremoso, rosado, verde, amarillo y blanco. En cuanto al color del pétalo la mitad de las colectas mostraron pétalos blancos y las demás pétalos amarillos (Cuadro 2).

Con respecto a la longitud del filamento, no se detectó una variación marcada ya que los valores oscilaron entre 2 y 4 mm. En el caso del color del filamento se clasificó en dos colores: rojo y translúcido. Por último, el tamaño de la flor tuvo ciertas variaciones. La mayor parte de las colectas tuvo flores de tamaño mediano, seguida por las flores chicas y grandes (Cuadro 2).

Cuadro 2. Características biométricas de flores de cacao colectadas en la Subregión Sierra de Tabasco y Norte de Chiapas 2020.

No. colecta	Longitud del pedúnculo (cm)	Color del pedúnculo	Longitud del sépalo (mm)	Color del sépalo	Color del pétalo	Longitud del filamento (mm)	Color del filamento	Tamaño de la flor
1	1.7	Verde	9	Cremoso	Blanco	4	Rojo	Grande
2								
3	1.5	Verde	9	Cremoso	Amarillo	3	Rojo	Grande
4	1.0	Rojo/verde	6	Cremoso	Amarillo	2	Rojo	Chica
5	2.3	Rojo	8	Rosado	Amarillo	2	Rojo	Mediana
6	1.6	Rojo/verde	7	Verde	Amarillo	2	Transparente	Chica
7	1.1	Verde	7	Amarillo	Blanco	2	Transparente	Mediana
8	1.2	Verde	7	Blanco	Blanco	2	Transparente	Mediana
9	1.1	Verde	6	Blanco/rojo	Blanco	2	Transparente	Chica
10	1.5	Verde	7	Blanco	Amarillo	2	Transparente	Mediana



Figura 5. Caracterización de flores de cacao. a) Disección de partes, b) Medición de componentes.

5.2.2 Características de los frutos

En la caracterización de los frutos de cacao colectados, de todos los parámetros registrados los que sobresalieron fueron la forma del fruto y el grado de constricción basal. La mayoría de los frutos resultaron de forma oblonga mientras la constricción basal se observó en cuatro colectas (Cuadro 3).

De acuerdo a los parámetros de la forma del ápice solo se encontraron las formas agudas y apezonadas. En la característica de rugosidad y la profundidad del fruto se observó una correlación debido a que la rugosidad se toma por fuera en la cascara del fruto y la profundidad de la misma manera. En las colectas variaron estos parámetros desde el más ligero hasta el más fuerte (Cuadro 3).

Con respecto a los otros parámetros se observó que su caracterización es más sencilla porque se puede emplear una guía de datos morfológicos y anotar lo observado en los frutos (Figura 6).

Cuadro 3. Características biométricas de frutos de cacao colectados en la Subregión Sierra de Tabasco y Norte de Chiapas 2020.

No. colecta	Forma del fruto	Constricción basal	Forma del ápice	Rugosidad	Profundidad del surco	Grosor cáscara	Tamaño del fruto	Color inmaduro	Color maduro	Longitud (cm)	Diámetro (cm)	Peso (g)
1	Oblongo	Ausente	Agudo	Fuerte	Profundo	Gruesa	Grande	Verde	Amarillo	24.0	8.9	890.0
2												
3	Oblongo	Intermedio	Apezonado	Intermedio	Intermedio	Gruesa	Grande	Verde	Amarillo	24.0	9.7	887.3
4	Oblongo	Fuerte	Apezonado	Fuerte	Profundo	Gruesa	Mediano	Verde	Verde/amarillo	22.5	8.8	737.4
5	Oblongo	Ausente	Apezonado	Fuerte	Profundo	Gruesa	Pequeño	Rojo	Rojo/amarillo	18.6	8.6	474.4
6	Elíptico	Intermedio	Agudo	Ligero	Intermedio	Gruesa	Mediano	Verde intenso	Amarillo	23.4	9.0	668.4
7	Oblongo	Ausente	Agudo	Ligero	Superficial	Gruesa	Pequeña	Verde claro	Amarillo claro	19.5	8.0	527.0
8	Oblongo	Ausente	Agudo	Ligero	Intermedio	Gruesa	Mediano	Verde claro	Amarillo claro	22.0	8.2	761.9
9	Oblongo	Ausente	Agudo	Fuerte	Profundo	Gruesa	Mediana	Verde claro	Amarillo claro	22.0	8.9	676.7
10	Oblongo	Ligero	Agudo	Fuerte	Intermedio	Gruesa	Mediana	Verde claro	Amarillo claro	21.0	8.6	610.0



Figura 6. Caracterización de frutos de cacao.

5.2.3 Características de las hojas

De acuerdo los datos del cuadro 4, las colectas 1, 4 y 5 tienen una forma de la base de la hoja aguda, con una forma del ápice de la hoja agudo, el color del peciolo es verde, con una longitud del peciolo de 2 a 3 cm, con un color de la hoja joven en color rojo y color verde la hoja madura, con una longitud de 32 a 35 cm de la hoja (Figura 7).

Las colectas 7, 8, 9 y 10 tienen una forma de la base de la hoja aguda, con una forma del ápice de la hoja agudo y acuminado largo, el color del peciolo es verde, con una longitud del peciolo de 2.4 a 3 cm, con un color de la hoja joven en color verde limón y color verde la hoja madura, con una longitud de 33 a 45 cm de la hoja.

Mencionando que la mayoría de las colectas tuvieron las mismas características en la hoja.

Cuadro 4. Características biométricas de hojas de cacao colectadas en la Subregión Sierra de Tabasco y Norte de Chiapas 2020.

No. colecta	Forma de la base	Forma del ápice	Color del peciolo	Longitud del peciolo (cm)	Color de hoja joven	Color de hoja madura	Longitud de la hoja (cm)
1	Aguda	Agudo	Verde	2	Rojo	Verde	32.0
2							
3	Aguda	Acuminado largo	Verde	2	Rojo/verde	Verde	40.0
4	Aguda	Agudo	Verde	2	Rojo	Verde	35.0
5	Aguda	Agudo	Verde	3	Rojo	Verde	33.6
6	Aguda	Agudo	Verde intenso	2.7	Café claro	Verde intenso	38.0
7	Aguda	Agudo	Verde	2.4	Verde limón	Verde	33.0
8	Aguda	Agudo	Verde	2.5	Verde limón	Verde	45.0
9	Aguda	Acuminado largo	Verde	3	Verde limón	Verde	39.0
10	Aguda	Agudo	Verde	3	Verde limón	Verde	34.0



Figura 7. Caracterización de hojas de cacao.

5.2.3 Características de las semillas

De acuerdo a la información proporcionada en el cuadro 5 las características de las semillas son más variables. En cuanto a la forma longitudinal de la semilla se encontraron semillas oblongas, ovadas, elípticas e irregulares (Figura 8). En la longitud de las semillas hubo variaciones desde 1.9 hasta 2.7 cm, es decir, resultaron de tamaños diferentes. En el ancho de las semillas los valores fueron ligeramente similares entre 1.2 y 1.6 cm.

Un parámetro muy importante resultó el color del cotiledón de la semilla, donde la mitad tuvo colores de almendra morado y la otra mitad blanco (Cuadro 5). Los cacaos que producen almendras de color blanco son difíciles cultivar por la disponibilidad de material vegetativo. Actualmente este tipo de almendra alcanza mayor precio en el mercado por tratarse de un cacao aromático y solicitado para la elaboración de chocolatería fina.

Cuadro 5. Características biométricas de semillas de cacao colectadas en la Subregión Sierra de Tabasco y Norte de Chiapas 2020.

No. colecta	Forma longitudinal	Longitud (cm)	Ancho (cm)	Grosor (mm)	Peso seco (g)	Tamaño	Color del cotiledón
1	Oblonga	2.2	1.4	10	1.60	Mediana	Morado
2							
3	Ovada	2.1	1.2	10	1.24	Mediana	Morado
4	Ovada	2.0	1.3	8	1.10	Mediana	Morado
5	Elíptica	1.9	1.2	7	1.10	Pequeña	Morado
6	Elíptica	2.7	1.6	8	2.00	Grande	Morado, blanco y blanco/morado.
7	Irregular	2.6	1.5	6	1.60	Mediana	Blanco
8	Irregular	2.2	1.2	10	1.30	Mediana	Blanco
9	Irregular	2.4	1.4	8	1.60	Mediana	Blanco
10	Irregular	2.3	1.4	9	1.50	Mediana	Blanco



Figura 8. Caracterización de semillas de cacao. a) Extracción del fruto, b) Conteo y medición.

5.3 Producción de plantas a partir de semillas

Las semillas extraídas de las mazorcas de cacao se plantaron en bolsas de vivero con suelo. La finalidad fue propagar los materiales de cacao colectados y disponer de plantas para establecerlas en un área dentro del Instituto destinada para las accesiones de cacao en un sistema agroforestal. Las plantas obtenidas se mantuvieron en condiciones de invernadero y después se trasladaron al sitio definitivo en la parcela de la Ingeniería en Agronomía (Figura 9 y 10).



Figura 9. Establecimiento de semillero de cacao en invernadero. a) Siembra de semillas. b) Germinación y crecimiento de plántulas.

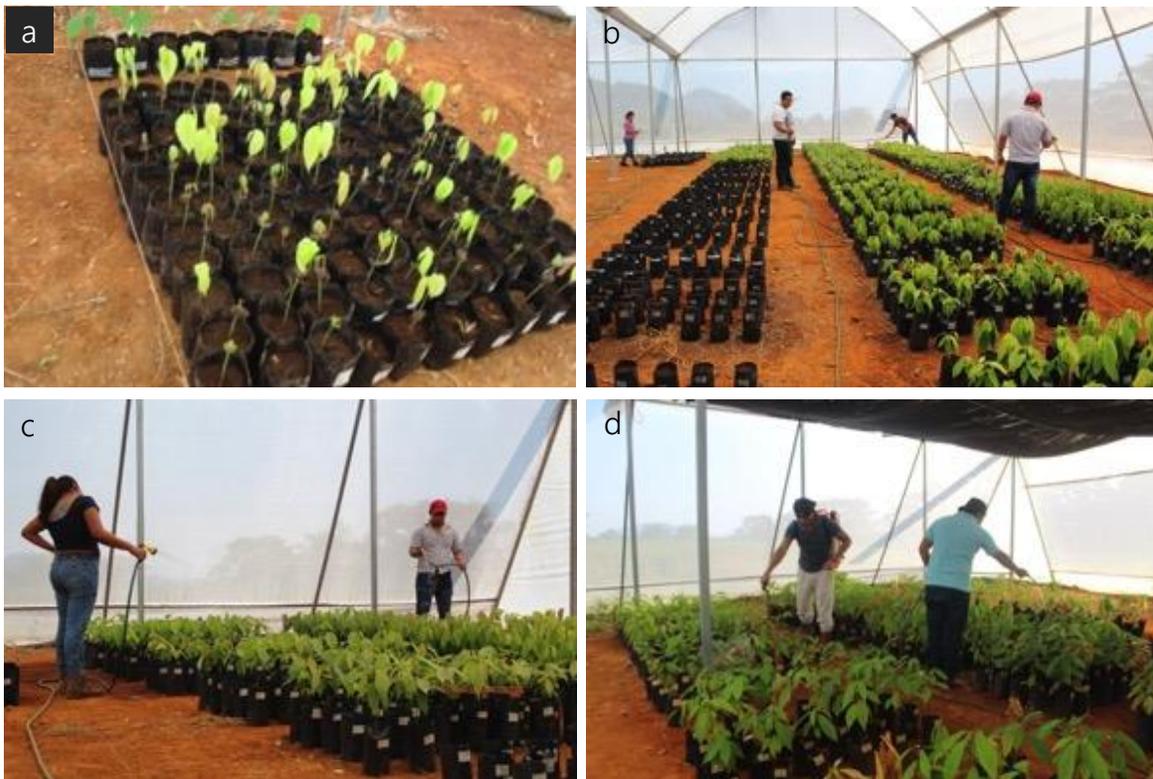


Figura 10. Producción de plantas de cacao en invernadero. a) Crecimiento de plántulas. b) Incremento de las accesiones, c) Riegos de mantenimiento de plantas, d) Aplicación de insecticidas.

VI. CONCLUSIONES

- Se colectaron frutos, flores y hojas de cacao característicos de los tipos de cacao que se cultivan en diversos sitios en la Region Sierra de Tabasco.
- Mediante una guía simplificada de descriptores morfológicos de cacao se caracterizaron los materiales colectados en los sitios de muestreo.
- Se germinaron semillas y se obtuvieron nuevas plantas de cacao de las colectas para establecer un banco de germoplasma en el invernadero del Instituto Tecnológico Superior de la Región Sierra.
- Aunque fueron pocos sitios muestreados pero varias colectas, de acuerdo a los resultados de caracterización se observó una diversidad de tipos de cacao cultivados en la Región de la Sierra de Tabasco, que pertenecen a los tres grupos de cacao descritos: Criollos, Foresteros y Trinitarios, y lo que indica que existe una diversidad y riqueza de genética del cacao cultivado en la Región.

VII. LITERATURA CITADA

- Afoakwa E. O., A. Paterson, A.; M. Fowler and A. Ryan (2008) Flavor formation and character in cocoa and chocolate: a critical review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 48:840-857.
- Agama J. (2005) Selección de progenies y plantas elites de cacao *Theobroma cacao* L. mediante la evaluación de características agronómicas y de resistencia a enfermedades. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad Central del Ecuador. Ecuador. pp 6 – 20.
- Barrón G. Y. P., A. Azpeitia M., H. Mirafuentes F., G. Castillo R., y A. López A. (2011) Producción de híbridos interclonales de cacao para resistencia a "moniliasis". *In: XXII Reunión Científica, Tecnológica, Forestal y Agropecuaria*. Villahermosa, Tabasco. pp 263- 266.
- Cheesman E. (1944) Notas sobre la nomenclatura, clasificación y posibles relaciones de las poblaciones de cacao. *Agricultura tropical* 21: 144-159.
- CATIE (2020) Colección Internacional de Cacao. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. <https://www.catie.ac.cr/productos-y-servicios/colecciones-bancos-de-germoplasmas/coleccion-internacional-de-cacao.html>; consultado el 20/enero/2020.
- Cuatrecasas J. (1964) Cacao and its allies: A taxonomic revision of the genus *Theobroma*. *Contributions from the United States National Herbarium* 35:379-614.
- Cueto-Moreno J., J. F. Aguirre-Medina; A. Zamarripa-Colmenero; L. Iracheta-Don Juan y A. Olivera-De los Santos (2007) El mejoramiento del cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) en México. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental "Rosario Izapa", Tuxtla Chico, Chiapas, México. 250 p.

- Mejía L. y C. Argüello (2000) Tecnología para el mejoramiento de sistemas de producción de Cacao. Bucaramanga, Colombia. Publicación CORPOICA – Ministerio de Agricultura. 144 p.
- FAO (1993) Conservación y empleo de recursos genéticos. La diversidad de la naturaleza: un patrimonio valioso. 20 p.
- Fundora M. Z. (1999) Diferentes enfoques en las estrategias de establecimiento de colecciones nucleares. *En: III Taller Internacional sobre colecta y evaluación de Recursos Fitogenéticos*. Sancti Spíritus. Cuba. 5 p.
- Jaimes Y. y F. Aranzazu (2010) Manejo de las enfermedades del cacao *Theobroma cacao* L., en Colombia con énfasis en *Monilia Moniliophthora roreri*. CORPOICA, FEDECACAO y Ministerio de Agricultura. Colombia. pp 13 – 22.
- Jaramillo S. y M. Baena (2000) Material de apoyo a la capacitación en conservación *ex situ* de recursos fitogenéticos. Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos, Cali, Colombia. 210 p.
- León J. (2000) Botánica de los Cultivos Tropicales. 3 ed. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, IICA. San José, Costa Rica. 678 p.
- Motamayor J. C., P. Lachneaud, J. W. Da Silva, R. Loor, D. N. Kuhn, J. Brown and R. J. Schnell (2008) Geographic and genetic population differentiation of the Amazonian chocolate tree (*Theobroma cacao* L.). *PLOS ONE* 3:1-8.
- Motamayor J., A. Risterucci A., P. López, C. Ortiz, A. Moreno y C. Lanaud (2002) Cacao domestication I: the origin of the cacao cultivated by the Mayas. *Heredity* 89:380- 386.

- Painting K. A., M. C. Perry, R.A. Denning y W. G. Ayad. (1993) Guía para la documentación de recursos genéticos. Consejo Internacional de Recursos Fitogenéticos. Roma, Italia. 310 p.
- Pérez J. (2009) Evaluación y caracterización de selecciones clonales de cacao *Theobroma cacao* L. del programa de mejoramiento del CATIE. Tesis de Maestría. CATIE. Turrialba, Costa Rica. pp 6 – 29.
- Phillips-Mora W., A. Coutiño, C. F. Ortiz, A. P. López, J. Hernández y M. C. Aime (2006) First report of *Moniliophthora roreri* causing frosty pod rot Moniliasis disease of cocoa in México. *Plant Pathology* 55: 584-584.
- Pinzón J. y A. Rojas (2008) Guía técnica para el cultivo del cacao. 3ed. Bogotá, Colombia. FEDECACAO. 189 p.
- Powis T., A. Cyphers, N. Gaikwad, L. Grivetti and K. Cheong (2011) Cacao use and the San Lorenzo Olmec. *Proceeding of the National Academy of Science of the United States of America* 108:8595-8600.
- Quiroz V. (2002) Caracterización molecular y morfológica de genotipos superiores con características de cacao nacional *Theobroma cacao* L. de Ecuador. Tesis Maestría en Ciencias. Turrialba, Costa Rica. CATIE. 131 p.
- Schnell R., C. Olano, J. Brown, A. Meerow y C. Cervantes (2005) Retrospective determination of the parental population of superior cacao *Theobroma cacao* L., seedlings and association of microsatellite alleles with productivity. *Journal of American Society for Horticultural Science* 130:181-190.