



**“Variación morfológica de frutos y semillas de cacao  
(*Theobroma cacao L.*) de plantaciones de Huimanguillo y  
Cunduacán, Tabasco”**

**TITULACIÓN INTEGRAL BAJO LA OPCIÓN:  
TESIS**

**PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
INGENIERO EN INNOVACIÓN AGRÍCOLA  
SUSTENTABLE**

**PRESENTA:  
EXON JAHIR SOSA PABLO**

**HUIMANGUILLO, TAB. MÉXICO.  
DICIEMBRE 2021**



RSGC - 928  
Fecha de Inicio: 2015.06.22  
Fecha de Última Cota: 2018.08.22  
Fecha de Restauración: 2018.09.14  
Fecha de Actualización: 2018.09.14  
Fecha de Ampliación: 2018.09.14  
Fecha de Reducción: 2018.09.14  
Fecha de Terminación: 2021.09.22



Número de registro: RPHI-072  
Fecha de inicio: 2017-04-10  
Termino de la certificación: 2021-04-10



Carretera del Golfo Malpaso – El Bellote,  
Km. 98.1, R/A Libertad, CP. 86400,  
Huimanguillo, Tabasco.  
e-mail: [dir01\\_huimanguillo@tecnm.mx](mailto:dir01_huimanguillo@tecnm.mx),  
[www.tecnm.mx](http://www.tecnm.mx) |  
[www.huimanguillo.tecnm.mx](http://www.huimanguillo.tecnm.mx)



La presente tesis, titulada: **Variación morfológica de frutos y semillas de cacao (*Theobroma cacao L.*) de plantaciones de Huimanguillo y Cunduacán, Tabasco** realizada por **EXON JAHIR SOSA PABLO**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobado por el mismo y aceptado como requisito parcial para obtener el grado de:

**INGENIERO EN INNOVACIÓN AGRÍCOLA SUSTENTABLE**

**CONSEJO PARTICULAR**

**CONSEJERA: M.C. MARICELA PABLO PÉREZ**

**SECRETARIO (A): DR. PEDRO SALVADOR SÁNCHEZ**

**VOCAL: M.E.D. JOSE NOTARIO TORRES**

**ASESOR EXTERNO: DR. ALFONZO AZPEITIA MORALES**

Huimanguillo, tabasco a 17 de diciembre de 2021

## **Resumen**

“Variación morfológica de frutos y semillas de cacao (*Theobroma cacao L.*) de plantaciones de Huimanguillo y Cunduacán, Tabasco”

Exon Jahir Sosa Pablo

Instituto Tecnológico de Huimanguillo, 2021.

El objetivo del presente trabajo fue determinar la variación morfológica de frutos y semillas de cacao de plantaciones de Huimanguillo y Cunduacán, Tabasco. La caracterización de los frutos y semillas de genotipos de cacao fue desarrollada en el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, del campo experimental Huimanguillo. Se observó la diversidad morfológica de los frutos, en general los colores de los frutos de cacao variaron de amarillo, amarillo verdoso a amarillo naranja, la forma predominante de los frutos fueron criollos y amelonados; la forma del ápice fue atenuado, caudado y obtuso; la forma de la constricción basal vario entre suave, intermedio y fuerte; la rugosidad fue de intermedia a áspera; la dureza del mesocarpio varió de intermedia a dura; la longitud del fruto vario entre 19 cm a 25 cm; el peso por fruto vario entre 260 g a 620 g, el grosor del fruto fue de entre 21 cm a 31 cm; el número de semillas por fruto vario desde 25 hasta 45; el número de surcos que presentaron los frutos predomino en 10 secciones. Las semillas de cacao, el color varió de purpura intenso, purpura, amarillo crema; las formas variaron de ovalada, elíptica, irregular; el peso seco medio de semilla sin testa vario de 0.8967g a 2.1522 g por cada semilla. El genotipo M1 de plantaciones de Cunduacán Tabasco, presento el mayor peso seco 2.1522 g por semillas, donde con 11 frutos aproximadamente se puede obtener 1 kg de grano seco, genotipo presento características sobresalientes asociadas al rendimiento.

Palabras claves: *Theobroma*, morfología, plantaciones, semillas de cacao.

## **Abstract**

“Morphological variation of cocoa fruits and seeds (*Theobroma Cacao L.*) From Huimanguillo and Cunduacán Plantations”.

*Instituto Tecnológico de Huimanguillo, 2021.*

The aim of this thesis is to determine the morphological variation of cocoa fruits and seeds from Huimanguillo and Cunduacán Plantations in Tabasco State. The fruits and seeds features of the cocoa genotype were grown at the Forestry, Agricultural and Aquacultural Research National Institute, in Huimanguillo experimental field. It is noticed, the morphological properties of the fruits. In general, the cocoa fruit colors vary from Yellow, greenish yellow to orange yellow. The predominant shape of the fruits are creole and melon shaped. La apex shape was attenuated, caudate and obtuse. The shape of the basal construction varies from soft, medium to strong. Roughness ranged from intermediate to rough. The length of the fruit ranged from 19 cm to 25 cm. The weight per fruit varies from 260 g to 620 g. The fruit thickness ranged from 21 cm to 31 cm. The number of seeds per fruit varies from 25 to 45. The number of furrows that the fruits presented, 10 sections predominated. The cocoa beans color ranged from deep purple, purple, to creamy yellow. The beans shape ranged from oval, elliptical, to irregular. The average dry weight of the seed without integument ranged from 0.8967 g to 2.1522 g for each seed. The genotype M1 from Cunduacán, Tabasco plantations presented the highest dry weight 2.1522 g per seed. For this, with approximately 11 fruits, we can obtain 1 kg of dry grain. The genotype presented outstanding features associated to the production.

Keywords: *Theobroma*, Morphology, plantations, cocoa beans.

## **Agradecimientos**

A Dios por la vida, dones y virtudes y por este éxito intelectual que tanto anhelé.

Al Instituto Tecnológico de Huimanguillo, Tabasco, por la oportunidad de mi formación académica y otorgarme las facilidades para concluir este proceso de tesis.

Al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias INIFAP, por la oportunidad de realizar la Residencia Profesional, y todo el apoyo brindado.

Al doctor Alfonso Azpeitia Morales, por su valiosa asesoría para el buen desarrollo de esta investigación.

A la M.C. Maricela Pablo Pérez por su entrega y compromiso que ella tuvo conmigo para el desarrollo de esta investigación, apoyándome hasta el final para el desarrollo de esta investigación.

Sin ánimo de olvidar a nadie en particular, que de una u otra manera han compartido mi vida en estos últimos años, mi más sincero agradecimiento a su comprensión, estímulo y ayuda, ya que todos son partes de este éxito logrado.

## Índice

Resumen.....	ii
Abstract .....	iii
Agradecimientos .....	iv
Índice de Figuras .....	viii
Índice de Cuadro .....	viii
I. Introducción .....	1
II. Justificación.....	3
III. Objetivos .....	4
3.1. Objetivos generales .....	4
3.2. Objetivo específico.....	4
IV. Hipótesis .....	5
V. Marco Teórico .....	6
5.1. Origen del cacao.....	6
5.2. Historia.....	6
5.3. Taxonomía de Theobroma cacao .....	7
5.3.1. El género Theobroma.....	9
5.3.2. Condiciones Ecológicas. ....	10
5.3.3. Hábitats. ....	10
5.3.4. Temperatura y precipitación. ....	10
5.3.5. Requerimiento hídrico.....	11
5.3.6. Circunspección del viento. ....	11
5.3.7. Suelos demandados por el árbol.....	12
5.3.8. Sombra requerida por el cultivo y su mutualismo con otras especies.....	12
5.4. Botánica de T. cacao .....	15
5.4.1. Árbol de cacao.....	15
5.4.2 Descripción de la raíz.....	15
5.4.3. Características generales de la hoja.....	16
5.4.4. Flor. ....	17

5.4.5. Fruto.....	17
5.4.6. Semilla.....	18
5.5. Plagas y enfermedades que afectan el cultivo de cacao.....	19
5.5.1. Enfermedades.....	19
5.5.2. plaga.....	20
5.6. Buenas prácticas agrícolas.....	21
5.6.1. Siembra.....	21
5.6.2. Cosechas.....	21
5.6.3. Fermentación.....	22
5.6.4. Secado de grano.....	23
5.7. Importancia del cacao en la alimentación.....	23
5.8. Composición nutrimental.....	24
5.9. Producción de cacao.....	25
5.9.1. Producción y usos a nivel mundial.....	25
5.9.2. Producción de cacao en México.....	26
5.9.3. producción de cacao en Tabasco.....	27
5.10. Productos derivados del cacao.....	27
5.10.1 Chocolate.....	28
5.11. Caracterización morfológica de frutos y semillas de cacao.....	28
5.11.1. Caracterización morfo métrica del fruto.....	29
5.11.2. Caracterización morfo métrica de la semilla.....	31
VI. Materiales y Métodos.....	32
6.1. Localización del área de estudio.....	32
6.2. Selección y colecta de material vegetal.....	33
6.3. Caracterización morfológica.....	33
VII. Resultados y discusión.....	35
7.1. Localización de plantaciones de cacao en municipios del Plan Chontalpa.....	35
7.2. Georreferenciación de plantaciones de genotipos de cacao de alto rendimiento en municipios de Huimanguillo y Cunduacán, Tabasco.....	36
7.3. Caracterización de frutos de plantaciones de cacao en el área de estudio.....	37

7.4. Caracterización de semillas de frutos de cacao en Huimanguillo y Cunduacán, Tabasco. ....	42
VIII. Conclusiones y recomendaciones.....	45
8.1. Conclusión.....	45
8.2. Recomendaciones.....	46
8.3. Experiencia personal profesional adquirida .....	47
8.4 Competencias desarrolladas y/o aplicadas .....	48
Fuentes de información .....	49
Anexos.....	55

## Índice de Figuras

Figura 1. Árbol de T. cacao. ....	15
-----------------------------------	----

## Índice de Cuadro

Cuadro 1. Clasificación del <i>Theobroma Cacao L.</i> ....	8
Cuadro 2. Plantas maderables con doble propósito en el cacao. ....	13
Cuadro 3. Plantas frutales utilizadas con doble propósito en el cultivo de cacao. ....	13
Continuación Cuadro 4. Plantas frutales utilizadas con doble propósito en el cultivo de cacao. ....	14
Cuadro 5. Plantas de sombra para cultivo de cacao con usos condimentales y bebidas en el cultivo de cacao. ....	14
Cuadro 6. Principales enfermedades del cacao en México ....	19
Cuadro 7. Principales plagas que atacan el cultivo de cacao en México. ....	20
Cuadro 8. Localización geográfica de los sitios de colecta de cacao en la Chontalpa, Tabasco. ....	35
Cuadro 9. Caracterización de frutos de plantaciones de cacao de Huimanguillo y Cunduacán, Tabasco. ....	38
Continuación de Cuadro 10. Caracterización de frutos de plantaciones de cacao de Huimanguillo y Cunduacán, Tabasco. ....	39
Cuadro 11. Muestras de fruto, forma transversal y semillas de genotipos de cacao de las localidades estudiadas. ....	40
Cuadro 12. Comparación de Desviación media de semillas de cacao de las diferentes plantaciones muestreadas. ....	43
Cuadro 13. Genotipos seleccionados por rendimiento. ....	44



## I. Introducción

El cacao (*Theobroma cacao* L.) es una planta tropical, la cual crece bajo sombra, y su fruto sustenta a la industria chocolatera. Es considerada como uno de los legados agro-biológicos más preciados heredado de la cultura Mesoamericana y un recurso genético con gran demanda (Ramírez-Guillermo *et al.*, 2018). Por ello, es considerado como una de los frutos de mayor importancia en muchos países del mundo, es una especie perenne de la familia Malvaceae (Alverson *et al.*, 1999), y por el sinnúmero de subproductos que se obtiene de él, y las divisas que aporta; este efecto ha originado que debido a su capacidad agrícola del cultivo (rentabilidad) se exploten tanto en climas tropicales como en templados de diversas regiones del mundo (K-Ji *et al.*, 2012).

En México, las primeras plantaciones de cacao fueron establecidos por los mayas, bajo un sofisticado agro ecosistema donde existía grandes cantidades de árboles asociados al cacao (Gómez Pompa, *et al.*, 1990). Actualmente la producción de grano de cacao seco es de 26,969 toneladas, con un rendimiento de 438 Kg/ha (Azpeitia, *et al.*, 2018). Concentrándose la mayor producción en los estados de Tabasco (40.704 ha), Chiapas (17.816 ha) y Guerrero (243 ha), (SIAP, 2016). En el estado de Tabasco se concentra 68.3 % de la producción nacional de cacao (SIAP, 2016); sin embargo, en los últimos 10 años se ha observado reducción en su rendimiento, debido principalmente al hongo *Moniliophthora roreri*, que ha ocasionado pérdidas de producción de más de 75% y el derribo de plantaciones (Phillip-Mora *et al.*, 2012), lo que pone en riesgo la diversidad genética en el estado. Los mercados nacionales e internacionales demandan mayor volumen de productos y mayor calidad del mismo. No hay que olvidar que el cacao es un producto que sufre una transformación agroindustrial (Ortiz-García *et al.*, 2015).

Las dos primeras formas de fruto pertenecen al cacao tipo forastero descrita por Soria (1961, com. Pers.) y Braudeau (1978), con características del fruto similares a los forasteros del bajo Amazonas. Así, las pocas plantas establecidas años atrás, al cruzarse con las poblaciones criollas presentes, con el tiempo se recombinaron y generaron híbridos (cruza entre criollos y forasteros conocidas tradicionalmente como trinarios), lo que incremento la diversidad genética en las nuevas plantaciones establecidas por semillas (Thomas E., M. Van Z., J. Loo, T. Hodgkin, G. Galluzzi, y J. Van Etten, 2012).

Importantes estudios de mejoramiento genético se han realizado en el país, por más de 30 años. Entre 1986 y 1987 se realizó una caracterización de 31 clones RIM seleccionados en el Campo Experimental “Rosario Izapa” perteneciente al INIFAP en el estado de Chiapas (López-Báez, 1996). El INIFAP en Tabasco ha identificado ocho genotipos híbridos resistentes y/o tolerantes a la moniliasis que permiten una producción entre los 700 a 110 kg/ha bajo condiciones de campo, estos híbridos están establecidos en el campo experimental Huimanguillo y se encuentran en producción (Azpeitia, *et al.*, 2018).

Las perspectivas actuales de estudios de cacao en Tabasco, describen morfológicamente accesiones con forma de fruto calabacillo, amelonado, angoleta, cundeamor por parte del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), que implican diferencia en la calidad del grano entre las mismas (López A., Hernández C., y Ramírez G., 2013), ya que conocer la variabilidad morfológica en rasgos asociados al rendimiento como número y peso de grano seco por fruto en diferentes regiones permiten clasificar tradicionalmente al cacao **Fuente especificada no válida..**

Es necesario conocer la amplitud de la variación morfológica del fruto en las plantaciones que prevalecen en la región, el objetivo del presente trabajo es determinar la variación morfológica de frutos y semillas de cacao (*Theobroma cacao L.*) de plantaciones de Huimanguillo y Cunduacán, Tabasco”

## **II. Justificación**

En la actualidad no existen estudios muy amplios en toda la región cacaotera de Tabasco, por lo que en el presente estudio se determinaron las características morfológicas, correlacionadas con su georreferenciación cultivadas en la región Grijalva de Tabasco.

Por lo tanto, fue necesario desarrollar una serie de estudios técnicos de la caracterización de las variedades de cacao presente en los municipios que conforman la denominación de origen del cacao Grijalva. Con base a lo anterior, es importante realizar estudios que permitan conocer desde un punto de vista más amplio como están conformadas las plantaciones en Tabasco, por lo que en el presente trabajo de investigación se propone: localizar plantaciones de genotipos de cacao de alto rendimiento en municipios del Plan Chontalpa (Huimanguillo y Cunduacán, Tabasco), colectar frutos de cacao en la zona de estudio, para determinar el rendimiento de grano de cacao seco por ha. y caracterizarlos.

Los resultados de estos estudios permitirán conocer materiales de cacao de alto rendimiento y calidad para reordenar y redirigir la renovación de plantaciones, así como su establecimiento de nuevas plantaciones, seleccionar sitios para nuevos establecimientos de siembra de nuevas plántulas, transferir innovaciones tecnológicas a los productores en aspectos de prácticas de tecnología de producción, y además estimular el emprendimiento en el campo para su explotación industrial del cacao con estos materiales.

## **III. Objetivos**

### **3.1. Objetivos generales**

Determinar la variación morfológica de frutos y semillas de cacao de plantaciones de Huimanguillo y Cunduacán, Tabasco.

### **3.2. Objetivo específico**

- Georreferenciar las plantaciones de cacao en los municipios de Huimanguillo y Cunduacán, Tabasco.
- Caracterizar frutos y semillas de genotipos de cacao de alto rendimiento.
- Identificar genotipos con características sobresalientes asociadas al rendimiento. La selección e identificación permitirá la localización de los materiales más productivos para su reproducción.

#### **IV. Hipótesis**

- Hipótesis nula: No existen diferencias en las características morfológicas del fruto y la semilla entre plantaciones de cacao en los municipios de Huimanguillo y Cunduacán, Tabasco.
- Hipótesis alterna: Si existen diferencias en las características morfológicas del fruto y la semilla entre plantaciones de cacao en los municipios de Huimanguillo y Cunduacán, Tabasco.

## V. Marco Teórico

### 5.1. Origen del cacao

El cacao (*Theobroma cacao L.*), nativo de la zona alta del río Amazonas en América del Sur, fue domesticado y cultivado por las comunidades indígenas y mestizas de América Central hace más de 3.000 años (Somarriba y Harvey, 2003).

La especie se origina probablemente en la parte superior del territorio amazónico, incluyendo Perú, pero fue domesticada primero en Mesoamérica (Dostert, Roque, Cano, La Torre y Weigend, 2012).

*Theobroma* es un término acuñado por la ciencia; no obstante, su descubrimiento y usos naturales, religiosos, medicinales y hasta económicos ya estaban presente en la cosmovisión mesoamericana, aun antes de su estudio y nombramiento. Tal vez por ello y por la exquisitez de su sabor, Linneo le llamo científicamente así: *Theobroma*, que en griego significa “alimento de los dioses”, lo que reitera la relación entre la ciencia y la cultura (Salas Tornés y Hernández Sánchez, 2015).

### 5.2. Historia

El cacao es un fruto conocido desde las primeras culturas prehispánicas mexicas, y lo llamaban según la cultura, Kakaw (maya), cacahuatl (náhuatl), sí'va (mixteco), etc. estos nombres son algunas de las muchos en que las culturas indígenas han nombrado y adoptado al cacao comopreciado elemento natural dentro de sus usos y costumbres (Herrera y Butanda, 2015).

El cacao tenía un gran valor para los pueblos mesoamericanos, pues lo consideraban un regalo de los dioses. Su fruto equivalía simbólicamente al corazón humano y el chocolate representaba la sangre que circula por nuestro cuerpo. Se le empleaba ceremonialmente en bodas entre miembros de la realeza, acompañaba a los difuntos en su tránsito al inframundo y se le preparaba para celebrar victorias militares o la conclusión exitosa de expediciones comerciales**Fuente especificada no válida..**

Cuenta la leyenda que Quetzalcóatl (dios que simboliza la vida, la luz, la sabiduría, la fertilidad, el conocimiento y considerado el patrón de los vientos y del día) regalo el árbol de cacao a los hombres como recompensa al amor y la fidelidad de su esposa, quien prefirió sacrificar su vida

antes de revelar el lugar en el que estaba escondido el tesoro de la ciudad. Al morir la princesa, su sangre fertilizó la tierra para dar vida al árbol del cacao, en ese entonces llamado cacahuaquahitl (Herrera y Butanda, 2015).

El sabor del fruto era amargo, característica que los ancestros relacionaban con el sufrimiento que había padecido la princesa.

Se presume que fue la civilización olmeca (1500 a 400 a.C.) la primera en descubrir el sabor del cacao, que en forma de bebidas mezclaban con agua y adornaban con especias. También fueron los primeros que comenzaron a cultivar el cacao en México. Con el tiempo, la cultura del cacao se extendió a las civilizaciones maya (600 a.C.) y azteca(1400d.C.)(Herrera y Butanda, 2015).

Las semillas eran utilizadas como unidad monetaria y como unidad de medida, y fue un producto preciado para el paladar y poseedor de importantes propiedades medicinales. Pero las sociedades prehispánicas no solo valoraban estos aspectos, sino además confirieron al cacao cualidades que iban más allá de la mera utilidad y le asignaron un profundo simbolismo (Waizel-Haiat, Waizel-Bucay, y Magaña-Serrano, 2012).

### **5.3. Taxonomía de *Theobroma cacao***

*Theobroma* pertenece a la familia Malvaceae, subfamilia Sterculioideae (antes Sterculiaceae) y comprende 22 especies en seis secciones. Las especies del género *Theobroma* son árboles ramificados con hojas simples y con un fruto indehisciente carnososo (mazorca). El género relacionado *Herrania* forma pequeños árboles no ramificados con hojas palmaticompuestas. Todo el cacao que se cultiva para el mercado mundial se obtiene de formas de la especie *Theobroma cacao* L. Otras especies de *Theobroma* son cultivadas y utilizadas sólo localmente. (Córdova Ávalos, Sánchez Hernández, Estrella Chulím, Sandoval Castro, y Ortiz García, 2001).

Cuadro 1. Clasificación del Theobroma Cacao L.

VARIABLE	CRIOLLO	FORASTERO	TRINARIO
Distribución	Centroamérica, Colombia y Venezuela	América del sur, África y Brasil	África, Asia, Oceanía, América
Forma del fruto	Alargado, con punta pronunciada, doblada y aguda	Redondeada y/o ovalada y corto	Varía
Color de fruto	Verde frecuentemente con salpicaduras de rojo a púrpura oscuro	Verde o amarillo	Varía
Dureza del mesocarpio	Suave	Dura	Varía
Rugosidad del mesocarpio	Áspera o rugosa	Liso	Varía
Número de surco	10	10	10
Color de semilla	Blanco o violeta	Púrpura claro y oscuro	Violeta claro y violeta oscuro
Forma de semilla	Redondeada	Intermedio	aplanada
Sabor de semilla	Dulce	Amargo	Dulces y amargas
Origen	Norte de Sudamérica y Centro América	Cuenca Amazónica	Isla Trinidad del Caribe
Frutos			

Fuente: Elaboración propia con datos de revista agro productividad: floral de cacao (*Theobroma cacao* L.); criollo, trinitario y forastero en México.

### 5.3.1. El género *Theobroma*.

El cacao (*Theobroma cacao L.*) es una planta originaria de América tropical de la familia Malvaceae (Alverson W., Whitlock B., Nyfeller R., y Baum D., 1999), que crece bajo sombra, de acuerdo con la clasificación botánica, el cacao pertenece al género *Theobroma*, especie cacao. Es uno de los legados agro-biológicos más preciados heredado de la cultura Mesoamericana y un recurso genético importante que requiere ser conservado. En México, el estado de Tabasco concentra 68.3 % de la producción nacional de cacao (SIAP,2016); sin embargo, en los últimos 10 años se ha observado reducción en su rendimiento, debido principalmente al hongo *Moniliophthora roreri*. Que ha ocasionado pérdidas de producción de más del 75% y el derribo de plantaciones (Ortiz-García *et al.*, 2015), lo que pone en riesgo la diversidad genética del cacao en el estado.

La mayor diversidad genética del cacao se concentra en el alto amazonas (Motamayor *et al.*, 2008 y Thomas *et al.*, 2012), pero fue en el sur de México donde los Monkayas y Olmecas domesticaron y consumieron cacao por primera vez hace más de 3800 años (1800-1000 a.C.), (Henderson *et al.*, 2007; Powis *et al.*, 2011). Las primeras plantaciones de cacao criollo fueron establecidas por los Mayas, bajo un sofisticado agro ecosistema donde existía gran diversidad en la región de la Chontalpa, Tabasco, el grupo indígena de los Putunes Chontales cultivaron extensas tareas de cacao bajo el esquema artificial de un bosque tropical (Bermann, 1969; Días, 2006).

En Chiapas y Tabasco las primeras introducciones de cacao tipo forastero, con forma los frutos amelonados conocidos como “Ceylán” se realizaron alrededor de 1900 (Enrique, 1985).

El cacaotero es un árbol pequeño (entre cuatro y ocho metros de altura), pero si recibe sombra de árboles grandes puede alcanzar hasta diez metros de alto (UNCTAD, 2003). El fruto de este árbol contiene entre treinta y cuarenta semillas de color marrón-rojizo en el exterior y están cubiertas de una pulpa blanca dulce y comestible. El embrión está formado por dos grandes cotiledones y las sustancias que se encuentran en éstos constituyen el producto comercial. En los tejidos de parénquima de los cotiledones se encuentran los principios estimulantes -la teobromina y la cafeína- en porcentajes de 1 a 0,5% respectivamente. En cuanto a los requerimientos agroecológicos, las condiciones más propicias para el cultivo del *Theobroma cacao L.* se encuentran confinadas a las áreas de los bosques húmedos tropicales, concentrándose su producción en una banda estrecha no mayor de 20° al norte y al sur de la línea ecuatorial. La

temperatura debe mantenerse entre 21° C y 32° C y para tener una buena producción de cacao se requiere una precipitación anual entre 1.150 y 2.500 mm (UNCTAD, 2003).

La planta de cacao inicia su producción aproximadamente a partir del tercero al quinto año de sembrado (dependiendo de la variedad), alcanzando el máximo rendimiento entre el octavo y el décimo año. Sin embargo, el cacaotero es productivo hasta los cuarenta y cinco años de edad, más aún si se emplea un manejo agronómico adecuado. Generalmente se llevan a cabo dos cosechas en un año: la cosecha principal y la cosecha intermedia, siendo esta última menor que la cosecha principal (UNCTAD, 2003).

### **5.3.2. Condiciones Ecológicas.**

Desde el punto de vista del cultivo del cacao, la temperatura y la lluvia son los aspectos ambientales que pueden limitar las zonas aptas para el desarrollo del cultivo, ya que estos son considerados los factores climáticos críticos para su desarrollo. Aunque en algunas zonas geográficas, el viento puede ser el factor limitante de más importancia sin considerar ninguno de los otros. También la radiación solar es considerada un factor importante, aunque esta planta usualmente tiene mejor desarrollo bajo sombra, se ha encontrado en condiciones especiales de luminosidad y bajo sistemas de provisión de agua (riego) que esta puede ser cultivada a plena exposición solar, no obstante, los requerimientos de otros factores no deben de ser olvidados (Johnson, Bonilla, y Castillo, 2008).

### **5.3.3. Hábitats.**

El hábitat natural del cacao es el interior de bosques lluviosos (sub-) tropicales sudamericanos. El hábitat comprende zonas subtropicales secas a humedad, así como zonas tropicales muy secas a húmedas. El cacao se cultiva normalmente a elevaciones bajo los 300 msnm, y en ambientes boscosos especialmente abrigados de Colombia puede alcanzar elevaciones de hasta 900 msnm. (Córdova Á. *et al.*, 2001).

### **5.3.4. Temperatura y precipitación.**

La temperatura y precipitación son los factores más importantes para el desarrollo óptimo de las plantas de cacao. Las plantas reaccionan en forma muy sensible a la cantidad de agua en el suelo y son susceptibles a la sequedad. El cultivo requiere lluvias uniformemente repartidas a lo largo del año de un total de 1500—2000(—2800) mm. Las temperaturas mínimas medias son de

18—21 °C, las máximas de 30—32 °C. Las temperaturas mínimas absolutas son de 10 °C, por debajo de las que las plantas reciben daño. Bajo condiciones climáticas como, por ejemplo, las de África occidental, el cacao puede resistir periodos secos de hasta 3 meses (con precipitaciones < 100 mm). Las condiciones climáticas particulares en Ecuador permiten cultivar cacao en lugares incluso con periodos secos de hasta 5-6 meses; sin embargo, las temperaturas son aquí en promedio más bajas, la humedad del aire más alta y el cielo está normalmente nublado durante los periodos secos (Córdova Á. *et al.*, 2001).

### **5.3.5. Requerimiento hídrico.**

Los requerimientos de agua para el cacao están estimados de entre 1500 a 2500 mm en las zonas bajas y cálidas y de 1000 a 1500 mm en las zonas más altas o frescas. Usualmente a través del mundo en la mayoría de las regiones cacaoteras la cantidad de lluvia excede la evapotranspiración, necesitando esto suelos bien drenados para eliminar el excedente. Igualmente, las distribuciones de las lluvias mensualmente juegan un papel importante tanto como por su falta que como por exceso (Johnson *et al.*, 2008).

Si la época seca se prolonga relativamente en una zona, la cosecha se puede concentrar en períodos cortos, mientras que en lugares donde no existen los períodos secos prolongados, se puede obtener una cosecha permanente durante todo el año usualmente con dos o tres picos de producción no muy pronunciados (Johnson *et al.*, 2008).

### **5.3.6. Circunspección del viento.**

Los vientos son enemigos del cacaotero, vientos constantes o brisas hacen que los cacaotales pierdan agua y las hojas cierran sus estomas y dejan de trabajar, estas entonces se secan y mueren, en vientos intensos las hojas se caen prematuramente, especialmente a una velocidad a más de 4 m/segundo (Johnson *et al.*, 2008).

En zonas costeras donde los vientos son muy comunes en parte del año y pueden alcanzar velocidades considerables, lo más recomendado es el uso de cortinas rompe vientos. En casos donde los vientos son ligeros los mismos árboles de sombra usualmente defienden al cacao lo suficiente como para que estos no sufran daños. El mismo origen del viento también puede ser importante en cómo es afectado el cacaotal, los vientos que vienen del mar usualmente son

húmedos, mientras que los vientos que vienen de tierra adentro, usualmente son muy secos (Johnson *et al.*, 2008).

### **5.3.7. Suelos demandados por el árbol.**

El cacao puede ser cultivado en diferentes tipos de suelo. Generalmente necesita suelos profundos, livianos y ricos en nutrientes. El perfil de suelo debe alcanzar una profundidad de 1(— 1.5) m, para que la raíz pivotante y todo el sistema radicular pueda formarse bien. Además, las plantas de cacao no toleran el anegamiento ni la sequedad. Los suelos no deben, por lo tanto, contener capas impermeables, pero tienen que poseer una buena capacidad de almacenamiento de agua. Las inundaciones son toleradas por las plantas sólo hasta un cierto punto (Córdova Á. *et al.*, 2001).

Los mejores suelos para el cacao comprenden desde aquellos que son considerados suelos arcillosos agregados hasta suelos franco arenosos. Ya que uno de los factores esenciales para el buen crecimiento de las raíces del cacao es una buena aeración, son considerados suelos buenos aquellos en los cuales las raíces se profundicen más de un metro y exista buena aeración (Johnson *et al.*, 2008).

### **5.3.8. Sombra requerida por el cultivo y su mutualismo con otras especies.**

El cacao en estado natural vive en asociación con otras especies de plantas tales como palmeras, árboles y arbustos. Debido a que al cacao usualmente se le ha encontrado creciendo bajo otros árboles y que su cultivo se ha hecho tradicionalmente bajo sombra, se ha dicho que el cacao es típicamente humbrofilo, aunque evidencia experimental ha demostrado que se puede tener cacao sin sombra, pero los parámetros productivos y de crecimiento son muy diferentes a plantaciones bajo sombra (Johnson *et al.*, 2008).

Los efectos y beneficios de la sombra al iniciar la plantación son de reducir la exposición a la luz solar, pero tal vez más importante, reducir el movimiento de aire que puede perjudicar a la planta igual o más que el efecto de luz y temperatura unidos. Una vez que la planta haya crecido para darse auto sombra, la sombra ya no será tan indispensable y puede iniciarse la eliminación paulatina de ella hasta llegar a un punto de equilibrio (Johnson *et al.*, 2008).

Una buena sombra es indispensable, en términos generales el grado de sombra adecuado para el cacao es de 50 a 70% durante el estado de plantío (sombra temporal) mientras que para las plantaciones adultas (siembra permanente) donde la auto sombra entre los árboles de cacao es considerable, la sombra se puede rebajar a un 25 a 35% para un óptimo crecimiento de las plantas (Ramírez-Guillermo, Lagunes-Espinoza, Ortiz-García, Gutiérrez, y Santamaría, 2018).

Cuadro 2. Plantas maderables con doble propósito en el cacao.

<b>Maderables</b>	
<b>Nombre común</b>	<b>Nombre científico</b>
Cedro rojo	<i>Cedrela odorata</i>
Caoba	<i>Swietenia macrophylla Willd</i>
Caracolillo	<i>Dendropanax arborens L.</i>
Tatúan	<i>Colubrina sp.</i>
Palma de corozo	<i>Scheelea liebmanii Bec c .</i>
Guácimo	<i>Guazuma ulmifolia Lam.</i>

Fuente: Elaboración propia con datos de Córdova Ávalos et al., 2001.

Cuadro 3. Plantas frutales utilizadas con doble propósito en el cultivo de cacao.

<b>Frutales</b>	
<b>Nombre común</b>	<b>Nombre científico</b>
Aguacate	<i>Persea americana L.</i>
Mango	<i>Mangifera indica L.</i>
Mamey	<i>Mammea americana L.</i>
Coco	<i>Cocos nusifera L.</i>
Naranja dulce	<i>Citrus sinensis L . Osb.</i>
Naranja agria	<i>Citrus aurantium L.</i>
Pataste	<i>Theobroma bicolor H.&amp; B.</i>
Castaña	<i>Arctocarpus altilis Park. Fosb</i>
Chicozapote	<i>Manilkara zapota L. Royen.</i>
Caimito	<i>Chrysophyllum cainito L.</i>
Guanábana	<i>Annona muricata L.</i>
Guaya	<i>Talisia olivaeformis (H.B.K) Ralchk.</i>

Continuación Cuadro 4. Plantas frutales utilizadas con doble propósito en el cultivo de cacao.

<i>Nombre común</i>	<i>Nombre científico</i>
Mandarina	<i>Citrus nobilis Andr</i>
Marañón	<i>Anacardium occidentale L.</i>
Nanche	<i>Byrsonima crassifolia L. H.B.K.</i>
Papaya oreja de mico	<i>Carica mexicana A.CD . L.</i>
Piña	<i>Ananas comosus L.</i>
Pitahaya	<i>Hylocereus undatus Haworth . Britt.&amp;Rose.</i>
Plátano cuadrado	<i>Musa balbisiana L.</i>
Plátano manzano	<i>Musa sapientum L.</i>
Pomarrosa	<i>Eugenia jambos L.</i>
Tamarindo	<i>Tamarindus indica L.</i>
Guayaba	<i>Psidium guajaba L.</i>
Uspí	<i>Coupera polyandra H.B.K Rose.</i>

Fuente: Elaboración propia con datos de Córdova Ávalos et al., 2001.

Cuadro 5. Plantas de sombra para cultivo de cacao con usos condimentales y bebidas en el cultivo de cacao.

<b>Condimento</b>		
<b>Nombre común</b>		<b>Nombre científico</b>
Pimienta gorda		<i>Pimienta dioica L.</i>
Achiote		<i>Bixa orellana L.</i>
Canela		<i>Cinnamomun zeylanicum Breyn.</i>
Momo		<i>Piper auritum H.B.K.</i>
Perejil		<i>Eryngium foetidum L.</i>
<b>Bebidas</b>		
<b>Nombre común</b>		<b>Nombre científico</b>
Jujó		<i>Passiflora quadrangularis L.</i>
Matalí		<i>Tradescantia zebrina Purpusii.</i>

Fuente: Elaboración propia con datos de Córdova Ávalos et al., 2001.

## 5.4. Botánica de *T. cacao*

### 5.4.1. Árbol de cacao

El árbol frutal de cacao es de tamaño mediano que cuando crece a la sombra puede alcanzar alturas hasta de 20 m. Presenta un tronco recto que se puede desarrollar de formas muy variadas (Figura 1). El árbol de cacao proviene de semilla, emite su primera ramificación entre los 0.80 m a 1.20 m de tres a seis ramas. Si se deja a libre crecimiento, el árbol emite chupones cerca del molinillo, que luego forman un segundo piso ( Avendaño Arrazate *et al.*, 2011).

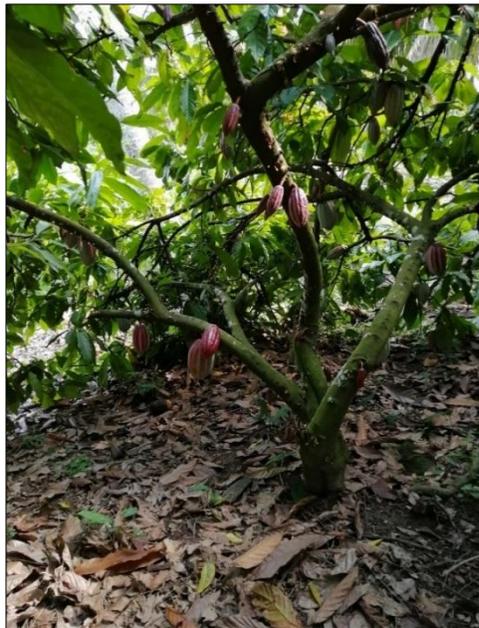


Figura 1. Árbol de *T. cacao*.  
Fuente: Elaboración propia, INIFAP, 2020.

### 5.4.2 Descripción de la raíz.

El cacao tiene una raíz principal o pivotante (Figura 2), que puede crecer hasta 1.20 a 1.50 m. de profundidad y en algunos casos llega hasta 2 metros de profundidad. La mayoría de las raíces secundarias o terciarias se encuentran en los primeros 20-25 cm de profundidad desde ras de suelo, cubriendo estos en forma irregular un área similar a la de la copa del árbol (Johnson *et al.*, 2008).



Figura 2. Raíz principal de plántula de cacao  
Fuente: Elaboración propia, INIFAP, 2020.

#### 5.4.3. Características generales de la hoja.

Las hojas tienen características propias dependiendo del tipo de tallo en que se originan. Las hojas del tronco ortostático comúnmente poseen un pecíolo largo (7 a 9 cm) con dos pulvinos, uno en la inserción del tallo y otro inmediatamente abajo de la lámina, lo cual permite que la hoja se oriente respecto a la luz (Figura 3). Las hojas de las ramas de abanico son de pecíolo corto con un pulvino menos marcado. La distribución de las hojas en el tronco tiene una filotaxia de 3/8, es decir, que a la tercera vuelta la primera y la octava están en el mismo plano; mientras que las de las ramas, están en espiral **Fuente especificada no válida.**

La mayoría de las hojas tienen pigmentación, cuyo color varía desde un verde claro, casi blanquecino, hasta el violeta oscuro. Aparentemente las más pigmentadas se encuentran entre los cacaos criollos y trinitarios y los menos pigmentadas se encuentran en los amazónicos (figura 4). También el ápice y la parte basal de la hoja varían considerablemente en la especie, pero se mantienen constantes en un mismo clon y por lo tanto ayudan a identificarlo (Avendaño A. *et al.*, 2011).

El tamaño de la hoja puede variar mucho, pero esta variación está influenciada por el ambiente donde se desarrolla; así en plantas que crecen bajo poca luz las hojas son más grandes y viceversa: a mayor luminosidad es menor su tamaño (Avendaño A. *et al.*, 2011).



Figura 1. Hoja del árbol de cacao.  
Fuente: Elaboración propia, INIFAP, 2020.

#### **5.4.4. Flor.**

Las inflorescencias están localizadas en la base de las hojas en la zona de la cicatriz y yema axilar que deja una hoja. El cacao florece en las partes viejas o troncos maduros encontrándose muy pocos genotipos que producen en ramas nuevas. Las primeras flores usualmente salen un poco después de que el árbol cumple los tres años de vida, aunque con los híbridos interclonados esto puede suceder en la mitad del tiempo. Aunque hay variedades que florecen solo una parte del año, la mayoría del cacao florece todo el año, influyendo mucho en la floración el ambiente y en los cacaos criollos la genética puede ser de mayor influencia (Johnson *et al.*, 2008).

#### **5.4.5. Fruto.**

El fruto del cacao es el resultado de la maduración del ovario de la flor fecundada. En esta descripción es apropiado indicar que hay frutos que nunca maduran por falta de semillas y abortan; son llamados frutos partenocárpicos. Dentro de su clasificación botánica el fruto de cacao (Figura 4) es una drupa normalmente conocida como mazorca. Tanto el tamaño como la forma de los frutos varían ampliamente dependiendo de sus características genéticas, el medio ambiente donde crece y se desarrolla el árbol, así como el manejo en la plantación. Las mazorcas de cacao por sus formas están clasificadas como: Amelonado,

Calabacillo, Anjoleta y Cundeamor, variando según el tipo o la especie. El número de semillas por fruto es un carácter muy variable y al parecer está altamente influenciado por el ambiente; el número máximo de semillas es el número de óvulos por ovario (Avendaño A. *et al.*, 2011).



Figura 2. Fruto de *T. cacao*.  
Fuente: Elaboración propia, INIFAP, 2020.

#### 5.4.6. Semilla.

Las semillas o almendras son de tamaño variable (1.2 a 3 cm), cubiertas con un mucílago o pulpa de color blanco cremoso, de diversos sabores y aromas (floral, frutal) y grados de acidez, dulzura y astringencia (Figura 5). En el interior de la almendra se encuentran los cotiledones, que pueden ser de color morado, violeta, rosado o blanco, según el genotipo (Avendaño A. *et al.*, 2011).



Figura 3. Forma y color de cotiledón según su genotipo.  
Fuente: Elaboración propia, INIFAP, 2020.

## 5.5. Plagas y enfermedades que afectan el cultivo de cacao.

### 5.5.1. Enfermedades.

Cuadro 6. Principales enfermedades del cacao en México

Enfermedad	Causa	Daño ocasionado	
Mazorca Negra	Hongo del género <i>Phytophthora</i>	Presentan más intensamente en el fruto en el cual la mazorca presenta una mancha de color café oscuro que puede llegar a todo el fruto.	
Moniliasis	Hongo <i>Moniliophthora roreri</i>	Presenta una mancha color café que puede crecer hasta cubrir todo el fruto	
Escoba de Bruja	Hongo <i>Crinipellis perniciosa</i>	Afecta los brotes nuevos, las flores, hojas y frutos del cacao, agrandándose o engrosándose en vez de tener un crecimiento normal	
Mal del Machete	Hongo <i>Ceratocystis fimbriata</i>	Síntomas de la enfermedad son la muerte de varias hojas, las que se ponen cloróticas antes de secarse, seguido de la muerte de las demás hojas hasta que todo el árbol se muere	

Fuente: Elaboración propia con datos de Sánchez C. et al., 2015.

### 5.5.2. plaga.

Se identificaron las plagas que comúnmente afectan el cultivo de cacao en México.

Cuadro 7. Principales plagas que atacan el cultivo de cacao en México.

--	Nombre común	Daños	Control	Muestra
<i>Monalonium dissimulatum</i>	Cuclillo, escarabajo amarillo, chinche o chupador del fruto	Succionan la savia de la parte exterior de las mazorcas, produciendo lesiones que provocan malformaciones, reducción del tamaño y detención del crecimiento de los frutos jóvenes que se marchitan y caen rápidamente	Evitar el exceso de sombra, efectuando podas periódicas, al cacao y al sombrío. Controlar oportunamente las malezas. Promover el control natural efectuado por avispa y otros insectos benéficos.	
<i>Toxoptera aurantii</i>	Pulgones	Ataca tanto a hojas como la inflorescencias o nodos de crecimiento en varias partes del ciclo.	Rociar con parathion-methyl los brotes jóvenes, otra alternativa química sería usar: acephate, dimethoate, ethiofencarb, phosphamidon, lindane, menazon, oxydemeton-methyl y pirimicarb	
<i>Selenothrips rubrocinctus</i>	Trips del cacao	Se alimenta del envés de las hojas, la que raspan para luego succionar sus jugos.	Aplicar clorpirifos o el metomil. Para evitar se recomienda el manejo y control de malezas	
<i>Atta spp.</i>	Hormigas arrieras	Cortan las hojas en forma de media luna. Pueden dejar sin hojas una planta joven en poco tiempo	Atacando los nidos y destruyendo los sitios de alimentación. También rociando agua caliente sobre los panales, cebos con fungicidas son tóxicos para las hormigas en sus caminos.	
<i>Xyleborus ferrugineus</i>	barrenador	ataca los tallos, haciendo túneles o galerías por dentro, si el ataque es en vivero	Sanear los árboles afectados en el momento de la poda. Eliminar las plantas o ramas afectadas, retirándolas y quemándolas.	

Fuente: Elaboración propia con datos de Hernández M. *et al.*, 2014.

## 5.6. Buenas prácticas agrícolas.

### 5.6.1. Siembra.

El óptimo espaciamiento entre los árboles de cacao es aquel que permite un retorno económico positivo por área sembrada. La decisión del espaciamiento de una plantación también es influida por el vigor de los árboles, tipo de material que se ha plantado, las condiciones de sombra, clima y tipo de suelos (Johnson *et al.*, 2008).

Existen espaciamientos desde 2x2 a 5x5 pasando por todos los intermedios dependiendo de los países donde está la plantación, pero uno de los más comunes es el cuadrado de 4x4 o sus variaciones a tres bolillos o triángulos (Johnson *et al.*, 2008).

### 5.6.2. Cosechas.

La obtención del cacao en México se realiza por los productores en pequeña escala, quienes ven en el cultivo de cacao un sistema productivo de subsistencia, en el cual hay poca inversión en insumos, se utiliza mano de obra familiar y la producción es diversificada dentro y fuera de la plantación (Salas Tornés y Hernández Sánchez , 2015).

La recolección es una de las fases más importantes, ya que en ella se debe hacer la identificación de las mazorcas maduras. Este estado se conoce por los cambios de coloración externa, que pueden ser muy ligeros y se corre el riesgo de no cosechar a tiempo las mazorcas que ya han alcanzado su plena madurez. Cabe resaltar que el árbol de cacao rinde varias cosechas al año (Salas Tornés y Hernández Sánchez , 2015), esto se confirma con publicación de Víctor Córdova (2001), el cultivo de cacao rinde dos cosechas por años (Figura 6), estas van por temporada (Córdova Ávalos, Sánchez Hernández, Estrella Chulím, Sandoval Castro, y Ortiz García, 2001).

Cosecha	Temporada
Primera	Septiembre-diciembre
Segunda	Marzo-mayo

Figura 4. Temporadas de cosechas de cacao en México.

Fuente: Elaboración propia con datos de Córdova Avalos *et al.*, 2001.

### 5.6.3. Fermentación.

Para la fermentación el productor luego de extraer las semillas de la mazorca, estas se depositaban en una cubeta o un canasto que facilitaba el escurrido de los granos de cacao en “baba”; para posteriormente ser transportado y depositado en cajones de madera “tollas” para su fermentado (Figura 7) (Córdova A. *et al.*, 2001). La fermentación en cajones se hace en cajas que pueden variar mucho en sus tamaño y dimensiones, la caja donde inicialmente entra el producto debe de tener un buen sistema de drenaje para una rápida eliminación de los exudados durante los primeros días, el piso debe de estar sobre algo impermeable y no debe de descansar sobre el suelo, las cajas deben de estar bajo techo en un lugar bien aireado, pero donde no corran vientos fuertes. (Johnson *et al.*, 2008).

Las semillas de cacao se deben mantener en las cajas durante 6 días, para que su fermentación sea de calidad, durante esos seis días solo se removerán las semillas una o dos veces, según las características de las semillas lo requieran, esto con el objetivo de no producir hongos. El contenido de humedad en el cotiledón y en la pulpa + testa disminuye en el transcurso de la fermentación al utilizar tanto la caja cuadrada (Graziani F., Ortiz Bertorelli, Álvarez N., y Trujillo A., 2002).



Figura 5. Cajas de fermentación de semillas de cacao.

Fuente: Elaboración propia, INIFAP, 2020.

#### 5.6.4. Secado de grano.

El secado al sol es el método más comúnmente empleado en todos los países productores de cacao (Figura 8) y requiere de ocho a diez días según las condiciones climática. El cacao a final del ciclo de fermentación tiene un contenido de humedad de alrededor del 56% por peso, durante el secado subsiguiente, continúan los cambios químicos en la almendra mientras se baja lentamente el contenido de humedad a la almendra hasta llegar a un 6% de humedad. abajo de esto las almendras se vuelven demasiado quebradizas, pero si no se secan a este nivel se vuelven susceptibles a los hongos.

El secado de la almendra puede hacerse de la misma forma que el café, sea esto en patios de secado, sobre plástico o en esteras, pero siempre hay que tener cuidado en no sacar el producto directo al sol el primer día si el día esta extremadamente soleado y caliente (Johnson *et al.*, 2008).



Figura 6. Secado de grano a temperatura solar.  
Fuente: Elaboración propia, INIFAP,2020.

#### 5.7. Importancia del cacao en la alimentación

El cacao (*Theobroma cacao L.*) es un cultivo que sustenta a la industria chocolatera. Es uno de los legados agro-biológicos más preciados heredado de la cultura Mesoamericana y

un recurso genético importante que requiere ser conservado (Ramírez – Guillermo *et al.*, 2018).

El consumo de cacao, inicialmente, y de chocolate, posteriormente, siempre se asoció con beneficios para la salud, tales como el aportar mayor fortaleza, vigor sexual, resistencia al trabajo duro y a las bajas temperaturas, y muchos otros beneficios, aunque inicialmente, sin un fundamento científico probado (Dillinger *et al.*, 2000).

La obra de Sahagún, Historia general de las cosas de la Nueva España, también conocida como «Códice Florentino», se describe de manera detallada el modo de preparación de los distintos brebajes de cacao y se identifican las enfermedades para las cuales era utilizado, entre ellas los dolores estomacales e intestinales; en combinación con el líquido de la corteza del árbol del algodón de seda (*Castilloa elastica*) era utilizado para tratar infecciones. De igual modo, prescribe las semillas del cacao, conjuntamente con maíz y la hierba denominada tlacoxóchitl o Calliandra anomala, para aliviar la fiebre, la respiración jadeante y la debilidad del corazón, (Mejía & Rengifo, 2000; Berg, Ramalho *et al.*, 1994).

## **5.8. Composición nutrimental**

EL cacao contiene aproximadamente un 30% de materia grasa, un 6% de proteínas, un 61% de carbohidratos, y un 3% de humedad y de minerales (fósforo, calcio, hierro), además de aportar vitaminas A y del complejo B. La materia grasa del chocolate es la manteca de cacao, la que contiene un 35% de ácido oleico, un 35% de ácido esteárico, y un 25% de ácido palmítico. El 5% restante está formado por diversos ácidos grasos de cadena corta cuya composición es típica de las diferentes almendras de cacao (Vinson *et al.*, 1999).

El cacao contiene entre 10 y 22% de grasa constituida fundamentalmente por ácidos grasos: oleico, palmítico y esteárico, además de otros ácidos orgánicos; por diversos aminoácidos: alcaloides derivados de la pirazina, otros de tipo purina o metilxantinas (cafeína, teofilina y teobromina); triptamina, tiramina, hordenina, loginmesina, longimamidina, longimamina, metanefrina, octapamina, fenilefrina, metilisoquinolina, salsolina, salsolinol y sinefrina; por compuestos azufrados, fenoles (cumarina, esculetina y catecol), acetofenona, benzaldehído, benzoato de isopentilo; y por terpenos (aceites esenciales), apigenina, linalol, linalool, etc. Elabora además antocianinas, camferol,

campesterol, cianidina, compuestos cianogénicos, dopamina, esteroides (campesterol, ergosterol, sitosterol y stigmasterol), feniletilamina, fosfolípidos, furfural, furfurol, galocatequinas, glicéridos, isoleucina, lecitina, lisina, luteolina, manteca de cacao, mucílagos, oxalatos, pectinas, polifenoles (principalmente flavonoides) como: epicatequina, catequina, quercetina, clovamida y procianidina; prolina, purinas, quercitrina, rutina, salsolinol, serina, serotonina, taninos, tiramina, treonina, trigonelina, vitaminas del complejo B, C y E, vitexina, además de calcio, fósforo y hierro. Tiene alrededor de 300 compuestos volátiles que incluyen ésteres, hidrocarbocarbonos, monocarbonilos, piroles y los componentes importantes de sabor que posee son: ésteres alifáticos, polifenoles, carbonilos aromáticos insaturados, diketopiperazinas, pirazinas y teobromina (Waizel-Haiat *et al.*, 2012; Kalvatchev *et al.*, 1998).

## **5.9. Producción de cacao**

### **5.9.1. Producción y usos a nivel mundial.**

El cacao se cultiva principalmente en África del Oeste, América Central, Sudamérica y Asia. Según la producción anual, recogida por la UNCTAD para el año agrícola 2005/06, los ocho mayores países productores del mundo son (en orden descendente) Costa de Marfil (38%), Ghana (19%), Indonesia (13%), Nigeria (5%), Brasil (5%), Camerún (5%), Ecuador (4%) y Malasia (1%). Estos países representan el 90% de la producción mundial.

México ocupa el décimo cuarto lugar en producción a nivel mundial con 28 mil toneladas con una superficie de 117,000 ha, pero necesita cerca 120 mil toneladas para cubrir su demanda interna **Fuente especificada no válida..**

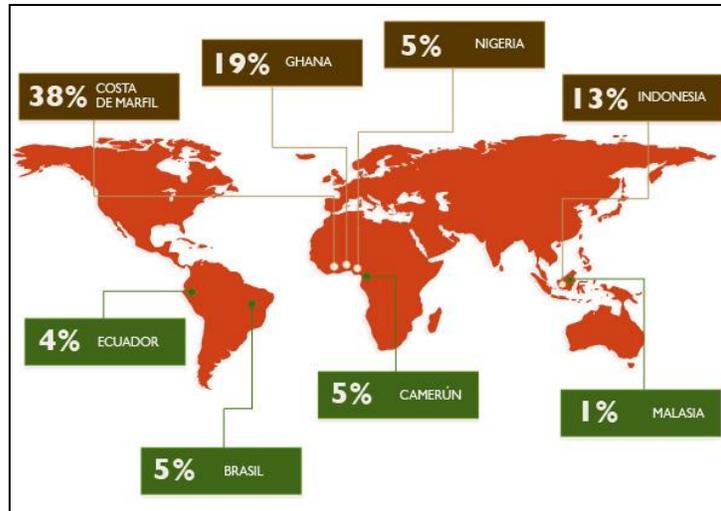


Figura 7. Producción de cacao a nivel mundial.  
Fuente: IICA, 2017.

### 5.9.2. Producción de cacao en México

En México, el área establecida con cacao es de 61,317 ha con una producción de 22,661 t para el año 2009 **Fuente especificada no válida.** La producción entre 2004- 2016 mantuvo decesos entre 2004 a 2016 (figura 10), y el incremento que tuvo la producción de cacao en el 2020 (Figura 11) (CEDRSSA,2020).

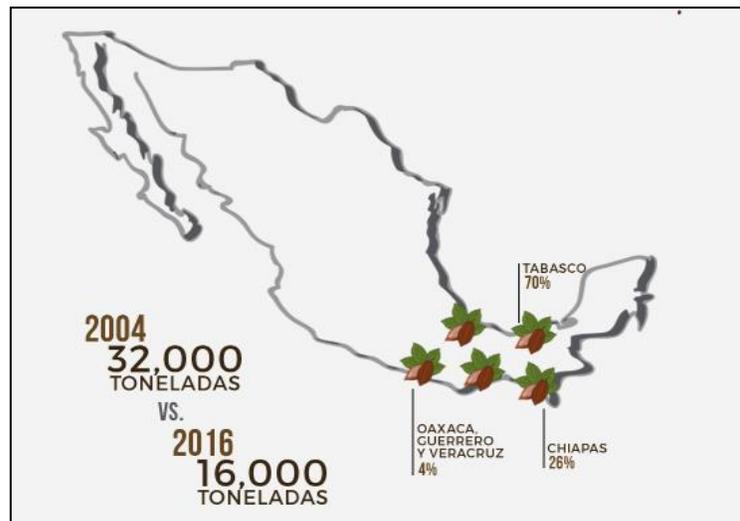


Figura 8. Producción de cacao a nivel nacional.  
Fuente: Chocolatera NESTLE, 2018.

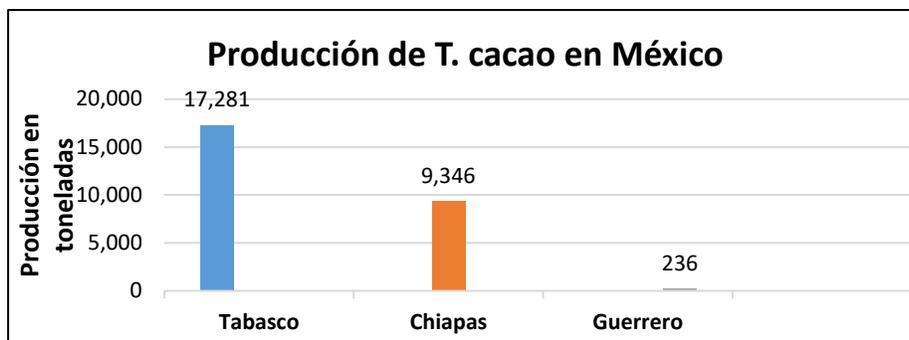


Figura 9. Estados de México productores de cacao.  
Fuente: Elaboración propia con datos de CEDRSSA,2020.

### 5.9.3. producción de cacao en Tabasco.

Los pequeños productores cacaoteros de la región Chontalpa producen el 97% del volumen de cacao del estado de Tabasco, en el 98% de la superficie plantada. Estos productores han trabajado tradicionalmente bajo un esquema de producción campesina diversificada (Bergman 1969; López 1987; Tudela 1992; Córdova *et al.* 2001; Córdova *et al.* 2008).

La producción de cacao en el estado de Tabasco es una actividad profundamente arraigada en la cultura agraria y popular, posee una gran base de conocimiento tradicional y depende grandemente de la organización familiar (Córdova 2005; Córdova *et al.*, 2008).

En Tabasco 10 de los 17 municipios que comprenden el estado se dedican al cultivo del cacao, siendo los más destacados, Comalcalco, Cárdenas, Cunduacán y Huimanguillo los cuales producen en conjunto el 87% de la producción de dicho estado **Fuente especificada no válida..**

### 5.10. Productos derivados del cacao

Los derivados de cacao se definen como productos que se obtienen por extracción, prensado, o pulverización, y que pueden ser tratados químicamente y mezclados o no con azúcares u otros ingredientes (SSA1-SCFI, 2002).

La pasta de cacao es un ingrediente importante en varios tipos de alimentos como el chocolate, pasteles, galletas, helados y dulces, que se consumen principalmente en los países desarrollados (Asiedu, 1991).

La grasa de cacao también llamada manteca de cacao es utilizada particularmente en productos como chocolates, confitería, repostería, cosméticos y en la industria farmacéutica (Guehi *et al.*, 2007).

Los parámetros que influyen en la selección de un determinado tipo de cacao son principalmente los físicos, tales como el tamaño del grano, el porcentaje de cáscara, contenido de grasa, dureza de la manteca y la humedad (Álvarez, 2007).

El grano de cacao es muy rico en grasa, componente cuantitativa y cualitativamente más importante de la semilla (Ortiz y Graziani, 1995; González *et al.*, 1999).

#### **5.10.1 Chocolate.**

El proceso empieza desde la selección de la mazorca de cacao, se fermentan los granos, se lavan y se secan al sol, se tuestan en un comal de barro con leña, se le quita la cascarilla, se pone la brasa debajo del metate y empieza la molienda. Aunque el verdadero secreto está en la perfección de técnica del metlapil, o rodillo de piedra, que sólo las mujeres de edad han logrado conseguir (Salas T. *et al.*, 2015).

#### **5.11. Caracterización morfológica de frutos y semillas de cacao**

Debido al amplio rango de condiciones climáticas y de suelo que hay en Centroamérica, los clones conservarán su carácter experimental hasta que no se corrobore su adaptación en agro-ambientes específicos (CATIE, 2012).

El objetivo de este catálogo es poner a disposición de los agricultores y agricultoras, personal técnico y científico, empresas chocolateras y otros interesados, la información genética, agronómica, morfo-fisiológica y molecular que el PMG y sus colaboradores han generado para los seis clones seleccionados (CATIE, 2012).

Los datos morfo-fisiológicos permitirán distinguir los seis clones, compararlos con otros materiales de interés y corroborar su identidad. En caso de que se requiera una confirmación más contundente se puede hacer uso de la información molecular que se aporta (CATIE, 2012).

### 5.11.1. Caracterización morfo métrica del fruto.

Los parámetros CATIE (2012), a partir de frutos maduros cosechados de los árboles. Los parámetros son:

1) Color de fruto maduro, 2) Forma del ápice (Figura 12), 3) Forma de fruto (Figura 13), 4) Forma de la constricción basal (Figura 14), 5) Rugosidad de la cáscara (Figura 15), 6) Dureza de la cáscara utilizando una escala con los siguientes valores: 3 =suave, 5 = intermedia y 7 =áspera, 7) Peso, 8) Longitud, 9) Diámetro, 10) Peso fresco de las semillas por fruto, 11) Espesor del caballete y 12) Número surco.

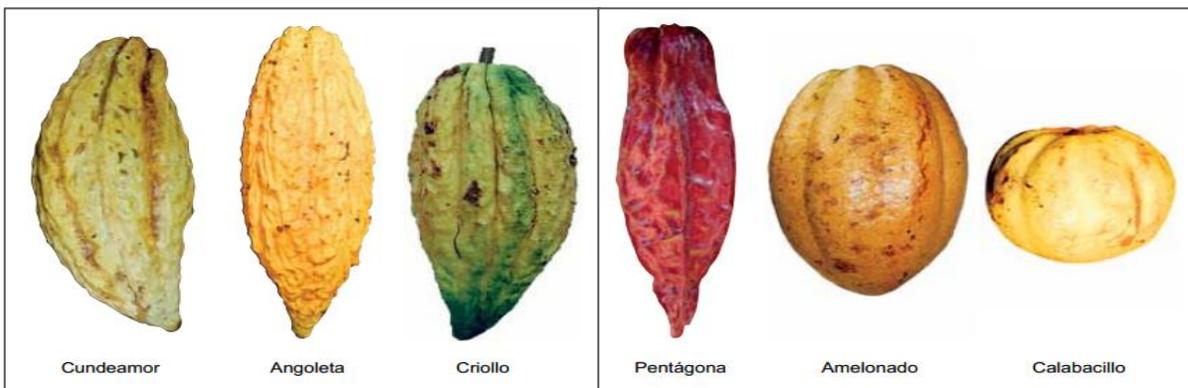


Figura 10. Forma de los frutos de cacao.  
Fuente: CATIE 2012.

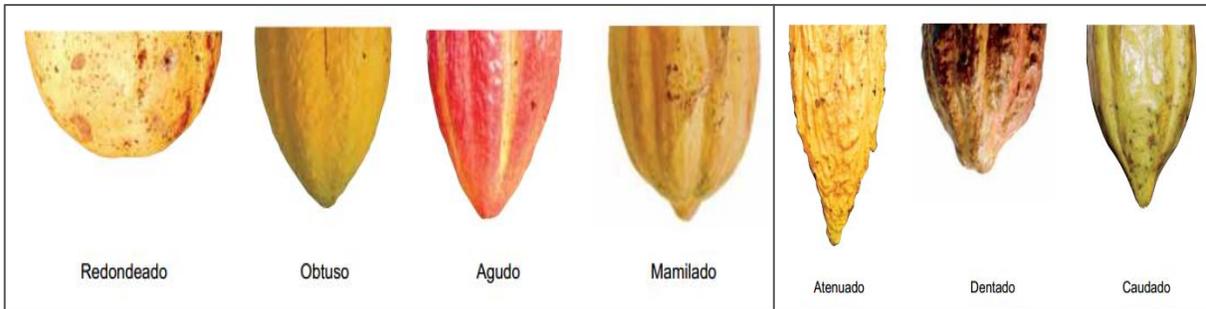


Figura 11. Forma del ápice en frutos de cacao.  
Fuente: CATIE 2012.

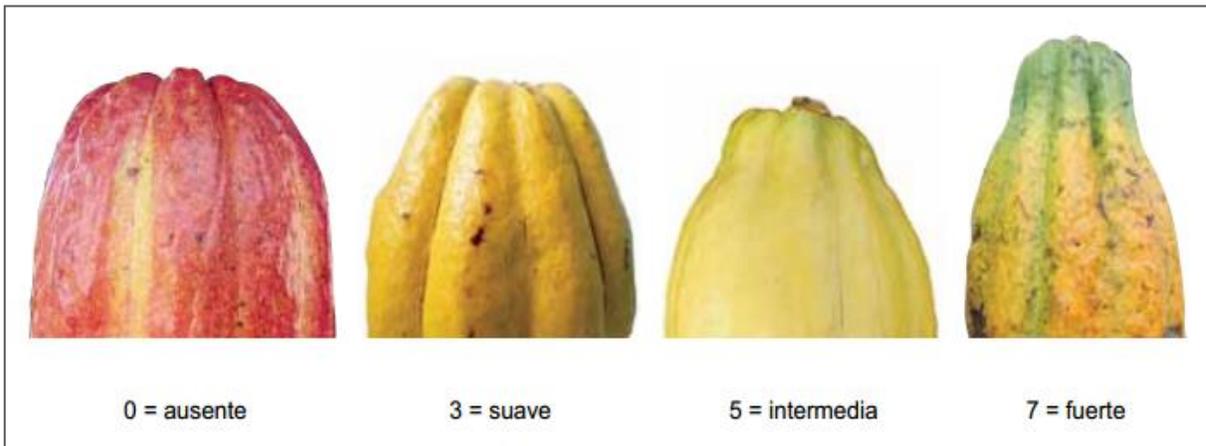


Figura 12. Forma de la constricción basal en frutos de cacao.  
Fuente: CATIE 2012.



Figura 13. Rugosidad de la cáscara en frutos de cacao.  
Fuente: CATIE 2012.

### 5.11.2. Caracterización morfo métrica de la semilla.

Los frutos evaluados se le extrajeron las semillas, eliminando la testa o mucilago con un bisturí, para después determinar los siguientes parámetros CATIE (2012); 1) Color del cotiledón, 2) Forma de la semilla (Figura 16), 3) Forma del corte transversal (Figura 16), 4) Longitud, 5) Diámetro (cm) y 6) Espesor (cm).

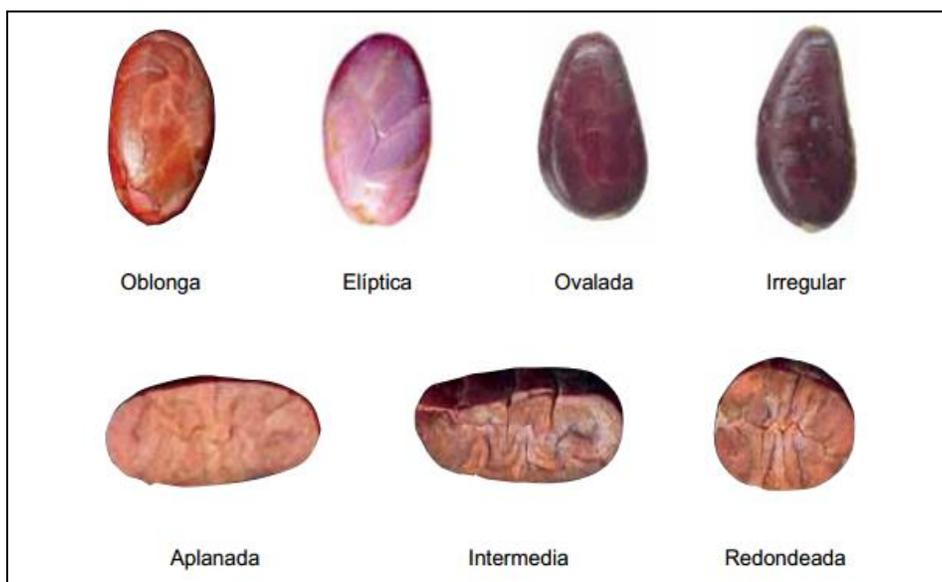


Figura 14. Forma de la semilla (parte superior) y forma del corte transversal (parte inferior).

Fuente: CATIE 2012.

## VI. Materiales y Métodos

### 6.1. Localización del área de estudio

El estudio se realizó en el Instituto Nacional de Investigación Forestal, Agrícola Y Pecuaria, donde se evaluaron las variables morfo métricas de los frutos y semilla. Fruto; se midieron variables cualitativas y cuantitativas, donde se utilizaron herramientas de precisión (Bascula digital analítica, vernier digital, horno de calor de laboratorio). Semilla; se midieron variables cualitativas y cuantitativas (Figura 17).

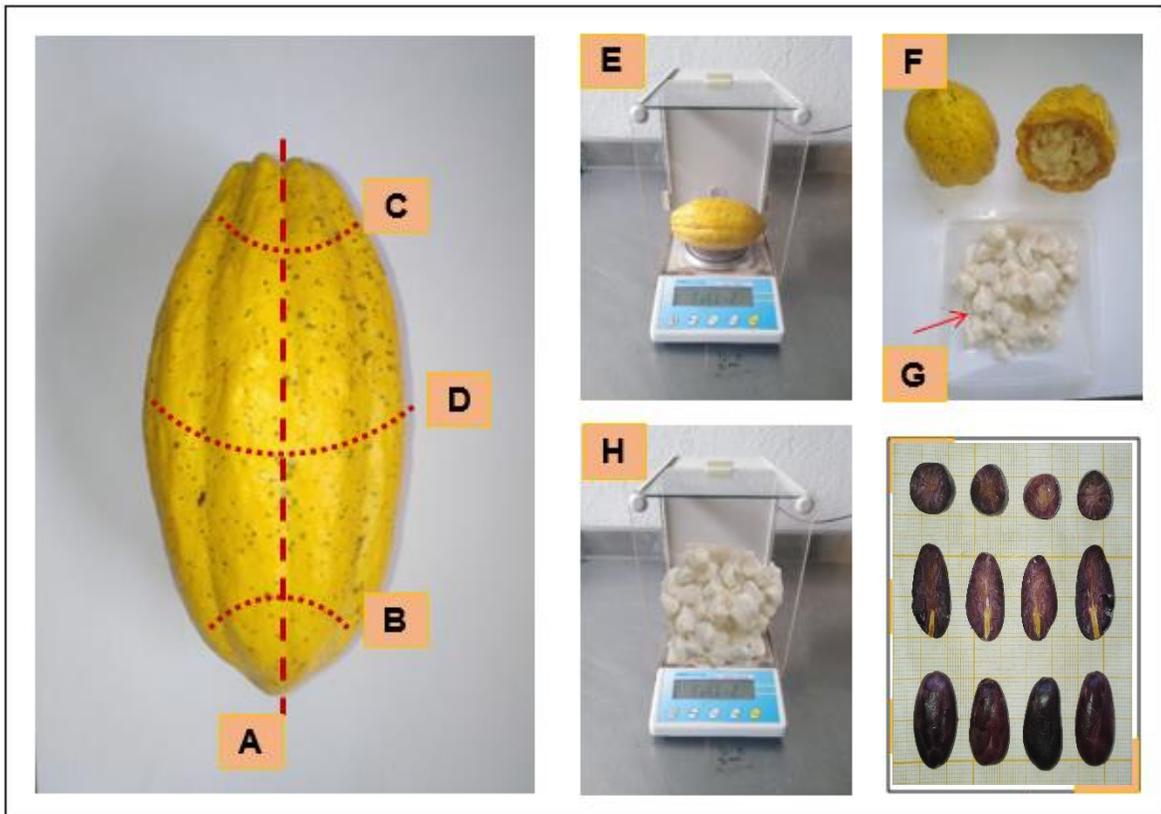


Figura 15. Datos morfo métricos medidos en fruto y semilla: A. Longitud del fruto (cm). B. Forma del ápice. C. Constricción basal. D. Diámetro del fruto (cm). E. Peso (g). F. Numero de semillas por fruto. G. Color del cotiledón. H. Peso de las semillas.

Fuente: Elaboración propia, INIFAP, 2020.

Los frutos que se colectaron en la zona cacaotera del estado de Tabasco, México, están localizado en los municipios Huimanguillo, y Cunduacán. La temperatura media anual es de 28 °C. el clima es tropical cálido húmedo con precipitaciones anuales de 1500 a 3000 mm, con periodos de lluvia (junio a enero) y de sequía (marzo a mayo). En estas áreas, las plantaciones se encuentran principalmente bajo sombra de *Erythrina fusca* (mote), *disphysa*

*robinoide* (chipilcoite), *guazuma ilmifolia* (guasimo), *gliricidia sepium* (cocohite), *musa* sp. (platano), *Cocos nusifera* (cocotero) y *cedral odorata* (cedro rojo) (Ramirez-Meneses *et al.*, 2013). El rendimiento promedio es de 0.42tha<sup>-1</sup>(SIAP,2016).

## **6.2. Selección y colecta de material vegetal**

Dentro de cada plantación, con la ayuda del productor, se identificaron los árboles que tenían mayor producción de frutos. La colecta de fruto se realizó de enero de 2020 a enero de 2021. En total se seleccionaron y muestrearon 5 plantaciones distribuidas en localidades que comprenden los principales municipios cacaoteros de Tabasco.

Como materiales de referencia y para documentar la variación en características del fruto y semilla de las accesiones de cacao se utilizó en manual de CATIE (2012). Los muestreos de los frutos se realizaron en las accesiones del Campo Experimental Huimanguillo del INIFAP.

## **6.3. Caracterización morfológica**

Para la caracterización morfológica se utilizaron frutos maduros disponibles en el tallo del árbol, seleccionando de (10 hasta 20); Además, se tomaron 100 semillas al azar del grupo de frutos colectados por árbol. La caracterización de fruto y semillas se realizó con base en los descriptores del catálogo CATIE (2012), mediante 11 variables al fruto y 8 variables a la semilla. Las cuales se cuantificaron variables cualitativas y cuantitativas colectados por árbol. Las características cualitativas evaluadas en el fruto fueron: forma del fruto (cundeamor, angoleta, criollo, pentágona, amelonada, calabacillo), color de fruto maduro (amarillo verdoso, amarillo, naranjado, rojo medio, rojo oscuro, purpura), presencia de constricción basal (ausente, suave, intermedia, fuerte), forma del ápice (redondeado, obtuso, agudo, mamilado, atenuado, dentado, caudado), rugosidad de mesocarpio (ausente, suave, intermedia, áspera), Dureza del mesocarpio (valores: 3 =suave, 5 = intermedia y 7 =áspera). Las características cuantitativas de frutos evaluadas fueron: largo (cm), diámetro en la parte media (cm), numero de surcos, peso del fruto (g), numero de semillas por fruto (Figura 18).

En la semilla, las características cualitativas evaluadas fueron: la forma (oblonga, elíptica, ovalada, irregular), el color del cotiledón (blanco, crema, rosa, violeta, violeta claro, rojo oscuro, purpura, café), la forma de la sección transversal (aplanada, intermedia, redondeada).

Las características cuantitativas evaluadas fueron: el peso fresco de 100 semillas sin testa (g), peso seco de 100 semillas sin testa (g), largo (mm), ancho (mm), espesor (mm), (Figura 18).

El peso seco de la semilla se tomó después del secado a 60 °C por 48 h.

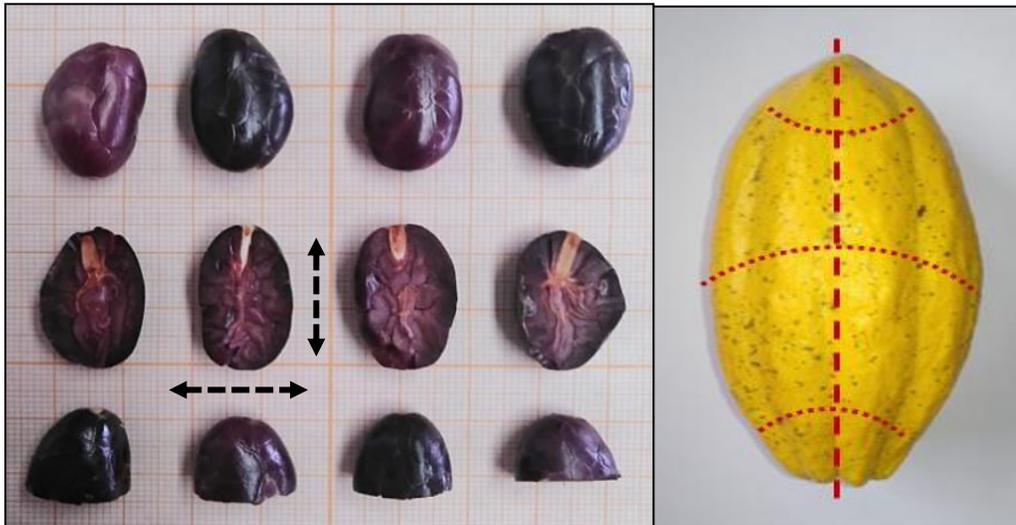


Figura 16. Esquema de fruto y semilla de cacao donde se indica la ubicación de los descriptores morfológicos.

Fuente: Elaboración propia, INIFAP, 2020.

## VII. Resultados y discusión

### 7.1. Localización de plantaciones de cacao en municipios del Plan Chontalpa

Se localizaron plantaciones de cacao registrados en el padrón de productores de cacao registradas por la SADER en los municipios de Huimanguillo y Cunduacán, Tab. México, (Cuadro 8).

Cuadro 8. Localización geográfica de los sitios de colecta de cacao en la Chontalpa, Tabasco.

Productor	Municipio	Localidad	Latitud	Longitud
José Luis Osorio	Huimanguillo	Libertad	17.82798°	93.42818°
Luis Guzmán	Huimanguillo	Libertad	17.82793	93.42821
Mario Jiménez	Huimanguillo	Villa Flores 1era.	17.821309	93.417788
Jonás Zelaya	Huimanguillo	C-40	17° 54' 34.9"	93° 29' 02.9"
Efrén	Cunduacán	Miahuatlán	18.01055°	093.30472°

Fuente: Elaboración propia, INIFAP, 2020.

Las plantaciones localizadas en Huimanguillo y Cunduacán, son plantaciones de edad media aproximadamente entre 5 y 30 años de vida, con una superficie aproximada entre 1 a 15 ha, de cultivo de cacao. Con respecto a la sombra que requiere el cultivo se encontraron que en las plantaciones como sombra permanente Ceiba (*ceiba pentandra L.*), Cedro (*Cedrela odorata*), Macuilis (*Tabebuia rosea*), Cocohite (*Gliricidia sepium*) y Chipilcoite (*Cordia alliodora*), correspondiente al 60 % de sombra.

## 7.2. Georreferenciación de plantaciones de genotipos de cacao de alto rendimiento en municipios de Huimanguillo y Cunduacán, Tabasco.

Se registró con un GPS Garmin las plantaciones de cacao, posteriormente se procesaron en el programa ArcGIS y se elaboró el mapa de georreferenciación de la zona de estudio, (Figura 19).

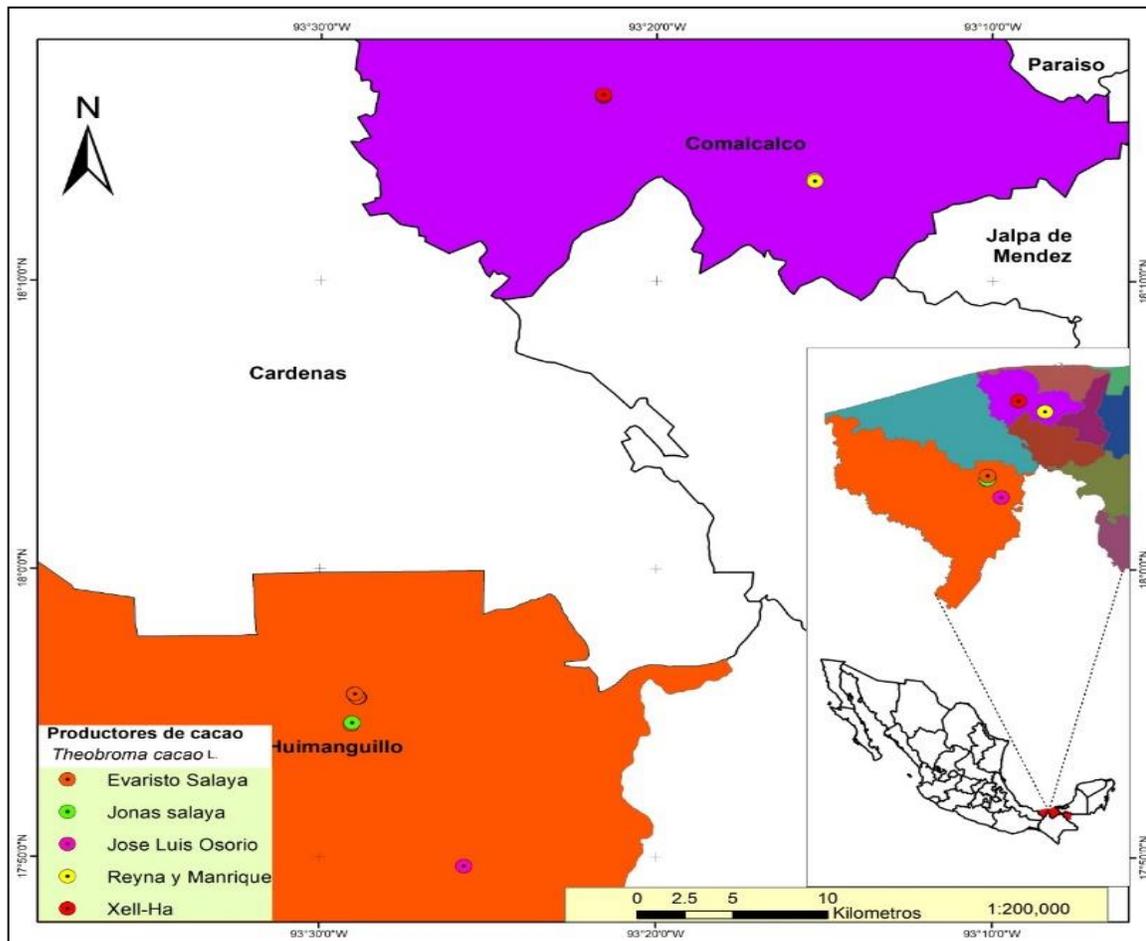


Figura 17. Localización de sitios de colectas de frutos y semillas de cacao en Huimanguillo.  
Fuente: Elaboración propia, INIFAP, 2020.

### 7.3. Caracterización de frutos de plantaciones de cacao en el área de estudio

Con respecto a la caracterización morfológica de frutos y semillas de cacao localizados en Huimanguillo y Cunduacán. A continuación, se presenta las características de los materiales por órgano, planta, plantación y por productor. Al fruto se midieron variables cualitativas y cuantitativas como; color de fruto maduro, forma de constricción basal, forma del ápice, rugosidad de mesocarpio, dureza del mesocarpio, largo de fruto (cm), diámetro de parte media de fruto (cm), número de surcos, peso del fruto (g), número de semillas por fruto, número de frutos por árbol, (Cuadro 8).

Seguidamente se midieron variables cualitativas y cuantitativas a semilla como: forma de semilla, color de cotiledón, peso de 100 semillas sin testa, peso seco de 100 semillas sin testa, largo de semilla (mm), ancho de semilla (mm), espesor de semilla (mm), (Cuadro 4).

Se observó la diversidad morfológica en los frutos de cacao de las plantaciones estudiadas, (Cuadro 8). El color de los frutos de cacao variaron de amarillo, amarillo verdoso a amarillo naranja; la forma predominante de los frutos fueron criollos y amelonados; la forma del ápice fue atenuado, caudado y obtuso; la forma de la constricción basal vario entre suave, intermedio y fuerte; la rugosidad fue de intermedia a áspera; la dureza del mesocarpio varió de intermedia a dura; la longitud del fruto vario entre 19 cm a 25 cm; el peso por fruto vario entre 620 g a 260 g; el grosor del fruto vario entre 21 cm a 31 cm; el número de semillas por fruto vario desde 25 hasta 45; el número de surcos que presentaron los frutos predomino en 10 secciones.

De la forma de los frutos observadas, amelonado fue la más predominante en un 77%, seguido de criollo en 23%. Otros autores en la zona cacaoteras de Tabasco no reportan la forma criolla (Ramírez-Guillermo *et al.*, 2018; López *et al.*, 1987). Brandeum (1970), menciona que posiblemente que una de las razones de ausencia de forma criollo podría ser el avance de la hibridación entre los cacaos criollos presentes en la región con forasteros introducidos, que han formado el complejo trinitario de México, lo que quiere decir que las plantaciones estudiadas conservan esta característica genética. Las otras características de los frutos, como la constricción basal intermedia, rugosidad suave, y ápice obtuso, se encuentra entre lo reportado en otros estudios (Ramírez-Guillermo *et al.*, 2018; López *et al.*, 1987).

Cuadro 9. Caracterización de frutos de plantaciones de cacao de Huimanguillo y Cunduacán, Tabasco.

<b>Código del fruto</b>	<b>No. Fruto</b>	<b>Color del fruto maduro</b>	<b>Forma del fruto maduro</b>	<b>Forma del ápice</b>	<b>Forma de la constricción basal</b>	<b>Rugosidad del mesocarpi o</b>	<b>Dureza del mesocarpi o</b>	<b>Peso de la mazorca (g)</b>	<b>Longitud de la mazorca (cm)</b>	<b>Grosor de la mazorca</b>	<b>Número de semillas por fruto</b>	<b>No. Surco</b>
I	10	Amarillo	Amelonado	Obtuso	Suave	Suave	Intermedia	458	18.18	27.12	41.4	10
III	21	Amarillo naranja	Amelonado	Obtuso	Intermedia	Suave	Intermedia	370	17.19	25.1	42	10
VI	3	Amarillo naranja	Amelonado	Caudado	Suave	Intermedia	Duro	570	20	30.13	35	10
L1-1	7	Amarillo verdoso	Amelonado	Obtuso	Intermedia	Suave	Intermedia	445.71	17.8	27.77	40.14	10
L1-2	7	Amarillo verdoso	Amelonado	Obtuso	Intermedia	Suave	Intermedia	426.57	18.42	27.57	36.85	10
L2-1	11	Amarillo verdoso	Amelonado	Agudo	Suave	Intermedia	Intermedia	488.18	19.1	27.38	38.36	10
L2-2	11	Amarillo verdoso	Amelonado	Caudado	Fuerte	Intermedia	Duro	481.81	18.02	27.4	37.72	10
L3-1	10	Amarillo verdoso	Amelonado	Obtuso	Intermedia	Suave	Intermedia	426	16.85	27.1	36.9	10
L3-2	14	Amarillo verdoso	Amelonado	Obtuso	Intermedia	Suave	Intermedia	357.85	14.85	25.75	35.71	10

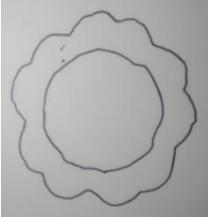
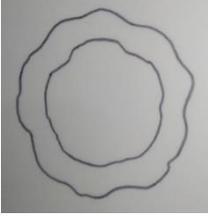
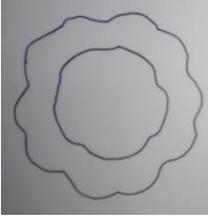
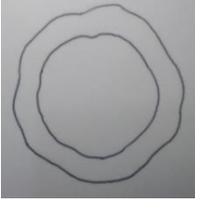
**Continuación de Cuadro 10. Caracterización de frutos de plantaciones de cacao de Huimanguillo y Cunduacán, Tabasco.**

M1	3	Verde claro	Criollo	Caudado	Intermedia	Intermedia	Duro	935.66	25	30	38	10
M6	3	Amarillo verdoso	Criollo	Caudado	Suave	Intermedia	Intermedia	626.66	23.33	29	35.33	10
M20	3	Amarillo claro	Amelonado	Obtuso	Ausente	Ausente	Intermedia	750	21	31	33.33	10
M Cundeamo r	7	Amarillo verdoso	Criollo	Caudado	Fuerte	Áspero	Intermedia	612	22.14	28.85	43.28	10

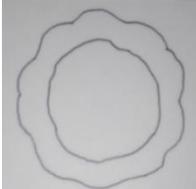
Variables cualitativas = moda, variables cuantitativas = promedio

En el siguiente cuadro se muestran las características cualitativas que presentan los frutos y semillas de las plantaciones muestreadas en Huimanguillo y Cunduacán, Tabasco.

Cuadro 11. Muestras de fruto, forma trasversal y semillas de genotipos de cacao de las localidades estudiadas.

Datos generales	Fruto maduro	Forma del mesocarpio	Forma y color de semilla
<b>Localidad Huimanguillo, código. I</b>			
<b>Localidad Huimanguillo, código. III</b>			
<b>Localidad Huimanguillo, código. VI</b>			
<b>Localidad R/A Huimanguillo, código. L 1-1</b>			
<b>Localidad r/a Huimanguillo, código. L 1-2</b>			
<b>Localidad r/a Huimanguillo, código. L 2-1</b>			

**Continuación del Cuadro 1. Muestras de fruto, forma trasversal y semillas de genotipos de cacao .**

Datos generales		Fruto maduro	Forma del mesocarpio	Forma y color de semilla
Localidad r/a Huimanguillo, código. L 2-2	Libertad, Tabasco,			
Localidad r/a Huimanguillo, código. L 3-1	Libertad, Tabasco,			
Localidad r/a Huimanguillo, código. L 3-2	Libertad, Tabasco,			
Localidad Cunduacán, código. M1	Miahuatlán, Tabasco,			
Localidad Cunduacán, código. M6	Miahuatlán, Tabasco,			
Localidad Cunduacán, código. M20	Miahuatlán, Tabasco,			
Localidad Cunduacán, código. M Cundeamor	Miahuatlán, Tabasco,			

Fuente: Elaboración propia.

#### **7.4. Caracterización de semillas de frutos de cacao en Huimanguillo y Cunduacán, Tabasco.**

En la caracterización de las semillas (VI, M1 y M6), los valores de las variables: peso fresco de semilla con testa y sin testa y peso seco de semilla presentaron diferencia estadística (Tukey 0.05%), respectivamente, (Cuadro, 10). El color de las semillas varió de púrpura intenso, púrpura, amarillo crema; las formas variaron de ovalada, elíptica e irregular.

Los datos de productividad son fundamentales para la selección de genotipos productivos (Chacón de Ramírez *et al.*, 2011). Los resultados encontrados muestran tres genotipos de interés agronómico que presentan peso seco medio de las semillas de 1.046 g a 2.1522 g.

Entre las colectas de alto potencial de producción está el genotipo M1 de plantaciones de Cunduacán Tabasco, peso seco 2.1522 g. por semillas, donde con 11 frutos se puede obtener 1 kg de grano seco. La variación en peso de semilla ha sido observada en plantaciones de Camerún (Efombahn *et al.*, 2009) y de Nigeria (Aikpokpodion, 2010). Similares resultados de rendimiento de grano seco de cacao fueron reportados por reporta Ramírez-Guillermo *et al.*, (2018).

Estos resultados muestran que en las plantaciones de cacao que fueron establecidas por semilla en Tabasco existe aún una amplia diversidad morfológica para características del fruto, que puede enriquecer la existente en los bancos de germoplasma y usarse en programas de mejoramiento genético.

Lo anterior muestra que en las plantaciones en estudio existen árboles que han logrado conjugar características favorables del fruto a lo largo del tiempo, entre ellos el número y peso de semillas que se asocian directamente con el rendimiento en cacao (Cilas *et al.*, 2010).

Cuadro 12. Comparación de Desviación media de semillas de cacao de las diferentes plantaciones muestreadas.

Plantación	Código del árbol representativo	Color de semilla	Forma de semilla	Numero de frutos	Peso fresco de semillas con testa (g)	Peso fresco de semillas sin testa (g)	Peso seco de semillas (g)	Peso seco medio de semilla ST (g)
<b>Huimanguillo C-40</b>	I	Purpura intenso	Ovalada	11	263.43 <b>DE</b>	129.19 <b>J</b>	100.46 <b>E</b>	1.0046 <b>E</b>
<b>Huimanguillo C-40</b>	III	Purpura intenso	Ovalada	21	246.19 <b>G</b>	132.14 <b>I</b>	89.67 <b>H</b>	0.8967 <b>H</b>
<b>Huimanguillo C-40</b>	VI	Purpura intenso	Elíptica	4	383.24 <b>B</b>	159.78 <b>D</b>	118.42 <b>C</b>	1.1842 <b>C</b>
<b>Huimanguillo Libertad</b>	L 1-1	Purpura intenso	Irregular	7	253.07 <b>EF</b>	141.03 <b>G</b>	91.87 <b>G</b>	0.9187 <b>G</b>
<b>Huimanguillo Libertad</b>	L 1-2	Purpura intenso	Irregular	7	320.50 <b>C</b>	155.92 <b>E</b>	105.41 <b>D</b>	1.0541 <b>D</b>
<b>Huimanguillo Libertad</b>	L 2-1	Purpura intenso	Ovalada	11	239.46 <b>FG</b>	134.22 <b>H</b>	90.65 <b>GH</b>	0.9095 <b>G</b>
<b>Huimanguillo Libertad</b>	L 2-2	Purpura intenso	Ovalada	11	260.22 <b>DE</b>	146.53 <b>F</b>	96.92 <b>F</b>	0.9692 <b>F</b>
<b>Huimanguillo Villa Flores</b>	L 3-1	Purpura intenso	Ovalada	10	273.46 <b>D</b>	142.86 <b>G</b>	80.04 <b>I</b>	0.8004 <b>I</b>
<b>Huimanguillo Villa Flores</b>	L 3-2	Purpura intenso	Ovalada	14	256.86 <b>DEF</b>	128.72 <b>J</b>	90.69 <b>GH</b>	0.9069 <b>GH</b>
<b>Cunduacán Miahuatlán</b>	M1	Amarillo crema	Ovalada	3	451.1 <b>A</b>	241.95 <b>A</b>	215.22 <b>A</b>	2.1522 <b>A</b>
<b>Cunduacán Miahuatlán</b>	M6	Purpura intenso	Ovalada	3	248.67 <b>EF</b>	180.87 <b>B</b>	124.59 <b>B</b>	1.2459 <b>B</b>
<b>Cunduacán Miahuatlán</b>	M20	Purpura intenso	Ovalada	3	227.88 <b>G</b>	166.95 <b>C</b>	105.95 <b>D</b>	1.0548 <b>D</b>
<b>Cunduacán Miahuatlán</b>	M Cundeamor	Purpura intenso	Ovalada	7	275.86 <b>D</b>	147.2 <b>F</b>	101.44 <b>E</b>	1.0444 <b>D</b>

Los valores con la misma letra son iguales estadísticamente, Tukey 0.05%

Los genotipos con mayor presencia en índice de rendimiento seleccionados en los sitios de colecta (Cuadro 13), da a conocer las plantas con potencial para ser clonadas y propagadas, debido a su rendimiento por hectárea.

Cuadro 13. Genotipos seleccionados por rendimiento.

<b>Sitio de colecta</b>	<b>Clave de la planta</b>	<b>Georreferenciación de la planta</b>	<b>Número promedio de semillas por mazorca</b>	<b>Peso seco de la semilla</b>	<b>Índice de mazorca</b>	<b>Rendimiento potencial <math>\text{tha}^{-1}</math> (considerando 40 frutos/plata y 1,111 árboles/ha)</b>
Cunduacán Miahuatlán	M1	N 18.01055° W 093.30474°	38	2.15	12.23	3.63
Cunduacán Miahuatlán	M6	N 18.00929° W 093.29858°	35	1.24	23	1.92
Huimanguillo C-40	VI	N 17.92738° W 093.48227°	35	1.18	24.2	1.83

Fuente: elaboración propia.

## VIII. Conclusiones y recomendaciones

### 8.1. Conclusión

Las plantaciones comerciales establecida en Huimanguillo y Cunduacán, Tabasco presentan heterogeneidad genética para la característica frutos y semillas. Sin embargo, fue posible encontrar tres genotipos de interés agronómico: a) M1, b) M6 y c) VI. Estos tres genotipos presentaron un grano seco de 2.15, 1.24 y 1.18 g respectivamente. Estos genotipos tienen un rendimiento potencial de 3.63, 1.92 y 1.83 t.ha<sup>-1</sup>.

En general los colores de los frutos de cacao variaron de amarillo, amarillo verdoso a amarillo naranja; la forma predominante de los frutos fueron criollos y amelonados; la forma del ápice fue atenuado, caudado y obtuso; la forma de la constricción basal vario entre suave, intermedio y fuerte; la rugosidad fue de intermedia a áspera; la dureza del mesocarpio varió de intermedia a dura; la longitud del fruto vario entre 14 cm a 23 cm; el peso por fruto vario entre 620g a 260g; el grosor del fruto vario entre 25 cm a 30 cm; el número de semillas por fruto vario desde 35 hasta 42; el número de surcos que presentaron los frutos predomino en 10 secciones.

Con respecto a las semillas de cacao el color varió de purpura intenso, purpura, amarillo crema; las formas variaron de ovalada, elíptica, irregular; el peso seco medio de semilla sin testa vario de 0.8967g a 2.1522 g por cada semilla.

En resumen, los datos de productividad del genotipo M1 de plantaciones de Cunduacán Tabasco, presento el mayor peso seco 2.1522 g por semillas, donde con 11 frutos aproximadamente se puede obtener 1 kg de grano seco, genotipo con características sobresalientes asociadas al rendimiento.

## **8.2. Recomendaciones**

Las principales recomendaciones son las siguientes:

- Continuar con el estudio de morfológicos de genotipos con características sobresalientes de cacao en toda la región productora de cacao en Tabasco para conocer la su calidad existente.
- Difundir la información de los materiales de cacao existente en el municipio de Huimanguillo, Tabasco.
- Llevar los materiales colectados a procesos de producción de chocolate para determinar su calidad organoléptica.
- Comparar organolépticamente la calidad de los materiales colectados con los que actualmente son de mejor calidad registrada.
- De los materiales estudiados diversificar la producción en otras zonas y condiciones climáticas.
- Realizar estudios de resistencia a la Moniliasis y Mancha negra del cacao.

### **8.3. Experiencia personal profesional adquirida**

- Trabajar en equipo.
- Manejo de buenas prácticas agrícolas en el cultivo de cacao.
- Manejo de procesadora de chocolate.
- Identificación de plagas y enfermedades del cultivo de cacao.
- Trabajo de riego, control de plagas, y podas fitosanitarias a plántulas en biofábrica de cacao.
- Preparación de solución para medios de cultivo.
- Conocimiento en medios de cultivo *in vitro* del cacao.
- caracterización de fruto, semilla y hoja del cacao.

#### **8.4 Competencias desarrolladas y/o aplicadas**

- Conocimiento del manejo y producción de cacao.
- Conocimiento y practica de caracterización de cacao.
- Experiencia y habilidad de realizar trabajos en laboratorio.
- Conocimientos de las metodologías de Proyectos de Investigación.
- Conocimiento y aplicación del método científico en actividades de investigación agrícola.
- Habilidad para elaborar un proyecto y ejecución del mismo.
- Habilidad de síntesis e interpretación de resultados de trabajos de investigación
- Habilidad para traducir y comprender artículos Científicos en inglés y español relacionados en mi área.
- Conocimiento y dominio de investigación de artículos científicos.
- Capacidad de abstracción, análisis y síntesis de información.
- Habilidad en el uso de Tecnologías de la información y de la comunicación.
- Habilidades para buscar, procesar y analizar información procedente de diversas fuentes.
- Capacidad de comunicación oral y escrita con el personal del centro de trabajo.
- Compromiso ético en el trabajo.
- Habilidades de gestión de información habilidad para buscar y analizar información proveniente de fuentes diversas.

## Fuentes de información

- Asiedu, J. J. (1991). La transformation des produits agricoles en zone tropicale : Approche technologique. Wageningen : C.T.A, 335.
- Aikpokpodion P. O. (2010) Variation in agro-morphological characteristics of cacao, *Theobroma cacao* L., in farmers' fields in Nigeria. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science* 38:157- 170, <http://dx.doi.org/10.1080/0028825X.2010.488786>.
- Azpeitia-Morales, A., García-Lascurain, A. N., & López-Ganem, J. (2018). Chocolates inéditos. *Issuu*, 82 p.
- Avendaño Arrazate , C. H., Villarreal Fuentes, J. M., Campos Rojas, E., Gallardo Méndez, R. R., r Mendoza López , A., Aguirre Medina , J. F., . . . Espinosa Zaragoza , S. (2011). Diagnóstico del cacao en México. Estado de México: Grupo Publicitario Imagen Digita.
- Álvarez, C., Pérez , E., & Lares, M. (2007). Evaluación de la calidad comercial del grano de cacao (*Theobroma cacao* L.) Usando dos tipos de. *UDO Agrícola*, 249-256.
- Alverson, W. S., Whitlock, B. A., Nyfeller, R., Bayer, C., & Baum, D. A. (1999). Phylogeny of the core Malvales: evidence from ndhf sequence data. *American Journal of Botany*, 1474-1486.
- Berg, M. E., Ramalho, M. E., Vásquez, R., & Pavón, M. (1994). Anexo 7: principales plantas reputadas como medicinales en la Amazonia. En *Tratado de Cooperación Amazónica*. Obtenido de <http://www.otca.info/publicacao/SPT-TCA-PER-28.pdf>
- Bergmann , J. F. (1969). La distribución del cultivo de cacao en la América precolombina. *Anales de la Asociación de Geógrafos Americanos*, 85–96.
- Bradeau, J. (1978). El cacao. *Técnicas agrícolas y producciones tropicales*. Blume, 89-108.
- CEDRSSA. (24 de enero de 2020). *Industria del cacao en México*. Obtenido de Centro de estudios para el desarrollo rural sustentable y la soberanía alimentaria.
- Chacón de Ramírez I., C. Ramis y C. Gómez (2011) Descripción morfológica de frutos y semillas del cacao Criollo Porcelana (*Theobroma cacao* L.) en el sur del Lago de Maracaibo. *Revista de la Facultad de Agronomía (LUZ)* 28:1-13.

- Chessman , E. (1994). Notes on the nomenclature, classification and possible relationships of cacao populations. *Journal of Tropical Agriculture*, 144-159.
- Cilas C., R. Machado and J. C. Motamayor (2010) Relations between several traits linked to sexual plant reproduction in *Theobroma cacao* L.: number of ovules per ovary, number of seeds per pod, and seed weight. *Tree Genetics and Genomes* 6:219-226, <http://dx.doi.org/10.1007/s11295-009-0242-9>.
- Córdova , A. V. (2005). Organización campesina en la reconversión del cacao tradicional a cacao orgánico en Tabasco, México. En: Aragón GA, López–Olguín JF, Tapia AM (eds) Manejo agroecológico de sistemas. Dirección de fomento editorial, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, 180 .
- Córdova , A. V., Mendoza Palacios , J. D., Vargas Villamil , L., Izquierdo Reyes , F., & Ortiz García , C. F. (2008). Participación de las organizaciones campesinas en el acopio y comercialización del cacao (*Theobroma cacao* L.) En Tabasco, Mexico. *Universidad y Ciencia*, 147–158.
- Córdova Ávalos, V., Sánchez Hernández, M., Estrella Chulím, N., Sandoval Castro, E., & Ortiz garcía, c. (2001). factores que afectan la producción de cacao( *theobroma cacao* l.), en el ejido francisco i. madero del plan chontalpa, tabasco, méxico. *Universidad y ciencia*, 34(17).
- Díaz del C. B. (2006). Historia verdadera de la conquista de la nueva España. Colección Literaria Universal, 773.
- Dillinger, T., Barriga, P., Escárcega, S., Jiménez, M., Salazar, D., & Grivetti, L. (2000). Food of the Gods: Cure for the humanity? A cultural history of the medicinal and ritual use of chocolate. *J Nutr*, 2057- 2072.
- Dostert, N., Roque, J., Cano, A., La Torre , M., & Weigend , M. (2012). Hoja botánica: Cacao. En N. Dostert, J. Roque, A. Cano, M. La Torre, & M. Weigend, Hoja botánica: Cacao (F. Luebert , Trad., pág. 18). Lima, Perú, Perú: Giacomotti Comunicación Gráfica S.A.C. Recuperado el 14 de 05 de 2020
- Efombagn M. I. B., O. Sounigo, A. B. Eskes, J. C. Motamayor, M. J. Manzanares- Dauleux, R. Schnell and S. Nyassé (2009) Parentage analysis and outcrossing patterns in cacao (*Theobroma cacao* L.) farms in Cameroon. *Heredity* 103:46-53, doi:10.1038/hdy.2009.30.

- Enríque, G. A. (1985). Curso sobre el el cultivo de cacao. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, 239.
- FAO. (2009). Direccion estadísticas 2011. Obtenido de <https://www.faostat.org>
- Gómez Pompa, A., Flores, J. S., & Aliphath, M. (1990). The sacred cacao grove of the Maya. *Latin American Antiquity*, 247-257.
- González, F., Ortiz de Bertorelli, L., Graziani de Fariñas , L., & Monteverde-Penso, E. (1999). Nfluencia del índice de cosecha de la mazorca sobre algunas características de la grasa de dos cultivares de cacao. *Fac. Agron*, 159-171.
- Graziani de Fariñas, L., Ortiz de Bertorelli, L., Álvarez, N., & Trujillo, A. (2003). Ermentación del cacao en dos diseños de cajas de madera. *Agronomía Trop*, 175-187.
- Guehi, T. S., Dingkuhn , M., Cros , E., Fourny , G., Ratomahenina , R., Moulin , G., & Clément , A. (2007). Identification and lipase-producing abilities of moulds isolated from ivorian raw cocoa beans. *Journal of Agriculture and Biological Sciences*, 838-843.
- Henderson, J. S., Joyce, R. A., Hall, G. R., Hurst, W. J., & mcgovern, P. E. (2007). Chemical and archaeological evidence fot the earliest cacao beverages. *National Academy of Sciences of the United States of America*, 18937-18940.
- Herrera, T., & Butanda, A. (2015). La botánica en México, Cosmos, Enciclopedia de las ciencias y la tecnología en México. *Enciclopedia de las ciencias y las tecnologia en México*, 34-41. Obtenido de <http://www.izt.uam.mx/cosmosecm/BOTANICA.html>
- Johnson, J., Bonilla, J., & Castillo, L. (2008). Manual de manejo y producción del cacaotero. Nicaragua.
- Kalvatchev , Z., Garzaro , D., & Guerra , C. F. (1998). Theobroma cacao L.:Un nuevo enfoque para nutrición y salud. *Agroalimentaria*, 23-25. Obtenido de [http://www.saber.ula.ve/bitstream/123456789/17703/1/articulo6\\_2.pdf](http://www.saber.ula.ve/bitstream/123456789/17703/1/articulo6_2.pdf)
- Kun , J., Dapeng , Z., Lambert , A., Motilal, Michel , B., Philippe , L., . . . Meinhardt. (2012). Genetic diversity and parentage in farmer varieties of cacao (*Theobroma cacao* L.) From Honduras and Nicaragua as revealed by single nucleotide polymorphism (SNP) markers. *Genet Resour Crop Evol*. Doi:DOI 10.1007/s10722-012-9847-1

- López , M. R. (1987). El cacao en Tabasco. 1a ed. Universidad Autónoma de Chapingo, 186.
- López A., P. A., Hernández, C., & Ramírez G., M. A. (2013). Caracterización de las variedades de cacao en Tabasco. INIFAP-SAGARPA, 25.
- Lopez- Baez, O., Bollon, H., Álvares, M., & Petiard, V. (1996). Ex vitro performance a nuclear DNA ploidy of cocoa plants regenerated by somatic embryogenesis. Proceedings, 589-594.
- Mejía , K., & Rengifo, E. (2000). Plantas medicinales de uso popular en la amazonía peruana. En K. Mejía, & E. Rengifo, Plantas medicinales de uso popular en la amazonía peruana (pág. 286).
- Motamayor, J. C., Lachenaud, P., da Silva e Mota, J. W., Loor, R., Kuhn, D. N., Brown, J. S., & Schnell, R. J. (2008). Geographic and genetic population differentiation of the Amazonian chocolate tree (*Theobroma cacao* L.). Plos ONE, e3311.
- NOM-186-SSA1/SCFI-2002. (2002). Productos y servicios. Cacao, productos y derivados.
- Ortiz- García, C. F., Torres de la Cruz, M., & Hernández Mateo, S. C. (2015). Comparación de dos sistemas de manejo del cultivo de cacao, en presencia de *Moniliophthora roreri*, en México. Revista Fitotecnia Mexicana, 191-196.
- Ortiz de Bertorelli, L. y Graziani de Fariñas, L. 1995. Caracterización física y química de genotipos de cacao del estado Aragua. Instituto de Química y Tecnología. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. Mimeografía. 16 p.
- Phillips-Mora, W., Arciniegas-Leal, A., Mata-Quirós, A., & Motamayor-Arias, J. C. (2012). Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Programa de Mejoramiento Genético de Cacao, 68.
- Powis, T. G., Cyphers , A., Gaikwad, N. W., Grivetti, L., & Cheong, K. (2011). Cacao use and the San Lorenzo Olmec. National Academy of Science of the United State of America, 8595-8600.
- Ramírez Menenses, A., García López, E., Obrador Olán, J. J., Ruiz Rosado, O., & Camacho Chiu, W. (2013 ). Diversidad florística en plantaciones agroforestales de cacao en Cárdenas, Tabasco, México. Universidad y ciencia, 215-230.

- Ramírez-Guillermo, M. Á., Lagunes-Espinoza, L. C., Ortiz-García, C. F., Gutiérrez, O. A., & Santamaría, R. D. (2018). Variación morfológica de fruto y semilla de cacao (*Theobroma cacao* L.) De plantaciones en Tabasco, México. *Rev. Fitotec. Mex.*, 117- 125.
- Salas Tornés, J., & Hernández Sánchez, Y. (2015). CACAO, UNA APORTACIÓN DE MÉXICO AL MUNDO. *Ciencia*, 66-3, 32-39.
- SIAP, Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. (2016). Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. Servicio de información Agroalimentaria y Pesquera, SAGARPA.Cd. De México.
- Somarriba, E., & Harvey, C. (2003). ¿Cómo integrar producción sostenible y conservación de. *Agroforestería en las Américas*, 12-17.
- Soria V. J. (1961) Anotaciones sobre un viaje a las zonas productoras de cacao en México. Informe No. 44-E. (Mimeografiado). Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. Turrialba, Costa Rica. 18 p.
- Thomas E., M. van Zonneveld, J. Loo, T. Hodgkin, G. Galluzzi and J. van Etten (2012) Present spatial diversity patterns of *Theobroma cacao* L. in the neotropics reflect genetic differentiation in pleistocene refugia followed by human-influenced dispersal. *PLoS ONE* 7(10):e47676, <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0047676>.
- Tudela, F. (1992). La modernización forzada del trópico: El caso Tabasco. Proyecto Integrado del Golfo. Instituto Politécnico Nacional. Federación Internacional de Institutos Estudios Avanzados. Instituto de Investigaciones de las Naciones Unidas para el Desarrollo Social, 478.
- UNCTAD. (2003). United Nations Conference on Trade and Development.
- Vinson, J. A., Proch, J., & Zubik, L. (1999). Phenol antioxidant quantity and quality in foods: cocoa, dark chocolate, and milk chocolate. *J Agric Food Chem*, 4821-4824.
- Viviant, V. (2015). Chocolate: sus mitos y verdades. *Nutrinfo*. Obtenido de <<http://www.nutrinfo.com/biblioteca/monografias/gen04-01.pdf>

Waizel-Haiat, S., Waizel-Bucay, J., Magaña-Serrano, J. A., Campos-Bedoya, P., & San Esteban-Sosa, J. E. (julio-septiembre de 2012). Cacao y chocolate: seducción y terapéutica. *Mediagraphic*, 236-245.

Hernández, M. J., Nava, D., Hernández, G., Arrazate, A., & López, G. (2014). Evaluación del efecto de las principales plagas en la diversidad del cacao criollo. *INIFAP*, 55.

## Anexos



Figura 18. Colecta de frutos maduros en R. Libertad, 2019.



Figura 19. Caracterización de frutos colectados INIFAP, 2019.



Figura 20. Caracterización de semillas INIFAP, 2019.



Figura 21. Secado de grano al sol INIFAP, 2019