



EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO

Instituto Tecnológico de Huimanguillo

Huimanguillo, Tabasco, 25/marzo/2022
OFICIO No. (ITHUI/DEP/010/2022)

C. JESÚS ANTONIO GARCÍA ARIAS
EGRESADO DE LA CARRERA DE INGENIERIA EN INNOVACION AGRICOLA SUSTENTABLE
PRESENTE

De acuerdo con el fallo emitido por la Comisión revisora, integrada por la H. Academia de Ingeniería en Innovación Agrícola Sustentable. Considerando que cubre con todos los requisitos del Lineamiento de Titulación en vigor. Damos a usted nuestra autorización para que proceda a imprimir su proyecto de Titulación Integral denominado:

"Estudio para la selección de genotipos de cacao en Huimanguillo, Tabasco."

Hago de su conocimiento lo anterior para sus efectos correspondientes.

A T E N T A M E N T E
Excelencia en Educación Tecnológica.
"DONDE MORA EL SABER MORA LA PATRIA" ®

BRAULIO ALBERTO MATEOS GALLEGOS
JEFE DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES
DEL TECN CAMPUS HUIMANGUILLO



EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO

TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE HUIMANGUILLO

**DIVISIÓN DE ESTUDIOS
PROFESIONALES**

ccp. Archivo/DEP



Carretera del Golfo Malpaso - El Bellote, Km. 98.1, R/A Libertad, CP. 86400, Huimanguillo, Tabasco.
e-mail: dir01_huimanguillo@tecnm.mx, www.tecnm.mx | www.huimanguillo.tecnm.mx



2022 Flores
Año de Magón
PRECLASIFICADOR DE LA REVOLUCIÓN MEXICANA



“ESTUDIOS PARA LA SELECCIÓN DE GENOTIPOS DE CACAO EN HUIMANGUILLO, TABASCO”

TITULACIÓN INTEGRAL BAJO LA OPCIÓN:
TESIS

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

PRESENTA:
JESÚS ANTONIO GARCÍA ARIAS

HUIMANGUILLO, TAB. MEX.
ABRIL, 2022



RSGC - 928

Fecha de Inicio: 2015-08-22
Fecha de Último Ciclo: 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: 2021-08-22



Número de registro: RPHL-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,
www.tecnm.mx |
www.huimanguillo.tecnm.mx



Agradecimientos

AL INIFAP- Campo Huimanguillo por darme la oportunidad de realizar mi proyecto de titulación, por el apoyo y la confianza.

Al Instituto Tecnológico de Huimanguillo, por mi formación académica.

Al Dr. Alfonso Azpeitia Morales por permitirme trabajar con él, por ser un investigador responsable que se esfuerza por hacer bien su trabajo, con amor y dedicación, por compartir su conocimiento, por estar siempre atento, por motivarnos a seguir preparándonos y sobre todo porque es un buen ser humano.

A la M.C. Lorena Vázquez Hernández por apoyarme y estar pendiente de mi trabajo, porque es una excelente docente, y por sus consejos que me brindo para salir adelante.

Al director de INIFAP, el Dr. Jorge Martínez Herrera quien nos dio la oportunidad de trabajar con ellos, por darnos la confianza, por su motivarnos a luchar por nuestros sueños y ser un buen ejemplo para nosotros como estudiantes.

A la M.C. Maricela Pablo Pérez por su excelente trabajo como docente, por su conocimiento que me ayudó mucho en mi preparación.

Al Ing. José Notario Torres por ser un excelente maestro, es uno de los maestros que se esfuerza por hacer bien su trabajo como docente, por su enseñanza en las aulas y sobre todo por ser un amigo.

Al Ing. Jedive Abarca Córdova por su apoyo incondicional, por sus buenos consejos que fueron útil en esta etapa y por recordarme siempre a donde quería llegar.

Al resto de los maestros porque cada uno de ellos fue pieza clave para mi formación, a todos ellos les agradezco mucho.

A los productores quienes fueron muy importante para que este proyecto se llevara a cabo, por permitirnos ingresar a sus plantaciones, por su amabilidad y por sus trabajos que ellos realizan día con día, cuidando sus cultivos.

Dedicatoria

A Dios por darme la vida, la capacidad y las fuerzas para terminar una meta más.

A mis padres por ser un gran ejemplo, por esforzarse siempre en darme lo mejor y que yo pudiera terminar mis estudios, por sus consejos y por ese amor que siempre me han dado.

A mis Hermanas por motivarme a cumplir mis sueños, que también han sido un ejemplo para mí y sobre todo por el amor que me han brindado.

A mi novia por ese apoyo incondicional, por su paciencia, por su amor y por saber esperar.

A mis amigos y compañero, por cada etapa que pasamos juntos, porque siempre supimos esperar y permanecer en esta carrera tan importante.

Índice de contenido

Hoja de firmas.....	¡Error! Marcador no definido.
Agradecimientos	i
Dedicatoria.....	ii
Índice de Cuadros	v
Índice de Figura	v
Resumen.....	vii
Abstract.....	viii
I. Introducción.....	1
II. Justificación.....	2
III. Objetivos	3
3.1. Objetivo General.....	3
3.2. Objetivos Específicos.....	3
IV. Hipótesis	4
V. Marco teórico	5
5.1. Antecedentes	5
5.2. Taxonomía	6
5.3. Descripción botánica.....	6
5.3.1. Tallo.....	7
5.3.2. Hoja.....	7
5.3.3 Raíz.....	8
5.3.4. Inflorescencia.....	8
5.3.5. Flor.....	9
5.3.6. Fruto.....	10
5.3.7. Cascara.....	11
5.3.8. Semilla.....	11
5.4. Buenas prácticas agrícolas.....	11
5.5. Tipología del cacao	12
5.5.1. Cacao criollo.....	13
5.5.2. Cacao forastero.....	13
5.5.3. Cacao trinitario.....	13

5.6. Propagación del cacao.....	13
5.6.1. Propagación sexual.....	14
5.6.2. Propagación asexual.....	14
5.6.3. Híbridos y clones.....	14
5.6.4. Propagación in vitro.....	14
5.7. Clones resistentes.....	15
5.8. Clones recomendados	15
5.9. Caracterización de semilla.....	15
5.9.1 Caracterización molecular (<i>Tehobroma cacao</i> L.).....	15
5.10. Importancia económica.....	16
5.11. Importancia del cacao en Tabasco	16
5.12. Productos y subproductos obtenidos de la manufactura del <i>Tehobroma cacao</i> L.....	17
VI. Materiales y métodos.....	19
6.1. Ubicación del trabajo.....	19
6.2. Obtención de la materia prima.....	19
6.3. Procedimiento	19
6.3.1. Medición de mazorcas.....	19
6.3.2. Peso de mazorca.....	19
6.3.3. Identificación de mazorcas.....	20
6.3.4. Número de semillas.....	20
6.3.5. Peso de semillas.....	20
6.3.6. Identificación de semillas.....	21
6.3.7. Corte de semilla.....	21
VII. Resultados y discusiones.....	22
7.1. Caracterización de frutos de genotipos estudiados, forma, pesos, color, tamaño.....	23
7.2. Caracterización de semillas en genotipos estudiados forma, pesos, color, tamaño.....	24
7.3. Selección de genotipos con base a características de alta productividad e indicadores de calidad.....	26
7.4. Discusión.....	27
7.5. Genotipos estudiados.....	28
VIII. Conclusiones y recomendaciones	36

8.1. Conclusiones del proyecto	36
8.2. Recomendaciones	37
Literatura citada	38
Anexos	43

Índice de Cuadros

Cuadro 1. La clasificación taxonómica.....	6
Cuadro 2. Clones recomendados para Chiapas y Tabasco.	15
Cuadro 3. Coordenadas y geoposicionamiento de plantaciones.	22
Cuadro 4. Caracterización de frutos estudiados, forma, pesos, color, tamaño.	23
Cuadro 5. Caracterización de semillas en genotipos estudiados forma, pesos, color, tamaño.	24
Cuadro 6. Selección de variedades, con características de alta productividad.	26

Índice de Figura

Figura 1. (Tallo) Plantación de la localidad del C-40, municipio de Huimanguillo.....	7
Figura 2. (Hoja) Muestras obtenidas de la localidad C-40, Municipio de Huimanguillo.....	7
Figura 3. (Raíz) Planta de cacao, INIFAP-Huimanguillo.....	8
Figura 4. (Inflorescencia) Planta de cacao, INIFAP- Huimanguillo.	9
Figura 5. (Flor) Muestra de flores de cacao en INIFAP- Huimanguillo.....	10
Figura 6. (Fruto) Muestra de la localidad, paredón Huimanguillo.	10
Figura 7. (Semilla) Forma y corte trasversal.	11
Figura 8. Pesado de fruto.	20
Figura 9. Pesado de semilla.	20
Figura 10. Vernier digital utilizado para medición de semilla.....	21
Figura 11. Genotipo con clave EA1, mostrando su fruto, semilla y forma trasversal.	28
Figura 12. Genotipo con clave EA2, mostrando su fruto, semilla y forma trasversal.	28
Figura 13. Genotipo con clave EA3, mostrando su fruto, semilla y forma trasversal.	29
Figura 14. Genotipo con clave EA5, mostrando su fruto, semilla y forma trasversal.	29
Figura 15. Genotipo con clave EA6, mostrando su fruto, semilla y forma trasversal.	30
Figura 16. Genotipo con clave Ceylán, mostrando su fruto, semilla y forma trasversal.	30

Figura 17. Genotipo con clave C1, mostrando su fruto, semilla y forma transversal.....	31
Figura 18. Genotipo con clave C3, mostrando su fruto, semilla y forma transversal.....	31
Figura 19. Genotipo con clave C4, mostrando su fruto, semilla y forma transversal.....	32
Figura 20. Genotipo con clave C5, mostrando su fruto, semilla y forma transversal.....	32
Figura 21. Genotipo con clave P1, mostrando su fruto, semilla y forma transversal.	33
Figura 22. Genotipo con clave P2, mostrando su fruto, semilla y forma transversal.	33
Figura 23. Genotipo con clave P3, mostrando su fruto, semilla y forma transversal.	34
Figura 24. Genotipo con clave PB, mostrando su fruto, semilla y forma transversal.	34
Figura 25. Genotipo con clave PB1, mostrando su fruto, semilla y forma transversal.	35
Figura 26. Corrida de datos, peso fresco de 100 semillas con testa, mediante el programa FEUANAL.....	43
Figura 27. Corrida de datos, peso fresco de 100 semilla sin testa, mediante el programa FUANAL.	43
Figura 28. Corrida de datos, Peso seco de 100 semillas sin testa, mediante el programa FEUNAL.	44
Figura 29. Corrida de datos, peso medio de una semilla, mediante el programa FEUANAL.....	44
Figura 30. Visita a plantación del productor Evaristo Salaya.....	44
Figura 31. Colectas de fruto en plantaciones del productor Evaristo Salaya en el poblado C-40, Huimanguillo.	44
Figura 32. Plantaciones marcadas a través de GPS.	44
Figura 33. Caracterización y peso de mazorcas de cacao en el laboratorio del INIFAP.....	44
Figura 34. Caracterización de semillas (color, forma, tamaño) utilizando un vernier.....	44

Resumen

Estudios para la selección de genotipos de cacao en Huimanguillo, Tabasco

García Arias Jesús Antonio

Instituto Tecnológico de Huimanguillo, 2021

En México las plantaciones de cacao (*Theobroma cacao* L.) ocupan una superficie de 59,655.16 ha con genotipos del tipo amelonado (70 %), calabacillo (26 %) y criollo (4 %), los cuales se propagan por semilla. La producción nacional de grano de cacao seco es cercana a 29,445.02 t, con un rendimiento promedio de 500 kg ha⁻¹. En Tabasco existen 40,923.26 ha, donde se producen 18,298 t, y en Chiapas hay 18,475.90 ha que producen 9,870 t. En la actualidad, existe un desconocimiento de los genotipos cultivados en el municipio de Huimanguillo, Tabasco. Con base a lo anterior, el objetivo de la presente tesis, fue: Caracterizar y georreferenciar genotipos de cacao en el municipio de Huimanguillo, en el estado de Tabasco. Los resultados mostraron que las plantaciones de cacao muestreadas, presentan una alta heterogeneidad genética, hecho que se esperaba debido al método de propagación por semilla de este cultivo. De este grupo de muestras estudiadas, resaltaron cinco genotipos con clave P1, P2, P3, PB y PB1, los cuales presentaron pesos secos de la almendra de 1.54 g, 1.43 g, 1.46 g, 1.33 g y 1.32 g respectivamente. Estos cinco genotipos son de interés agronómico debido a esta característica de peso seco de la almendra por lo que deberán clonarse para seguir su evaluación, validación y caracterización organoléptica. Adicionalmente, los recorridos de campo permitieron observar la existencia de plantaciones muy viejas con arriba de 80 años, lo que abre la posibilidad de establecer un programa de renovación de plantaciones con genotipos de alto rendimiento, resistencia a enfermedades y calidad organoléptica.

Palabras claves: *caracterización, genotipos, plantación, producción.*

Abstract

Studies for the selection of cocoa genotypes in Huimanguillo, Tabasco

García Arias Jesús Antonio

Technological Institute of Huimanguillo, 2021

In Mexico, cocoa plantations (*Theobroma cacao* L.) occupy a surface area of 59,655.16 ha with genotypes of the amelon type (70%), squash (26%) and criollo (4%), which are propagated by seed. The national production of dry cocoa beans is close to 29,445.02 t, with an average yield of 500 kg ha⁻¹. In Tabasco there are 40,923.26 ha, where 18,298 t are produced, and in Chiapas there are 18,475.90 ha that produce 9,870 t. At present, there is a lack of knowledge of the genotypes cultivated in the municipality of Huimanguillo, Tabasco. Based on the above, the objective of this thesis was: Characterize and georeference cocoa varieties in the municipality of Huimanguillo, in the state of Tabasco. The results showed that the sampled cocoa plantations present a high genetic heterogeneity, a fact that was expected due to the method of propagation by seed of this crop. From this group of samples studied, five genotypes with key P1, P2, P3, PB and PB1 stood out, which presented dry weights of the almond of 1.54 g, 1.43 g, 1.46 g, 1.33 g and 1.32 g respectively. These five genotypes are of agronomic interest due to this dry weight characteristic of the almond, so they must be cloned to continue their evaluation, validation and organoleptic characterization. Additionally, the field trips made it possible to observe the existence of very old plantations over 80 years old, which opens the possibility of establishing a plantation renovation program with high-yield genotypes, resistance to diseases and organoleptic quality.

Keywords: Characterization, genotypes, plantation, production.

I. Introducción

En México, el cacao (*Theobroma cacao L.*) se cultiva en los estados de Tabasco, Chiapas, Oaxaca y Guerrero. Tabasco es el principal productor con 41.086 ha y concentra el 70% de la producción nacional (Torres *et al.*, 2019).

El cultivo de cacao es de importancia socioeconómica en el estado de Tabasco, en donde se cuenta con las condiciones edafoclimáticas para el desarrollo del cultivo (Ramírez *et al.*, 2020).

El cultivo de cacao en México es una de las cadenas agrícolas más importantes del país. Se desarrolla en una superficie de 59,655 hectáreas cultivadas en la nación produciendo anualmente 29,457 toneladas, en el 2020 se registró una producción en Tabasco de 18,298 mil toneladas esto según (SIAP, 2020).

México es un país productor de cacao fino, el cual es un producto de exportación, generador de divisas y de impacto social relevante, posee alto poder alimenticio y es un cultivo tradicional conservacionista (De La Cruz *et al.*, 2015).

El sur de México, región integrante del área de domesticación y cultivo del cacao, actualmente es considerado como un centro importante de dispersión de la especie, debido a la gran variedad de genotipos y a la alta calidad de granos de algunas variedades primitivas que se cultivan (Ramos, 2017).

En México las plantaciones de cacao (*Theobroma cacao L.*) ocupan una superficie de 59,655.16 ha (SIAP 2020) con genotipos del tipo amelonado (70 %), calabacillo (26 %) y criollo (4 %), los cuales se propagan por semilla. La producción nacional de grano de cacao seco es cercana a 29,445.02 t, con un rendimiento promedio de 500 kg ha⁻¹. En Tabasco existen 40,923.26 ha, donde se producen 18,298 t, y en Chiapas hay 18,475.90 ha que producen 9,870 t (SIAP, 2020).

Con base a lo anterior el objetivo del presente trabajo fue caracterizar y georreferenciar genotipos de cacao en el municipio de Huimanguillo del estado de Tabasco con alta productividad.

II. Justificación

El cultivo de cacao es de importancia socioeconómica en el estado de Tabasco, México en donde se cuenta con las condiciones edafoclimáticas para el desarrollo del cultivo. En Tabasco existen 40,923.26 ha, donde se producen 18,298 t y en Chiapas hay 18,475.90 ha que producen 9,870 t. En la actualidad, existe un desconocimiento de los genotipos cultivados en el municipio de Huimanguillo, Tabasco. Con base a lo anterior, el objetivo de la presente tesis, fue: Caracterizar y georreferenciar variedades de cacao en el municipio de Huimanguillo, en el estado de Tabasco. Por lo tanto la presente investigación fue dirigida a las plantaciones de cacao del municipio de Huimanguillo; para identificar genotipos de mayor producción y sobre todo resistentes a enfermedades, posteriormente las plantas seleccionadas serán clonadas para su evaluación, validación y transferencia a productores, con estas acciones se busca tener homogeneidad en las plantaciones de cacao para mejorar su calidad, la cual es una de las exigencias que tiene el mercado y beneficiar a productores e industriales de la cadena de cacao.

III. Objetivos

3.1. Objetivo General

Caracterizar y georreferenciar genotipos de cacao en el municipio de Huimanguillo, en el estado de Tabasco.

3.2. Objetivos Específicos

- Visitar sitios productores de cacao para la colecta de genotipos de cada plantación.
- Caracterizar de forma morfológica a los frutos y semillas.
- Obtener información de la zona productoras de cacao en los municipios de Huimanguillo, Tabasco para realizar una base con datos y comparar resultados obtenidos.
- Seleccionar genotipos de cacao con características de alta productividad e indicadores de calidad para su evaluación, validación y transferencia a productores.

IV. Hipótesis

Hipótesis nula: Todos los genotipos a colectar en las plantaciones de cacao presentan homogeneidad genética.

Hipótesis alterna: Al menos un genotipo colectado es diferente desde su caracterización morfológica.

V. Marco teórico

5.1. Antecedentes

El cacao llamado científicamente *Theobroma*, palabra que en griego se interpreta como “alimento de los dioses”, es originario de América. Las recopilaciones históricas indican que los mayas lo cultivaban, y la pepa era usada como moneda. Los aztecas lo siguieron cultivando, dándole poderes divinos y su consumo estaba reservado sólo para los considerados de la alta sociedad (León *et al.*, 2016).

El cacao es un cultivo tropical que se desarrolla en las latitudes comprendidas entre los 10°N y 10°S del ecuador. Está ampliamente extendido en África, Asia, Oceanía y América en plantaciones destinadas a producir esencialmente sus granos o almendras y que son utilizadas principalmente para la producción de chocolates y grasas por industrias alimentarias o cosmetológicas (Arvero *et al.*, 2017).

El cacao (*Theobroma cacao* L.), es una especie nativa de los bosques tropicales húmedos de América del sur. Sus poblaciones ostentan una amplia diversidad genética (entre y dentro de ellas), tanto al estado silvestre como cultivado. Esta diversidad genética tiene su origen en su sistema de reproducción sexual, el sistema genético de incompatibilidad, su mecanismo de polinización cruzada natural, la recombinación genética, entre otras. Desde el siglo pasado, cuando se generaban cultivares élites de cacao (clones y/o híbridos), bien sea, por selección, hibridación u otros métodos de mejoramiento genético; las instituciones científicas y de extensión, solamente difundían los principales atributos agronómicos mejorados de dichos cultivares. No obstante, esta información no era suficiente y se hacía necesario acompañarla con información morfológica de tipo descriptiva para que el nuevo cultivar sea convenientemente identificada y diferenciada de otros cultivares (García, 2010).

El cacao es un árbol nativo de América Tropical. Se profesa que una población de *Theobroma cacao* se extiende naturalmente a lo largo de la parte central, el oeste y el norte de las Guyanas en el Amazonas y el sur de México. De estos lugares, se dispersaron los dos tipos principales de cacao, el Criollo y el Forastero (López, 2011).

5.2. Taxonomía

El cacao es una especie diploide ($2n=20$ cromosomas), de ciclo vegetativo perenne. Linneo en 1753, primero ubicó el género *Theobroma* en la familia Tiliaceae. Después considero que podría ser incluido en la familia Sterculiaceae, y actualmente es incluido en la familia Malvaceae. *Theobroma cacao* es una de las 22 especies del género *Theobroma*, originaria de Sudamérica y partes de Centroamérica (Avendaño et al., 2011).

Cuadro 1. La clasificación taxonómica.

La clasificación taxonómica de <i>Theobroma cacao</i> L.
Reino: Plantae
División: Magnoliophyta
Clase: Magnoliopsida
Orden: Malvales
Familia: Malvaceae
Género: <i>Theobroma</i>
Especie: Cacao <i>Theobroma cacao</i> L.

Fuente: (Avendaño *et al.*, 2011).

5.3. Descripción botánica

Es un pequeño árbol de cuatro a ocho metros de altura, que en condiciones silvestres puede alcanzar hasta los 10 m, si crece con buena sombra. Sus frutos, denominados comúnmente mazorcas, son bayas que presentan una coloración amarillo-rojiza, son de forma alargada, con surcos de hasta 20 cm de largo, contienen de 30 a 40 semillas de color marrón-rojizo al exterior y están cubiertas de una pulpa blanca dulce comestible. Este árbol presenta muchas flores en racimos a lo largo del tronco y las ramas, las cuales tienen una tonalidad rosa, purpúrea y blanca, son de pequeña talla, con dimensiones de 0.5 a 1 cm de diámetro y 2 a 2.5 cm de largo, y tienen forma de estrella. La floración se presenta durante casi todo el año, principalmente en verano y otoño; mientras que los frutos maduran mayormente en primavera y verano (Salas *et al.*, 2015).

5.3.1. Tallo.

El tallo del cacao es ortotrópico y alcanza una altura de 1.20 a 1.50 metros. Entre los 10 y 18 meses el tallo completa una fase de su desarrollo, pierde su yema terminal y forma una horqueta o verticilo que contiene de 3 a 5 ramas de crecimiento (ÍNTA, 2009).



Figura 1. (Tallo) Plantación de la localidad del C-40, municipio de Huimanguillo.
Fuente: Elaboración propia.

5.3.2. Hoja.

Las hojas jóvenes son pigmentadas y de color que puede variar según los cultivares o clones del verde pálido a rosado y violeta. Son péndulas de consistencia blanda, acompañadas en su base por dos estípulas que se desprenden y caen rápidamente (ÍNTA, 2009).



Figura 2. (Hoja) Muestras obtenidas de la localidad C-40, Municipio de Huimanguillo.
Fuente: Elaboración propia.

5.3.3 Raíz.

Donde inicia el crecimiento del tronco y se forma o desarrolla el sistema radicular, existe una zona de transición bien definida conocida como cuello de la raíz. En plantas reproducidas por semillas el sistema radicular está compuesto por una raíz principal denominada raíz pivotante o raíz primaria, la cual crece hacia abajo de forma recta. Las plantas que son reproducidas por medios vegetativos o asexuales no desarrollan raíz pivotante, pero sí raíces primarias y secundarias, de crecimiento horizontal (Batista, 2009).



Figura 3. (Raíz) Planta de cacao, INIFAP-Huimanguillo.
Fuente: Elaboración propia.

5.3.4. Inflorescencia.

Desde el punto de vista botánico, la inflorescencia del cacao es una cima decasiforme, la cual se forma directamente en la madera más vieja del tronco y de las ramas adultas del árbol y, de manera muy específica, en la base de una hoja, alrededor de la cicatriz y de la yema axilar que queda al caer la hoja. La inflorescencia, en su proceso de formación y crecimiento, se transforma en una masa densa que conforme se desarrolla forma un cojín que agrupa entre 40 a 60 flores.

Existe una marcada diferencia en el número de flores presentes en diferentes cojines de diferentes árboles, lo cual obedece a caracteres genéticos (Batista, 2009).



Figura 4. (Inflorescencia) Planta de cacao, INIFAP- Huimanguillo.
Fuente: Elaboración propia.

5.3.5. Flor.

La flor del cacao es hermafrodita, es decir, pentámera, de ovario súpero. La flor del cacao está conformada en su estructura floral por 5 sépalos, 5 pétalos; su androceo está constituido por 10 filamentos de los cuales 5 son viables o fértiles (estambres) y los otros 5 son infértiles (estaminoides); el gineceo (pistilo) está constituido por un ovario 20 con 5 lóculos fusionado a partir de la base donde se encuentra cada uno pueden encontrarse unos 5 a 15 óvulos, esto va dependiendo del genotipo.

La polinización en el cacao es entomófila, en este proceso la flor comienza a abrirse provocando agrietamiento del botón floral en las horas de la tarde. Al día siguiente, en horas de la mañana, la flor está completamente abierta y lista para ser fertilizada.

Las anteras cargadas de polen se abren, estas se encuentran viables (disponibles; funcionales) por un tiempo aproximado de 48 horas. Tiempo en que debería realizarse la polinización (Abril, 2016).



Figura 5. (Flor) Muestra de flores de cacao en INIFAP- Huimanguillo.
Fuente: Elaboración propia.

5.3.6. Fruto.

El fruto es el resultado de la maduración del ovario, que una vez fecundado es una baya indehiscente con tamaños que oscilan de 10 cm a 42 cm, de forma variable (oblonga, elíptica, ovada, esférica y oblata); de superficie lisa o rugosa, y de color rojo o verde en estado inmaduro, característica que depende de los genotipos. 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 *et al.*, 2011).



Figura 6. (Fruto) Muestra de la localidad, paredón Huimanguillo.
Fuente: Elaboración propia.

5.3.7. Cascara.

La cáscara del fruto del cacao está formada por tres partes: el exocarpio o la sección exterior, la capa de en medio o mesocarpio y la capa interior o endocarpio. El mesocarpio es una capa de células semi-leñosas bastante duras esto es variable y en dependencia del genotipo, usualmente los tipos criollos son muy suaves y los forasteros son muy duros, existiendo muy poca variabilidad entre las mazorcas de un mismo árbol (Johnson *et al.*, 2008).

5.3.8. Semilla.

Las semillas o almendras son de tamaño variable (1.2 cm 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. En el interior de la almendra se encuentran los cotiledones, que pueden ser de color morado, violeta, rosado o blanco, según el genotipo (Avendaño *et al.*, 2011).



Figura 7. (Semilla) Forma y corte trasversal.
Fuente: Elaboración propia.

5.4. Buenas prácticas agrícolas.

En el cultivo de cacao las buenas prácticas agrícolas son muy importantes una de ellas es la cosecha que se realiza en los meses de diciembre, enero y febrero, el corte se realiza de forma manual con una herramienta llamada (luco) navaja curva (De La Cruz *et al.*, 2015).

La fermentación es una de las actividades importantes para la elaboración de chocolate o algún otro producto ya que es la que permite el desarrollo de sabor y aroma (Hernandez *et al.*, 2017). (Caballero, 2013) menciona que esta actividad debe realizarse en cajas de maderas con el fin de aumentar la temperatura del grano, este proceso dura 5-7 días aproximadamente dependiendo de la variedad.

El control de malezas en el cultivo de cacao es muy importante ya que las plantas aprovechan al máximo los nutrientes y el agua disponible en el suelo, y ayuda a evitar el exceso de humedad en el ambiente y así reduciendo la presencia de enfermedades causadas por hongos (Pazmiño, 2018).

La poda es una de las actividades importante que también se debe realizar en el cultivo de cacao, es un trabajo que puede iniciarse desde el vivero cuando las plántulas son reproducidas asexualmente por medio de clones, es decir eliminar todo brotes que salen en el tallo del patrón y que pueden retardar el crecimiento del clon, y que se puede permitir o facilitar el control de algunas enfermedades cuando las plantas están en campo (Pazmiño, 2018).

Existen varios tipos de poda que son las podas de formación que se hacen en plantas recientemente llevadas a campo con el fin de darle una buena formación para la cosecha de sus frutos, está también la poda de mantenimiento y sanidad que es básicamente quitar ramas secas y dañadas por alguna enfermedad y sobre todo poder controlarla y por ultimo tenemos la poda de regulación de sombra, si queremos tener una buena producción, tenemos que reducir a un 50 % de sombra ya que si tenemos un exceso podemos tener demasiada humedad y con ello enfermedades causadas por hongos (SAGARPA, 2015).

5.5. Tipología del cacao

El sistema tradicional de clasificación que aún se emplea indica que existen básicamente tres tipologías de cultivares a partir de los cuales se desprenden las variedades, híbridos y clones que hoy se siembran a nivel mundial: los denominados criollos, forasteros y trinitarios (Arvero *et al.*, 2017).

Las caracterizaciones morfológicas de los frutos se han basado considerando los siguientes parámetros: 1) color del fruto de dos meses de edad, 2) color del fruto maduro, 3) forma del fruto: Cundeamor, Anjoleta, Criollo, 4) forma del ápice: Redondeado, Obtuso, Agudo, Mamilado,

Atenuado, Dentado, Caudado 5) forma de la constricción basal: ausente, suave, intermedia, fuerte, 6) rugosidad de la cáscara, 7) dureza de la cáscara utilizando una escala con los siguientes valores: 3 = suave, 5 = intermedia y 7 = áspera (Phillips *et al.*, 2012).

5.5.1. Cacao criollo.

Presentan mazorcas cilíndricas, tiene cascara rugosa que puede ser delgada o gruesa, el color de la mazorca puede variar de verde a rojo, tiene semillas blancas cilíndricas u ovals. Los árboles son más bajos y menos robustos y las hojas son de color verde claro y gruesas (Sosa, 2019).

El árbol de cacao de tipo criollo es considerado como la variedad de mejor calidad, debido a que es más aromático y menos amargo, se utiliza para la fabricación de productos de lujo de chocolatera (Egas, 2015).

5.5.2. Cacao forastero.

El cacao de variedad forastero es denominado “común” o de baja calidad, a pesar de ser catalogado de este modo, el cacao “Nacional” o “Arriba” que crece en el Ecuador pertenece a esta variedad, es reconocido como el mejor a nivel mundial. En el Ecuador también se produce en tipo de cacao denominado CCN-51, también de variedad forastero, este cacao es un clon desarrollado en 1965 que no posee las características organolépticas del cacao Nacional, pero presenta mayor productividad y resistencia a enfermedades (Egas, 2015).

5.5.3. Cacao trinitario.

Cacao Variedad Trinitaria o tipo trinitaria: Surge del cruce del cacao Criollo y Forastero. Las mazorcas pueden ser de muchas formas y colores; las semillas son más grandes que las del cacao criollo y forastero; las plantas son fuertes, de tronco grueso y hojas grandes. En la actualidad la mayoría de los cacaotales que existen en el mundo son trinitarios (Salgado, 2016).

5.6. Propagación del cacao

La planta de cacao puede propagarse por vía sexual mediante semillas y de forma asexual, de la cual los métodos más utilizados son las estacas, ramillas, injertos, acodos aéreos y utilizando las técnicas de cultivo in vitro por medio de la embriogénesis somática (Moran y Vera, 2012).

5.6.1. Propagación sexual.

La propagación sexual es la forma más utilizada y fácil de reproducir el cacao, la cual puede hacerse plantando la semilla directamente en el campo o sembrándola en un semillero temporal en bolsas plásticas en condiciones de vivero (Moran y Vera, 2012).

5.6.2. Propagación asexual.

Este tipo de propagación es por medio de partes vegetativas de la planta seleccionada. No implica un cambio en la constitución genética de la nueva planta ya que todas las características de la planta madre se presentan en la nueva planta. Sin embargo, factores del clima, tipo de suelo, ataque de enfermedades pueden modificar la apariencia de la planta, flores o de los frutos sin que se haya dado un cambio genético. La propagación asexual se puede realizar por medio de estacas o ramillas. Existen varios métodos siendo el más usado el de los injertos ya que no requiere de instalaciones costosas y permite aprovechar el material vegetativo de la “planta madre” al máximo posible. Los pasos para la obtención de injertos son los siguientes: a) obtención de “estacas” o “ramillas” y b) obtención de varas yemeras (Gutierrez y Muños, 2017).

5.6.3. Híbridos y clones.

Los tipos híbridos: son cruce asexual de dos árboles y los clones, pertenecen a un material genético uniforme, derivado de un individuo y propagado solo por medios vegetativos.

El concepto de clon no significa que todas las plantas de un mismo clon sean idénticas fenotípicamente en todas sus características. El comportamiento de una planta depende de la interacción genotipo-ambiente. En consecuencia, una planta puede variar la apariencia, la producción, los frutos o almendras de acuerdo con el clima, suelo, agua, enfermedades u otras causas (Quintana *et al.*, 2015).

5.6.4. Propagación in vitro.

La embriogénesis somática es el proceso por el que las células del explante (porción de la planta donante cultivada in vitro) cambian su patrón de expresión y generan los embriones somáticos iniciales. Generalmente el medio de cultivo está condicionado por la presencia de reguladores de crecimiento fundamentalmente auxinas y citoquininas (Ávila, 2014).

5.7. Clones resistentes

Se han identificado clones resistentes a la moniliasis con distinto origen genético y/o geográfico. Estos clones se han cruzado progresivamente para obtener variedades con niveles crecientes de resistencia en Costa Rica, aprovechando de esta forma el carácter predominante aditivo que tiene esta característica del cacao, estos estudios han adquirido recientemente relevancia mundial por ser la moniliasis una de las enfermedades más graves del cultivo de cacao que ha afectado a la zona productora de América y por su posible diseminación al continente Africano (Azpeitia *et al.*, 2017).

5.8. Clones recomendados

Los clones recomendados para establecerse en México en la región del Soconusco y norte de Chiapas, y la región de la Chontalpa en Tabasco se indican a continuación (López, 2011).

Cuadro 2. Clones recomendados para Chiapas y Tabasco.

Región del Soconusco y Norte de Chiapas	Región de la Chontalpa, Tabasco
RIM 24	OLMECA
RIM 44	CHAK
RIM 56	CANEK
RIM 88	TABSCOOB
Carmelo C-1	CAEHUÍ
Blanco Marfil	CHIBOLÓN
	SUPREMO
	K'IN

Fuente: Elaboración propia con datos de López, 2011.

5.9. Caracterización de semilla

Para la caracterización se evalúan los siguientes parámetros: 1) Color del cotiledón, 2) forma de la semilla Motammayo, 3) forma del corte transversal, 4) longitud, 5) diámetro y 6) espesor (Phillips *et al.*, 2012).

5.9.1 Caracterización molecular (*Tehobroma cacao* L.).

La caracterización de la biodiversidad de los recursos filogenéticos está considerada entre las líneas de investigación estratégicas a nivel mundial, debido a que se perfila como la estrategia fundamental para la solución de los problemas actuales de los cultivos, a través del mejoramiento genético asistido por marcadores moleculares, la adaptación a los cambios climáticos y el desarrollo de nuevas alternativas de producción (Londoño *et al.*, 2011).

5.10. Importancia económica

El cacao es de gran importancia económica, al ser cultivado por más de dos millones de productores en más de 50 países. En México se cultiva en los estados del sureste, Chiapas, Tabasco y Guerrero, principalmente; el área establecida con cacao es de 61.397ha, con una producción a nivel nacional de 28.006ton para el año 2015, un rendimiento promedio de 470kg/ha (Avendaño, *et al.*, 2018).

México es un país productor de cacao fino, el cual es un producto de exportación, generador de divisas y de impacto social relevante, posee alto poder alimenticio y es un cultivo tradicional conservacionista. El estado de Tabasco genera el 73% de la producción nacional de cacao.

México tiene 39 149 unidades de producción de cacao, por poner un ejemplo, en el estado de Tabasco hay más de 35 000 productores de cacao; sólo en la región de la Chontalpa se reporta una población de 9 975 familias campesinas dedicados al cultivo del grano, con una extensión promedio de 1 092 hectáreas por familia, siendo ésta la región con mayor número de productores de pequeña escala en la entidad (De La Cruz *et al.*, 2015).

5.11. Importancia del cacao en Tabasco

Dada la importancia que representa el cultivo de cacao para Tabasco, es necesario y urgente identificar genotipos con características de importancia, presentes en las plantaciones de productores, y ser conservado en los bancos de germoplasmas para continuar con sus estudios morfológicos y genéticos e identificar genotipos elites para los programas de mejoramiento genético del cacao emprendido por el INIFAP para beneficio de los productores de cacao de México. El objetivo planteado conocer la variabilidad e identificar genotipos de importancia agronómica con la participación del productor (Ramírez, 2015).

Se han detectado variaciones en la superficie del agroecosistema cacao en Tabasco, una de las más importantes es la ocurrida en el periodo comprendido entre 2004 y 2005, cuando se registra una reducción de alrededor de 32 %, la cual estuvo asociada a factores ambientales y socioeconómicos, entre los destaca la aparición de la enfermedad conocida como moniliasis. Lo anteriormente expuesto destaca la importancia de la elaboración y establecimiento de planes de gestión de los recursos agroforestales del sistema productivo cacao que se basen en estudios que enmarquen la importancia que éstos tienen, desde el punto de vista biológico, cultural y ambiental,

desde un contexto regional y nacional; por lo que, en la presente investigación se caracterizó la diversidad, estructura y usos del agroecosistema cacao en plantaciones de 30 y 50 años, localizadas en el municipio de Cárdenas, Tabasco (Ramírez *et al.*, 2013).

5.12. Productos y subproductos obtenidos de la manufactura del *Tehobroma cacao* L.

Las semillas son la fuente de cacao comercial (chocolate y manteca de cacao). La transformación industrial de las semillas consta de una variedad de operaciones, que persiguen la obtención de diferentes tipos de productos. En este sentido, existen dos clases de procesadores del grano de cacao: aquellos que producen productos para la confitería, la fabricación de chocolates y otros subproductos derivados del cacao, y los que se destinan a constituir materia prima para la industria alimentaria y farmacéutica. Otra manera de catalogarlos es como: industriales molineros y fabricantes de chocolate. En el caso específico de la molinera, ésta se dedica a la elaboración únicamente del licor de cacao, manteca de cacao, torta y polvo de cacao (Baena y García, 2012). A partir del grano de cacao fermentado y seco se obtienen como productos intermedios el licor, la manteca, la torta y el polvo de cacao. Posterior a esto, se obtienen los productos finales, los cuales corresponden a chocolate para mesa, cobertura de chocolate, confites, bebidas y otros (Umaña, 2013).

Si bien lo mencionan (Alviárez *et al.*, 2016) el aceite de cacao tiene propiedades importantes que pueden ser utilizadas en el área cosméticos. (Escobedo, 2018) menciona que los labiales son cosméticos elaborados con grasas y aceites de cacao, al utilizar estos aceites, ayuda a que el producto se resalte en labios, además pueden ayudar a cubrir imperfecciones.

De acuerdo con estudios realizados por (Morales *et al.*, 2012) es de gran importancia ya que contiene ácidos grasos insaturados que ayudan en la producción vascular que disminuye el colesterol. El cacao es un alimento que también juega un papel importante en el funcionamiento de los riñones.

Los granos de cacao poseen aproximadamente 55% de manteca de cacao, la misma que se compone de un 98% de triglicéridos, una molécula de glicerol unida a tres ácidos grasos. Entre los principales ácidos grasos que posee la manteca de cacao se encuentran ácido oleico 18:1(9) (35%), esteárico 18:0 (35%), palmítico 16:0 (25%) y linoleico 18:2 (3%) (Egas, 2015).

(Sol *et al.*, 2016) mencionan que productos derivados como el polvillo tienen valores de humedad bajos, es decir pueden almacenarse por un largo periodo ya que es difícil que algún patógeno se propague por el bajo nivel de humedad, esto hace que sea un producto de calidad. Para la industria chocolatera nacional, el cacao representa la materia prima para la elaboración del chocolate, y su calidad ha sido preferida por esta industria (Barrón *et al.*, 2014).

(Córdova *et al.*, 2018) indican que los productores prefieren consumir sus propios chocolates ya que según ellos no contienen químicos que puedan dañar su organismo, los chocolates artesanales ayudan en su economía y sobre todo enseñan a sus hijos tradiciones y costumbres de alimentos libres de químicos.

VI. Materiales y métodos

6.1. Ubicación del trabajo

Con la ayuda de un GPS se localizaron los sitios de cultivo de cacao y se realizó diferentes visitas a los productores de Huimanguillo, Tabasco; para ello se utilizó una bitácora de campo y con la técnica de la observación se obtuvieron datos importantes que facilitaron la identificación de cada plantación. Fueron muestreadas tres plantaciones ubicadas en: el poblado C-40, poblado Caobanal y poblado Paredón. De estos sitios se colectaron 15 muestras que fueron objeto de estudio.

El trabajo se realizó en INIFAP-campo experimental Huimanguillo donde se caracterizaron frutos y semillas de cacao

6.2. Obtención de la materia prima

Una vez identificada la plantación se realizó la cosecha de algunos frutos con una cuchilla (Luco) para no dañar la planta y con el GPS se registró cada planta cosechada, para esto se utilizó una libreta de campo para anotar las coordenadas y pasarlas a una base de datos, los frutos se llevaron al campo experimental para su caracterización

6.3. Procedimiento

Los frutos obtenidos de cada plantación visitada fueron llevados a INIFAP al área de laboratorio de biología molecular para su caracterización:

6.3.1. Medición de mazorcas.

Para esta actividad se utilizó una cantidad de frutos de cada planta aproximadamente entre 20 y 30 mazorcas para medir la longitud y el diámetro utilizando una cinta métrica.

6.3.2. Peso de mazorca.

Se utilizó una balanza granataria para tener el peso de las mazorcas los cuales se registraron en la base de datos establecida.

6.3.3. Identificación de mazorcas.

Para esta actividad se utilizó el protocolo descrito por *Phillips et al.*, 2012. donde se determinaron las siguientes variables: el color, la forma del ápice, forma de la constricción basal, rugosidad de la superficie (cascara), diámetro, longitud y número de surcos.



Figura 8. Pesado de fruto.
Fuente: Elaboración propia.

6.3.4. Número de semillas.

Para abrir las mazorcas se utilizó un cuchillo común y posteriormente se contabilizaron las semillas de cada fruto, desprendiendo cada semilla del corazón.

6.3.5. Peso de semillas.

En esta actividad se pesaron las semillas de cada fruto con una balanza analítica para tener un peso más exacto, esta actividad se realizó por lotes de mazorcas, una vez obtenido el peso se seleccionaron 100 semillas de mejor tamaño de cada variedad, las cuales de igual manera se tomó el peso con testa y sin testa.



Figura 9. Pesado de semilla.
Fuente: Elaboración propia.

6.3.6. Identificación de semillas.

Para caracterizar las semillas se les desprendió el mucílago con un bisturí para visualizar su forma, tamaño y color. Como complemento de esta actividad se utilizó el manual de CATIE (2012), como también un vernier digital para medir longitud y espesor de las semillas.



Figura 10. Vernier digital utilizado para medición de semilla.
Fuente: Elaboración propia.

6.3.7. Corte de semilla.

Se observaron físicamente la semilla (parte superior), como también se realizó un corte transversal a cada semilla (corte inferior) para poder definir la forma se utilizó el manual CATIE (2012), terminando de realizar esta actividad las semillas caracterizadas se llevaron a la estufa para la actividad final que es el secado donde se dejan aproximadamente 3 días, esto para poder tomar el peso seco de las 100 semillas.

VII. Resultados y discusiones

Fueron estudiados 15 sitios en el municipio de Huimanguillo y en la siguiente tabla se muestran las plantaciones geoposicionadas y coordenadas en los municipios de Huimanguillo, Tabasco.

Cuadro 3. Coordenadas y geoposicionamiento de plantaciones.

MUNICIPIO	LOCALIDAD	PROPIETARIO	CLAVE	LATITUD	LONGITUD
Huimanguillo	Ernesto Aguirre C-40	Evaristo Salaya	EA-1	17° 55' 31.5"	93° 28' 50.1"
Huimanguillo	Ernesto Aguirre C-40	Evaristo Salaya	EA-2	17° 55' 31.7"	93° 28' 50.5"
Huimanguillo	Ernesto Aguirre C-40	Evaristo Salaya	EA-3	17° 55' 31.6"	93° 28' 51.0"
Huimanguillo	Ernesto Aguirre C-40	Evaristo Salaya	EA-5	17° 55' 30.8"	93° 28' 51.9"
Huimanguillo	Ernesto Aguirre C-40	Evaristo Salaya	EA-6	17° 55' 31.7"	93° 28' 52.2"
Huimanguillo	Ernesto Aguirre C-40	Evaristo Salaya	Ceylán	17.92564°	93.48111°
Huimanguillo	Caobanal	Migel Angel Acuña	C1	18°00'39.4"	93°18'18.9"
Huimanguillo	Caobanal	Migel Angel Acuña	C3	17°37'13.7"	93°24'56.0"
Huimanguillo	Caobanal	Migel Angel Acuña	C4	18.16275°	93.2048°
Huimanguillo	Caobanal	Migel Angel Acuña	C5	17.85181°	93.39484°
Huimanguillo	Paredón	Miguel Córdova	P1	17.76203°	93.39898°
Huimanguillo	Paredón	Miguel Córdova	P2	17.76084°	93.39808°
Huimanguillo	Paredón	Miguel Córdova	P3	17.76206°	93.39876°
Huimanguillo	Paredón	Miguel Córdova	PB	17.76049°	93.3989°
Huimanguillo	Paredón	Miguel Córdova	PB1	17.92529°	93.48083°

Fuente: Elaboración propia.

7.1. Caracterización de frutos de genotipos estudiados, forma, pesos, color, tamaño

Los frutos de cada genotipo fueron caracterizados, obtenidas de las visitas en los municipios de Huimanguillo, Tabasco para la selección de las mejores variedades.

Cuadro 4. Caracterización de frutos estudiados, forma, pesos, color, tamaño.

Variedades	Color del fruto maduro	Forma del fruto maduro	Forma del ápice	Forma de la constricción basal	Rugosidad del mesocarpo	Dureza del mesocarpo	Peso de la mazorca (g)	Longitud de la mazorca (cm)	Grosor de la mazorca	Peso fresco de las semillas/fruto (g)	Numero de semillas por fruto	NO. SURCO
EA-1	Amarillo intenso	Amelonado	Caudado	Suave	Intermedia	Intermedia	310	16.4	23.4	91.44	40	10
EA-2	Verde con amarillo	Angoleta	Atenuado	Fuerte	Áspera	Intermedia	360	21.2	23	111.17	41	10
EA-3	Amarillo con anaranjado	Amelonado	Obtuso	Suave	Suave	Dura	610	20	31.2	116.7	44	10
EA-5	Verde con amarillo	Angoleta	Atenuado	Fuerte	Áspera	Intermedia	470	22	24.4	178.36	47	10
EA-6	Amarillo con verde claro	Amelonado	Obtuso	Intermedia	Suave	Intermedia	470	21	27.2	121.29	47	10
Ceylán	verde claro y amarillo en surco	Angoleta	caudado	suave	Áspera	Dura	770	25	28	136.18	35	10
C1	amarillo verdoso	Amelonado	obtuso	Intermedia	Suave	Dura	720	22.3	32.4	122.56	46	10
C3	amarillo claro	Amelonado	obtuso	ausente	Suave	Dura	350	16.2	26.1	105.30	46	10
C4	Amarillo claro	Amelonado	obtuso	suave	Suave	Medio	380	18.8	26.8	97	41	10
C5	amarillo naranja	Amelonado	obtuso	intermedia	Suave	Suave	390	16	27.4	114.66	44	10
P1	amarillo intenso	Amelonado	agudo	suave	Intermedia	Dura	680	21	31	191.81	46	10
P2	amarillo intenso y manchas café	Amelonado	agudo	suave	Intermedia	Dura	670	23	30	207.41	46	10
P3	café claro y manchas amarillas	Amelonado	agudo	fuerte	Intermedia	Dura	620	24.4	29	182.29	46	10

Continuación de cuadro 4. Caracterización de frutos estudiados, forma, pesos, color, tamaño.

PB	amarillo claro y verde claro	Amelonado	obtuso	ausente	Ausente	Intermedia	660	20	31	142.03	48	10
PB1	amarillo claro y verde claro	Amelonado	obtuso	ausente	Ausente	Intermedia	660	20	31	173.70	48	10

Fuente: Elaboración propia.

7.2. Caracterización de semillas en genotipos estudiados forma, pesos, color, tamaño.

Se seleccionaron 100 semillas de cada variedad. Los valores son promedio de 2 a 24 mazorcas por árbol estudiado. Los valores con la misma letra son iguales estadísticamente (Tukey 0.05 %).

Cuadro 5. Caracterización de semillas en genotipos estudiados forma, pesos, color, tamaño.

Variedad	Color de semillas	Forma de semilla	Corte transversal de las semillas	Número de frutos	Peso fresco de 100 semillas con testa	Peso fresco de 100 semillas sin testa	Peso seco de 100 semilla	Media de una semilla en peso fresco ST (g)	Peso seco medio de semilla ST (g)
EA1	Purpura intense	oblonga	Intermedia	14	275.86 G	147.2 H	103 G	1.472	1.03 DEF
EA2	Purpura intense	ovalada	Redondeada	8	263.7 I	122.42 X	87.07 K	1.2242	0.8707 FG
EA3	Purpura intense	irregular	Intermedia	5	272.86 H	128.78 J	90.71 J	1.2878	0.9071 EFG
EA5	Purpura intense	oblonga	Redondeada	14	345.18 E	176.78 E	121.37 E	1.7678	1.2137 BCD
EA6	Purpura intense	ovalada	Intermedia	5	244.39 J	119.9 L	85.67 K	1.199	0.8667 FG
Ceylán	Purpura claro	elíptica	Redondeada	2	188.27 L	99.83 M	60.98 L	1.9966	1.2126 CD
C1	Purpura intense	ovalada	Aplanada	7	279.39 F	158.95 F	111.24 F	1.5895	1.1124 CDE
C3	Purpura intense	ovalada	Aplanada	11	239.06 K	141.81 I	99.58 H	1.4181	0.9958 G
C4	Purpura claro	ovalada	Intermedia	24	263.12 I	153.13 G	99.54 H	1.5313	0.9974 G

Continuación de cuadro 5. Caracterización de semillas en genotipos estudiados forma, pesos, color, tamaño.									
C5	Purpura intense	ovalada	Intermedia	62	264.18 I	147.82 H	92.33 I	1.4782	0.9233 EFG
P1	Purpura intense	elíptica	Redondeada	5	456.44 C	220.21 A	154.84 A	2.2021	1.5484 A
P2	Purpura intense	elíptica	Redondeada	5	470.68 A	213.03 B	143.25 C	2.1303	1.4325 AB
P3	Purpura	oblonga	Redondeada	7	454.64 C	208.12 C	146.48 B	2.0812	1.465 A
PB	Purpura intense	oblonga	Redondeada	4	464.97 B	191.82 D	133.82 D	1.9182	1.3382 ABC
PB1	Purpura intense	ovalada	Intermedia	3	377.68 D	192.1 D	132.54 D	1.921	1.3254 ABC

Fuente: Elaboración propia.

7.3. Selección de genotipos con base a características de alta productividad e indicadores de calidad

Se compararon 100 semillas de cada variedad con el propósito de identificar las mejores variedades con características productivas, de los 15 genotipos caracterizados de los municipios de Huimanguillo se seleccionaron cinco variedades que fueron las de mayor peso y mayor número de semillas. Los valores con la misma letra son iguales estadísticamente (Tukey, 0.05).

Cuadro 6. Selección de variedades, con características de alta productividad.

Variedad	Color de semilla	Forma de semilla	Corte transversal de las semillas	Número de frutos	Número de semillas	Peso fresco de 100 semillas con testa	Peso fresco de 100 semillas sin testa	Peso seco de 100 semillas	Peso fresco de semilla ST (g)	Peso seco de semilla ST (g)
P1	Purpura intenso	elíptica	Redondeada	5	46	456.44 C	220.21 A	154.84 A	2.2021	1.5484 A
P2	Purpura intenso	elíptica	Redondeada	5	46	470.68 A	213.03 B	143.25 C	2.1303	1.432 AB
P3	Purpura	oblonga	Redondeada	7	46	454.64 C	208.12 C	146.48 B	2.0812	1.465 A
PB	Purpura intenso	oblonga	Redondeada	4	48	464.97 B	191.82 D	133.82 D	1.9182	1.338 ABC
PB1	Purpura intenso	ovalada	Intermedia	3	48	377.68 D	192.1 D	132.54 D	1.921	1.325 ABC

Fuente: Elaboración propia.

7.4. Discusión

En el estudio realizado en tres plantaciones de cacao en el municipio de Huimanguillo, Tabasco, se encontró una morfología del fruto tipo amelonado en un 87% y 13 % para angoleta, Estos datos son similares a lo reportado previamente (Azpeitia, 2019), donde se indica que, en Tabasco, se encuentran frutos del tipo morfológico de genotipos tipo amelonado en 70%, pero en este trabajo adicionalmente encontramos frutos del tipo angoleta.

El índice de semilla es un elemento muy importante en la caracterización de frutos, así como su rendimiento de acuerdo a (Chacón *et al.*, 2011). En este trabajo es muy interesante que fue posible seleccionar cinco genotipos P1, P2, P3 PB y PB1, estos con peso seco del grado en 1.54 g, 1.46 g, 1.43 g 1.33 g y 1.32 g respectivamente. Esto significa que el genotipo P1 puede tener un rendimiento potencial de 3.14 t. ha⁻¹, el genotipo P2, con un rendimiento potencial de 2.9 t. ha⁻¹, el genotipo P3, con un 2.9 t. ha⁻¹, el genotipo PB, con un rendimiento de 2.8 t. ha⁻¹ y por último el genotipo PB1, con un rendimiento igual al anterior con 2.8 t. ha⁻¹. El genotipo P1 tiene un índice de semilla de 13.52 así como el genotipo P2 con un índice de mazorca de 14.3. Ambos genotipos son superiores. Estos resultados, muestran diferencias al o encontrado por (Ramírez *et al.*, 2018) donde reporta índices de mazorca de 17 frutos.

7.5. Genotipos estudiados.



Figura 11. Genotipo con clave EA1, mostrando su fruto, semilla y forma transversal.
Fuente: Elaboración propia.



Figura 12. Genotipo con clave EA2, mostrando su fruto, semilla y forma transversal.
Fuente: Elaboración propia.

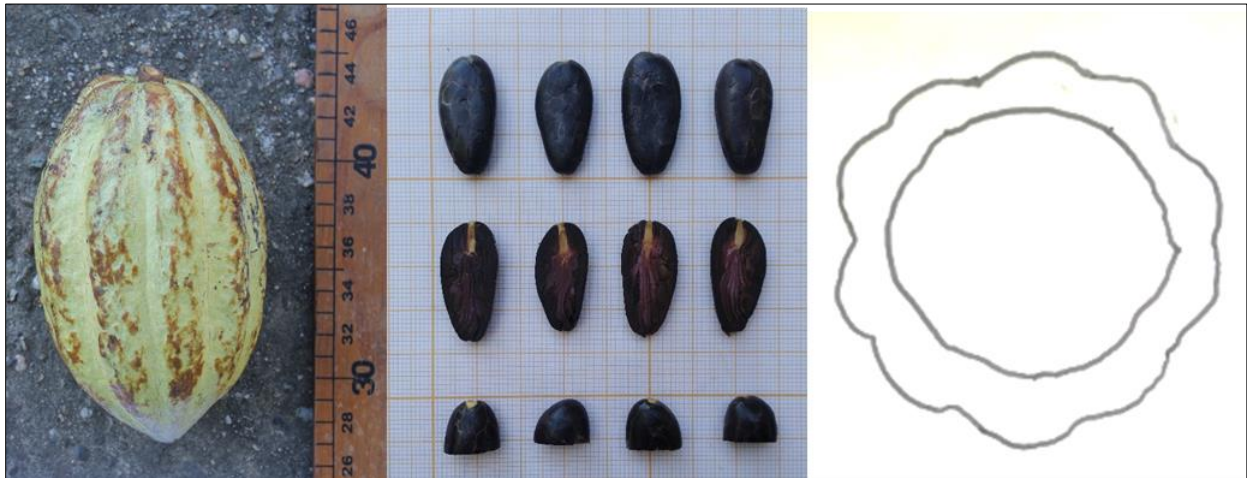


Figura 13. Genotipo con clave EA3, mostrando su fruto, semilla y forma transversal.
Fuente: Elaboración propia.



Figura 14. Genotipo con clave EA5, mostrando su fruto, semilla y forma transversal.
Fuente: Elaboración propia.



Figura 15. Genotipo con clave EA6, mostrando su fruto, semilla y forma transversal.
Fuente: Elaboración propia.



Figura 16. Genotipo con clave Ceylán, mostrando su fruto, semilla y forma transversal.
Fuente: Elaboración propia.



Figura 17. Genotipo con clave C1, mostrando su fruto, semilla y forma transversal.
Fuente: Elaboración propia.



Figura 18. Genotipo con clave C3, mostrando su fruto, semilla y forma transversal.
Fuente: Elaboración propia.



Figura 19. Genotipo con clave C4, mostrando su fruto, semilla y forma transversal.
Fuente: Elaboración propia.



Figura 20. Genotipo con clave C5, mostrando su fruto, semilla y forma transversal.
Fuente: Elaboración propia.

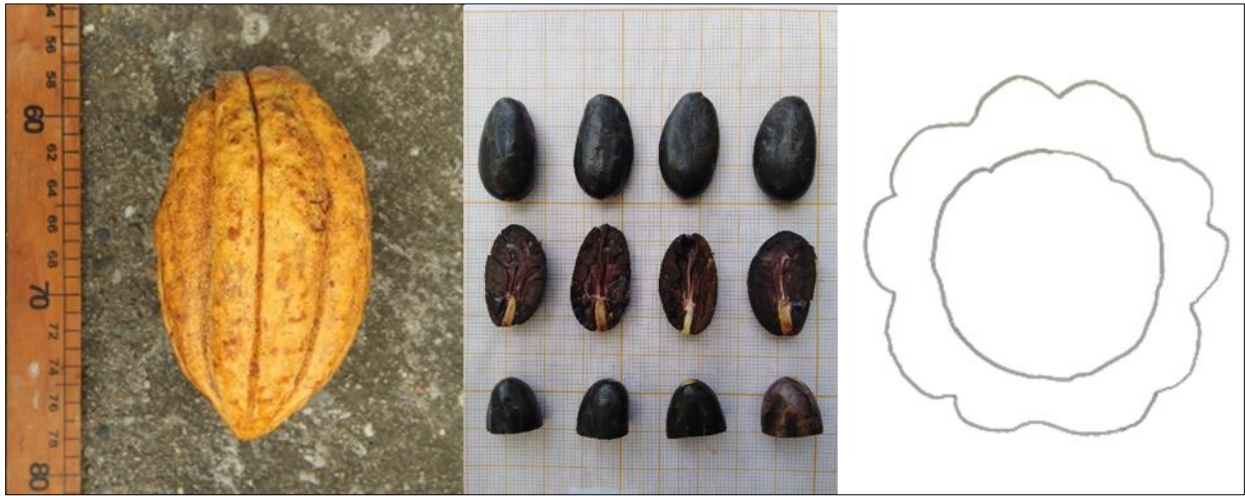


Figura 21. Genotipo con clave P1, mostrando su fruto, semilla y forma transversal.
Fuente: Elaboración propia.



Figura 22. Genotipo con clave P2, mostrando su fruto, semilla y forma transversal.
Fuente: Elaboración propia.

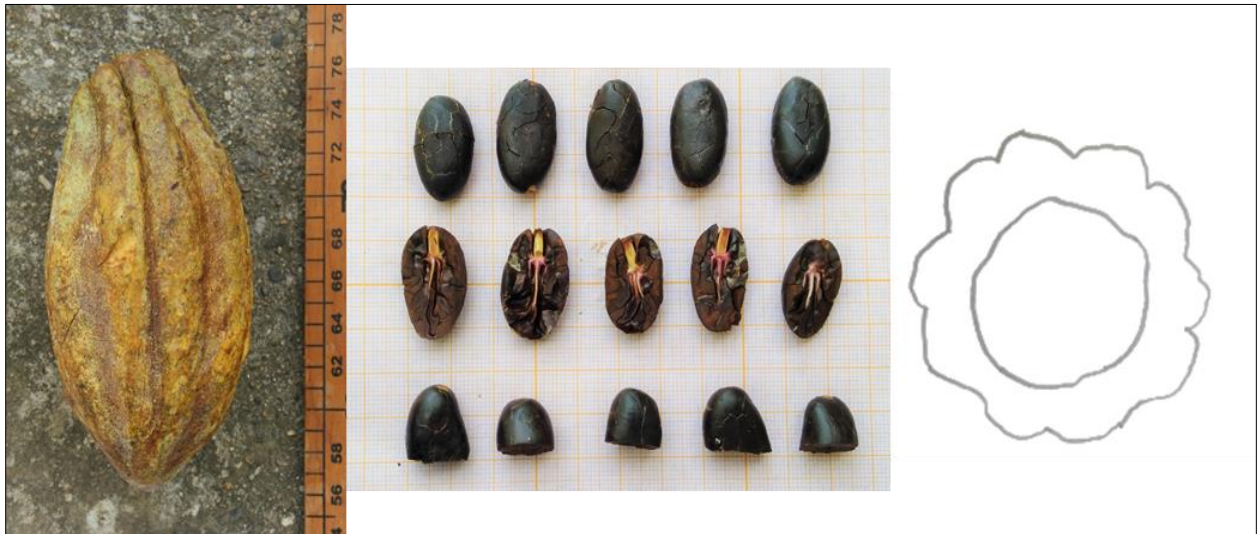


Figura 23. Genotipo con clave P3, mostrando su fruto, semilla y forma transversal.
Fuente: Elaboración propia.

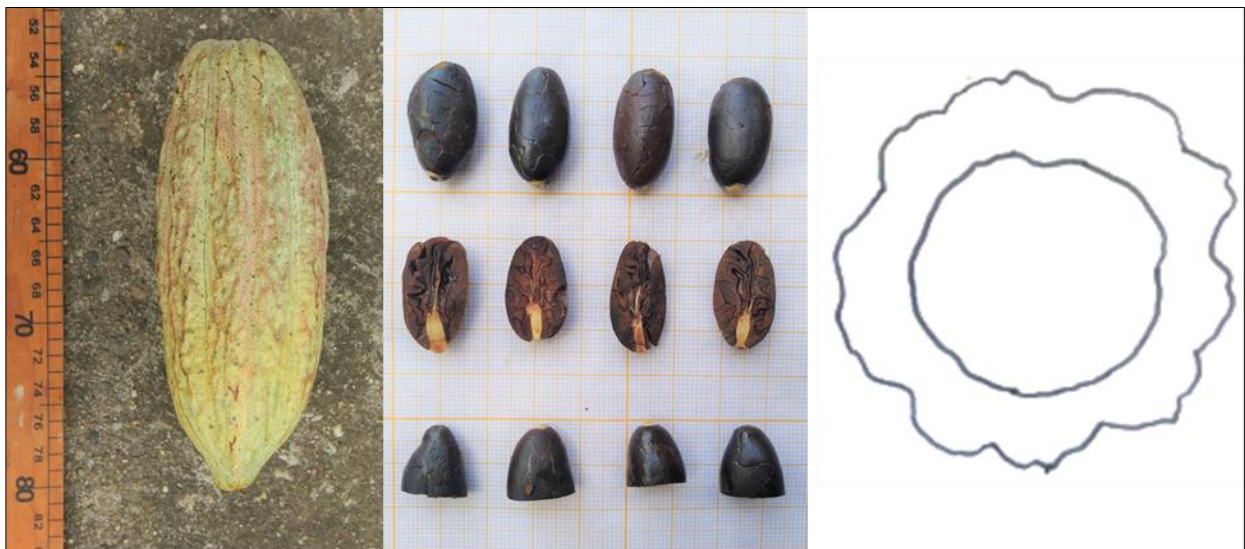


Figura 24. Genotipo con clave PB, mostrando su fruto, semilla y forma transversal.
Fuente: Elaboración propia.



Figura 25. Genotipo con clave PB1, mostrando su fruto, semilla y forma transversal.
Fuente: Elaboración propia.

VIII. Conclusiones y recomendaciones

8.1. Conclusiones del proyecto

Con base a la cancelación anticipada del proyecto, solamente fue posible seleccionar a partir de estudios de georreferenciación, una agrupación y distribución de 131 elementos muestrales por el método de afijación, considerando extensión y densidad de cacaotales por municipio. En los estudios para la selección de genotipos, nos permitió realizar 15 muestras para el municipio de Huimanguillo, Tabasco. Aunque esta muestra corresponde al 20% del total programado a tres años, se pudo observar que en las plantaciones existe una alta heterogeneidad genética, hecho que se esperaba debido al método de propagación por semilla de este cultivo. De este grupo de muestras estudiadas, sobresalen cinco genotipos con clave P1, P2, P3, PB y PB1 los cuales mostraron pesos secos de la almendra de 1.54 g, 1.43 g, 1.46 g, 1.33 g y 1.32 g respectivamente. Un hecho importante que se ha detectado y fue confirmado en estas salidas a campo, corresponde a la existencia de plantaciones muy viejas con arriba de 80 años.

El estado de Tabasco cuenta con excelentes variedades de mayor producción y en algunos casos resistentes a enfermedades, pero que son Heterogéneas es decir que en una sola plantación hay diferentes variedades, debido a la forma de siembra que es por semillas, se encontraron plantaciones con más de 80 años lo que quiere decir que ya han dado su mayor potencial y que son buenas variedades en cuestión de rendimiento, pero que aún se pueden restaurar con la producción de nuevas plántulas y así poder restablecer plantaciones de calidad y homogéneas, ya que es una de las exigencias que tienen las industrias chocolateras, buscan semillas de una sola variedad.

8.2. Recomendaciones

Es una investigación que tiene mucha importancia para el sur-sureste de México, ya que es un cultivo que tiene mucho demanda a nivel mundial, es por ello que se recomienda darle seguimiento y llevarlo a campo el proyecto, ya que la producción de plántulas ayudaría a la restauración de plantaciones que habían sido derribadas y sobre todo ayudaría al medio ambiente ya que la destrucción de árboles trae como consecuencia el calentamiento global, con este proyecto se beneficiarían muchas personas tanto productores como familias enteras y ayudaría a la economía de los tabasqueños. Del grupo de muestras estudiadas, resaltaron cinco genotipos con clave P1, P2, P3, PB y PB1. Estos cinco genotipos son de interés agronómico debido a su característica de peso seco de la almendra por lo que deberán clonarse para seguir su evaluación, validación y caracterización organoléptica. Esto indudablemente, abre la posibilidad de establecer un programa de renovación de plantaciones con genotipos de alto rendimiento, resistencia a enfermedades y calidad organoléptica para el beneficio de los productores.

Literatura citada

- Abril, J. A. (2016). *Inventario de insectos asociados al cultivo de cacao (Theobroma cacao L.)*. Universidad Técnica de Babahoyo, Los Ríos, Ecuador.
- Alviárez, E., Murillo, A., Murillo, P., Rojano, B., & Mendez, J. (2016). Caracterización y extracción lipídica de las semillas del cacao amazónico (*Theobroma grandiflorum*). *Revista Ciencia en Desarrollo*, 7(1), 103-109.
- Arvero, M. A., González, D., Delgado, T., Moroto, S., & Montoya, P. (2017). *Estado actual sobre la producción, el comercio de cacao en américa*. México: Biblioteca básica de agricultura.
- Avendaño Arrazate, C. H., Villarreal Fuentes, J. M., Campos Rojas, E., Gallardos Méndez, R. A., Mendoza López, A., Aguirre Medina, J. F., . . . Espinoza Zaragoza, S. (2011). *Diagnóstico del cacao en México*. México.
- Avendaño Arrazate, C., Lopez Gómez, P., Irracheta Donjuan, L., Vasquez Ovando, A., Bouchan, R., Cortés Cruz, M., & Borrallo, H. (2018). Diversidad genética y selección de una colección núcleo para la conservación a largo plazo de cacao (*Theobroma cacao L.*). *Interciencia*, 770-777.
- Avendaño, A. C., Lopez Gómez, P., Irracheta Donjuan, L., Vasquez Ovando, A., Bouchan, R., Cortés Cruz, M., & Borrallo, H. (2018). Diversidad genética y selección de una colección núcleo para la conservación a largo plazo de cacao (*Theobroma cacao L.*). *Interciencia*, 770-777.
- Ávila, D. M. (2014). *Estudio de la fertilización del cultivo de cacao (Theobroma cacao L.) nacional en suelos volcánicos de quevedo*. Universidad Técnica De Manabí, Manabí, Ecuador.
- Azpeitia Morales, A., Gasca González, H. A., & Villordo Pineda, E. (2017). Relaciones de parentesco en híbrido F1 de cacao (*Theobroma cacao L.*) por marcadores moleculares. *Acta universitaria*, 27(6), 66-77.
- Baena, L. M., & García, N. A. (2012). *Obtención y caracterización de fibra dietaria a partir de cascararilla de las semillas tostadas de Theobroma cacao L. De una industria chocolatera*

- colombiana. Universidad tecnológica de pereira facultad de tecnologías, Pereira, Colombia.
- Barrón, G. Y., Azpeitia, M. A., López, A. P., & Mirafuentes, H. F. (2014). Metodología adaptada para la formación de híbridos F1 de cacao (*Theobroma cacao* L.) en Tabasco. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 5(5), 765-777.
- Batista, L. (2009). *El cultivo de cacao*. Santo Domingo, Republica Dominicana.
- Chacón, d. R., Ramis, C., & Gómez, C. (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)*, 1-13.
- Córdova, C., Jaramillo, J. L., Córdova, E., Carranza, I., & Morales, J. (2018). Chocolate casero tradicional en la región de la Chontalpa Tabasco, México: actores y saberes locales. *Revista de Alimentación Contemporánea*, 28(52), 1-27.
- De La Cruz Landero, E., Córdova Avalos, V., García López, E., Bucio Galindo, A., & Jaramillo Villanueva, J. L. (2015). Manejo agronómico y caracterización socioeconómica del cacao en Comalcalco, Tabasco. *Foresta veracruzana*, 33-40.
- Egas, M. A. (2015). Evaluación y análisis técnico financiero del proceso de prensado de licor (*Theobroma cacao* L.) para la obtención de manteca y polvo de cacao. (*tesis de licenciatura*). Escuela politécnica nacional, Quito.
- García Garrón, L. F. (2010). *Cultivares del Cacao del Perú*. Lima, Perú: Biblioteca Nacional del Perú.
- Gutierrez Navarro, B. M., & Muños Collantes, L. (2017). *Reserva de carbono en la biomasa aéreas de tres plantaciones de diferentes edades de (Theobroma cacao L.)*. Universidad nacional de la amazonia peruana, Iquitos, Perú.
- Hernandez, R. M., Lazaro, C., Morales, R., Bautista, C., Hernandez, C., & Errieta, J. (2017). *Caracterización de la microbiota presente en el proceso de fermentación del cacao en cajas de madera en el Estado de Tabasco, México*. Villahermosa, Tabasco: JOSÉ N. ROVIROSA.

- Ístituto nicaragüense de tecnología agropecuaria. (2009). *Guía tecnológica del cultivo de cacao*. Managua, Nicaragua.
- Johnson M, J., Bonilla, J. M., & Agüero Castillo, L. (2008). *Manual de manejo y producción de cacaotero*. Leon, Nicaragua.
- León, F., Calderón, J., & Mayorga, E. (2016). Estrategias para el cultivo, comercialización y exportación del cacao fino de aroma en Ecuador. *Revista Ciencia Unemi*, 9(18), 45-55.
- Londoño Murillo, J., Gil Villa, D. M., Aguilar Marin, S. B., Rivera Páez, F. A., & López Gartner, G. A. (2011). Caracterización molecular de clones de *Theobroma cacao* L., por medio de marcadores moleculares microsatélites. *Luna Azul*(32), 52-60.
- López Cerino, I., & Chávez García, E. (2018). Eficacia de secado solar tipo túnel con cacao (*Theobroma cacao* L.) en Tabasco. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 4395-4405.
- López, P. (2011). programa estratégico para el desarrollo rural sustentable de la región sur-sureste de Mexico: Tropicó húmedo. (*Paquete tecnológico de cacao*). INIFAP, Huimanguillo, Tabasco.
- Morales J, J. d., García J, A., & Méndez B, E. (2012). ¿Qué sabe usted acerca del cacao? *Revista Mexicana de Ciencias Farmacéuticas*, 43(4), 79-81.
- Moran Sambrano, E. L., & Vera Cedeño, J. C. (2012). *Influencia de la edad del patrón de cacao (Theobroma cacao L.)*. Escuela superior politécnica de agropecuaria de manabí, Calceta.
- Pazmiño Bonilla, E. D. (2018). *Caracterización e implementación de las labores agronómicas en fincas productoras de cacao*. Universidad De La Fuerzas Armadas, Santo Domingo, Ecuador.
- Phillips, W., Arciniegas, A., Mata, A., & Motamayor, J. (2012). *Catálogo de clones de cacao*. Costa Rica: ISBN.
- Priego, C. G., Galmiche, T. A., Castelán, E. M., Ruiz, R. O., & Ortiz, C. (2009). Evaluación de la sustentabilidad de dos sistemas de producción de cacao: estudios de caso de unidades de producción rural en Comalcalco, Tabasco. *Universidad y ciencia*, 25(1), , 39-57.

- Quintana, L. F., Gómez, S., García, A., & Martínez, N. (2015). Caracterización de tres índices de cosecha de cacao de los clones CCN51, ICS60 e ICS 95, en la montaña santandereana, Colombia. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 6(1), 253-265.
- Ramírez Meneses, A., García López, E., Obrador Olán, J. J., Ruiz Rosaldo, O., & Camacho Chiu, W. (2013). Diversidad florística en plantaciones agroforestales de cacao en Cárdenas, Tabasco. *Universidad y ciencias trópico húmedo*, 29(3), 215-230.
- Ramírez, G. (2015). Variabilidad del cacao *Theobroma cacao* L. cultivado en Tabasco, México. *XXVII Reunión Científica Tecnológica, Forestal y Agropecuaria*, 502-507.
- Ramírez, G. M., Lagunes, E. L., Ortiz, G. C., A, G. O., & Roberto, d. I.-S. (2018). Variación morfológica de frutos y semillas de cacao (*Theobroma cacao* L.) de plantaciones en tabasco, méxico. *Revista fitotecnica mexicana*.
- Ramírez, M. Á., Ramos, E., Hernández, P. U., & López, I. (2020). Registro de parasitoides sobre *maconellicoccus hirsutus* (Hemiptera: Pseudococcidae) en Tabasco, México. *Revista Científica Semestral*, 3(2), 593-602.
- Ramos Morales, L. F. (2017). Caracterización morfológica de ocho genotipos criollos de cacao (*Theobroma cacao* L.) del banco de germoplasma del inifap en Huimanguillo. (*Tesis de licenciatura*). Instituto tecnológico de Huimanguillo, Huimanguillo, Tabasco.
- Salas Tornés, J., & Hernández Sánchez, L. (2015). Cacao, una aportación de México al mundo. *Academia mexicana de ciencias*, 66(3), 33-39.
- Salgado, Y. M. (2016). *Propuesta metodológica para la enseñanza y aprendizaje de la química por competencias en undécimo grado basada en estudios de los procesos químicos del cacao (Theobroma cacao) y la guanábana (Annona muricata)*. Universidad Pontificia Bolivariana, Medellín.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). (2015). *Agenda técnica agrícola de Tabasco*. Tabasco.
- SIAP. (11 de Febrero de 2020). SAGARPA. Obtenido de https://nube.siap.gob.mx/avance_agricola/

- Sol Sánchez, Á., Naranjo González, J. A., Córdova Avalos, V., & Ávalos de la Cruz, J. M. (2016). Caracterización bromatológica de los productos derivados de cacao(*Theobroma cacao* L.) en la chontalpa, Tabasco. *Revista Mexicana*(14), 2817-2830.
- Sosa, A. P. (2019). Estudio del cacao fino de aroma. (*Tesis de licenciatura*). Universidad De Los Hemisferios, Quito.
- Torres, M., De La Cruz, A., Pérez, M., & Ortiz, C. (2019). Registro y descripción del daño de la cochinilla rosada del hibisco, *Maconellicoccus hirsutus* Green (Hemiptera: Pseudococcidae), en *Theobroma cacao* L., en Tabasco, México. *Revista chilena de entomología*, 45(1), 157-163.
- Umaña, M. E. (2013). Planta de procesamiento para la elaboración de un producto tradicional y un producto funcional obtenido a partir del grano de cacao (*Theobroma cacao* L.) fermentado y no fermentado. (*tesis de licenciatura*). Universidad de facultad de ingeniería, San José, Costa Rica.

Anexos

Observación	Peso fresco (g)	Significación
12	470.1000	A
14	464.4700	B
11	455.9400	C
13	454.1400	C
15	377.1000	D
4	344.6000	E
7	278.8900	F
1	275.3600	G
3	272.3600	H
10	263.6000	I
2	263.2000	I
9	262.6200	I
5	243.8900	J
8	238.5600	K
6	187.7700	L

NIVEL DE SIGNIFICANCIA = 0.05

OPRIMA CUALQUIER TECLA PARA CONTINUAR...

Figura 26. Corrida de datos, peso fresco de 100 semillas con testa, mediante el programa FEUANAL.

Observación	Peso fresco (g)	Significación
11	219.7100	A
12	212.5300	B
13	207.6200	C
15	191.6000	D
14	191.3200	D
1	176.2000	E
9	159.4500	F
10	152.6300	G
1	147.3200	H
1	146.7000	H
1	141.3100	I
1	128.2000	J
1	121.9200	K
1	119.4000	L
1	99.3300	M

NIVEL DE SIGNIFICANCIA = 0.05

OPRIMA CUALQUIER TECLA PARA CONTINUAR...

Figura 27. Corrida de datos, peso fresco de 100 semilla sin testa, mediante el programa FEUANAL.

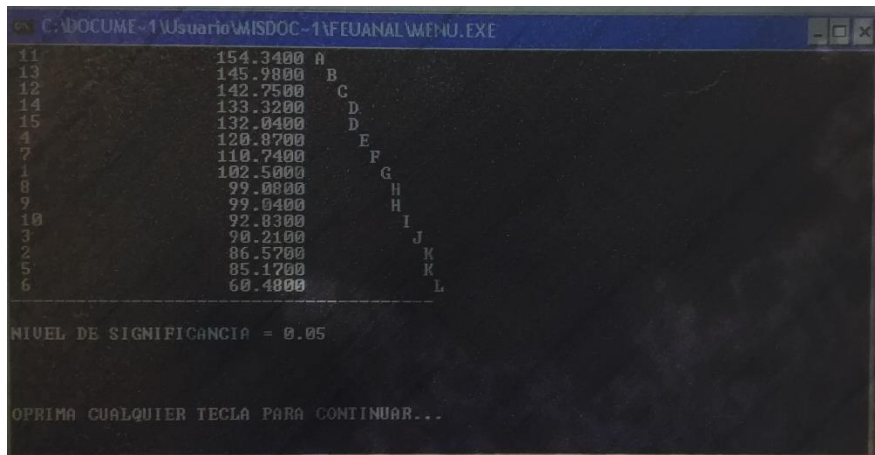


Figura 28. Corrida de datos, Peso seco de 100 semillas sin testa, mediante el programa FEUNAL.

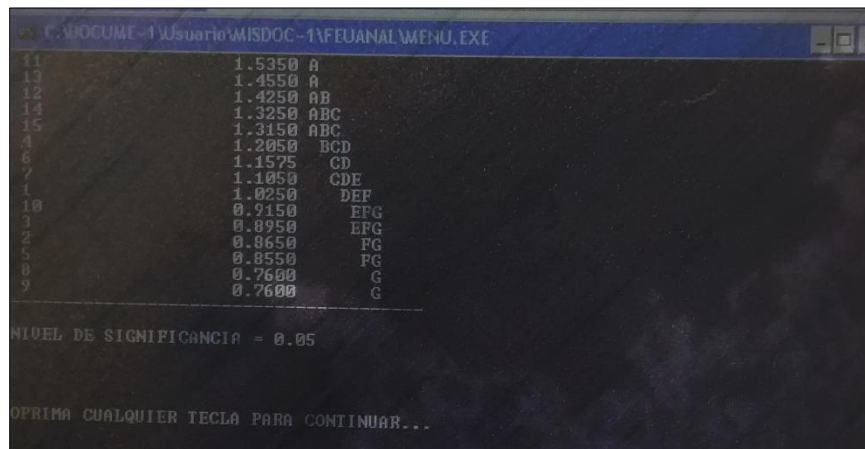


Figura 29. Corrida de datos, peso medio de una semilla, mediante el programa FEUNAL.



Figura 30. Visita a plantación del productor Evaristo Salaya.



Figura 31. Colectas de fruto en plantaciones del productor Evaristo Salaya en el poblado C-40, Huimanguillo.



Figura 32. Plantaciones marcadas a través de GPS.



Figura 33. Caracterización y peso de mazorcas de cacao en el laboratorio del INIFAP.



Figura 34. Caracterización de semillas (color, forma, tamaño) utilizando un vernier.