



SEP
SECRETARÍA DE
EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



**TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE HUIMANGUILLO**

PROYECTO DE TITULACIÓN INTEGRAL

TESIS

**INFLUENCIA DEL PATRÓN EN EL PRENDIMIENTO DE
INJERTOS DE YEMA EN CACAO (*Theobroma cacao* L.)**

**CARRERA:
INGENIERÍA EN INNOVACIÓN AGRÍCOLA SUSTENTABLE**

**ESPECIALIDAD:
SISTEMAS INTENSIVOS EN AGRICULTURA PROTEGIDA**

**PRESENTA:
EDGAR JIMÉNEZ LÓPEZ**

HUIMANGUILLO, TABASCO, FEBRERO 2019



SEP
SECRETARÍA DE
EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO INSTITUTO TECNOLÓGICO DE HUIMANGUILLO

PROYECTO DE TITULACIÓN INTEGRAL

TESIS:

**INFLUENCIA DEL PATRÓN EN EL PRENDIMIENTO DE
INJERTOS DE YEMA EN CACAO (*Theobroma cacao* L.)**

CARRERA:

INGENIERÍA EN INNOVACIÓN AGRÍCOLA SUSTENTABLE

ESPECIALIDAD:

SISTEMAS INTENSIVOS EN AGRICULTURA PROTEGIDA

PRESENTA:

EDGAR JIMÉNEZ LÓPEZ


HUIMANGUILLO, TABASCO, FEBRERO 2019

La presente tesis titulada: **INFLUENCIA DEL PATRÓN EN EL PRENDIMIENTO DE INJERTOS DE YEMA EN CACAO (*Theobroma cacao* L.)** realizada por el alumno **EDGAR JIMÉNEZ LÓPEZ**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

**INGENIERÍA EN
INNOVACIÓN AGRÍCOLA SUSTENTABLE**

CONSEJO PARTICULAR

PRESIDENTA:



M.C. Lorena Vázquez Hernández

SECRETARIO (A):



Ing. Jedive Abarca Córdova

VOCAL:



M.C. Maricela Pablo Pérez

ASESOR EXTERNO:

Dr. Alfonso Azpeitia Morales

Huimanguillo, Tabasco, México, febrero de 2019

Resumen

Influencia del patrón en el prendimiento de injertos de yema en cacao (*Theobroma cacao* L.)

Jiménez López Edgar

Instituto Tecnológico de Huimanguillo, 2019

El cacao es propagado clonalmente a través de injertos, sin embargo, no existen reportes del comportamiento de patrones de cacao en vivero. Por lo tanto, el objetivo de la presente investigación fue evaluar el desarrollo de patrones de cacao para su injertación en la etapa de vivero. Los resultados mostraron que a los cuatro meses de cultivo el tratamiento con el híbrido Canek presentó una media de siete mm siendo superior al tratamiento testigo (PA169) el cual mostro un diámetro de 5.9 mm. En cuanto al número de hojas, Canek y UF273 fueron iguales estadísticamente con 15 y 14 hojas respectivamente y superiores al resto de tratamientos incluyendo el testigo (12 hojas). Con base a los resultados obtenidos se concluye que el genotipo Canek y Chack presentan buen desarrollo del tallo y mayor número de hojas. Su desarrollo que alcanzan a los cuatro meses hace que sean factibles de injertarse. Sin embargo, al realizar la injertación de las yemas en los diferentes tipos de patrones obtuvo que las variedades que mejor se adaptaron fueron la variedad PA169 con un porcentaje del 95.1% de prendimiento seguida de las variedades UF273 y Olmeca que tuvieron un 87.8% de prendimiento del total injertadas, siendo por estos motivos las variedades UF273, PA169 y Olmeca las más recomendables para su utilización como patrones de injertación.

Palabras claves: *Cacao, clonalmente, injertos, patrones, híbrido, yemas.*

Abstract

Influence of the pattern on the yard of yema graft in cacao (*Theobroma cacao* L.)

Jiménez López Edgar

Technological Institute of Huimanguillo, 2019

Cocoa is propagated clonally through grafts, however, there are no reports of the behavior of cacao patterns in the nursery. Therefore, the objective of the present investigation was to evaluate the development of cacao patterns for their grafting in the nursery stage. The results showed that after four months of cultivation, treatment with the Canek hybrid presented an average of seven mm, being superior to the control treatment (PA 169), which showed a diameter of 5.9 mm. Regarding the number of leaves, Canek and UF 273 were statistically equal with 15 and 14 leaves respectively and superior to the rest of treatments including the control (12 leaves). Based on the results obtained, it is concluded that the Canek and Chack genotypes have good stem development and a greater number of leaves. Its development that reaches four months makes it feasible to graft.

However, when carrying out the budding of the buds in the different types of patterns, it was obtained that the best adapted varieties were the PA169 variety with a percentage of 95.1% of the yield, followed by the UF273 and Olmeca varieties that had an 87.8% yield of the total grafted, being for these reasons the varieties UF273, PA169 and Olmeca the most recommended for use as grafting patterns.

Keywords: *Cocoa, clonally, grafts, patterns, hybrid, buds.*

Dedicatoria

A Dios por brindarme un día más de vida, darme conocimiento, habilidades y todo lo necesario para mi preparación diaria, todo esto no lo hubiera logrado sin su gran misericordia y su presencia a lo largo de mi vida, nunca me has dejado solo. Gracias señor.

A mi madre que siempre ha estado pendiente de mí y mediante todo su cariño, motivación, esfuerzo siempre me ha impulsado y apoyado en mi superación diaria, gracias madre por tantas noches en vela, por tanto, trabajo y tiempo que me has regalado, nada hubiera logrado sin tus sacrificios.

A mi padre que me ha apoyado para prepararme académicamente, dándome la oportunidad de este logro más.

A mi hermano que mediante su gran esfuerzo y lucha siempre ha estado a mi lado en los buenos y malos momentos apoyándome, motivándome, enseñándome y compartiendo sus experiencias.

A mi hermana que siendo una motivación para que ella se prepare profesionalmente tendría que yo alcanzar esta meta.

Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el financiamiento otorgado para la realización de mi tesis profesional.

Al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias-Campus Huimanguillo (INIFAP) por abrirme las puertas de sus instalaciones, dándome la oportunidad de realizar la presente tesis profesional en un ambiente grato y adecuado.

Al Instituto Tecnológico de Huimanguillo (ITHUI) que durante todo este tiempo ha sido mi casa de estudios, que mediante cada uno de los docentes que la conforman han plasmado en mi gran conocimiento académico, ética y valores todo con el fin de formarme profesionalmente como Ingeniero en Innovación Agrícola Sustentable.

Al Doctor Alfonso Azpeitia Morales que como mi asesor externo me apoyo y guio en todo momento, por compartir sus conocimientos para realizar cada uno de los pasos del proyecto.

A la Maestra en Ciencias Lorena Vázquez Hernández que como mi asesora interna me brindo todo su conocimiento, apoyo y tiempo para plasmar cada parte y proceso de este proyecto y concluirlo satisfactoriamente.

A los ingenieros José Notario Torres y Jedive Abarca Córdova que a lo largo de mi estancia en el Instituto fueron grandes docentes y amigos que compartiendo sus conocimientos y experiencias que en este proceso ha sido de gran ayuda y que profesional y personalmente lo serán aún más.

Al técnico Luis David González Méndez que, durante mi estancia en el INIFAP, por la contribución al buen desarrollo de esta investigación, por la oportunidad de contar con su ayuda y experiencia en el cultivo cacao.

A mis compañeros Manuel Antonio Urbano cruz y Jesús Rivera Hernández que durante todo el tiempo de preparación profesional, compartieron gratos momentos y experiencias que siempre recordare.

Índice

Índice de Cuadros	iv
Índice de Figuras.....	v
Capítulo I	1
1.1. Introducción	1
1.2. Objetivos.....	2
1.2.1. Objetivo general.....	2
1.2.2. Objetivo específico.	2
1.3. Hipótesis	3
1.4. Justificación	4
Capítulo II.....	5
2.1. Descripción botánica.....	5
2.2. Descripción botánica del cultivo de cacao.....	5
2.2.1. Sistema radicular.....	5
2.2.2. Árbol.	6
2.2.3. Tallo y ramas.....	7
2.2.4. Hojas.	7
2.2.5. Flor.....	8
2.2.6. Fruto.....	9
2.2.7. La semilla.....	10
2.3. Importancia económica.....	10
2.4. Agro climatología	12
2.4.1. Condiciones de suelo requeridas para el cultivo de cacao.....	13
2.5. Plagas	15
2.5.1. Mosquilla del cacao.	15
2.5.2. Asta de torito.....	18
2.5.3. Trips del cacao.....	19
2.5.4. Ataque de Ratas.	20
2.5.5. Ataque del pájaro carpintero.....	20
2.5.6. Ataque de hormigas y chinche harinosa.	21

2.6. Enfermedades.....	22
2.6.1. Pudrición parda.....	22
2.6.2. Moniliasis.....	28
2.6.3. Escoba de bruja.....	33
2.6.4. Antracnosis.....	36
2.6.5. Clasificación del cacao.....	39
2.7. Reproducción.....	40
2.7.1. Biología reproductiva de la flor de cacao (<i>Theobroma cacao</i> L).....	40
2.7.2. Reproducción sexual.....	41
2.7.3. Reproducción asexual.....	41
2.8. Tipos de injertos.....	42
2.8.1. Principales factores que influyen en el prendimiento del injerto.....	43
2.8.2. Injerto de púa central o terminal.....	43
2.8.3. Injerto de púa lateral.....	44
2.8.4. Injerto en T.....	44
2.9. Materiales de cacao ofertados por el INIFAP.....	45
2.10. Genotipos resistentes.....	46
Capítulo III.....	48
3.1. Materiales y métodos.....	48
3.1.1. Área experimental.....	48
3.1.2. Material experimental.....	49
3.1.3. Material de campo.....	49
3.1.4. Materiales de oficina.....	49
3.1.5. Métodos utilizados.....	50
3.1.6. Primera etapa.....	50
3.1.7. Segunda etapa.....	50
3.1.8. Tercera etapa.....	50
3.1.9. Cuarta etapa.....	50
Capítulo IV.....	52
4.1. Resultado y discusión.....	52
Capítulo V.....	66

5.1. Conclusión	66
5.2. Recomendaciones	67
Literaturas citadas	68
Anexos	72

Índice de Cuadros

Cuadro 1. Clasificación taxonómica de <i>Theobroma cacao</i> L.	5
Cuadro 2. Condiciones climáticas y edafológicas para el cultivo de cacao en América Latina y el Caribe.	12
Cuadro 3. Accesiones incorporadas al banco de germoplasma y lugar de origen.	45
Cuadro 4. Genotipos mexicanos de cacao con evaluación agronómica sobresaliente.	46
Cuadro 5. Resultado de cruzamientos programados y dirigidos, con alto rendimiento y contenido de grasa.	46
Cuadro 6. Patrones y variedades a utilizar en el trabajo experimental.	49

Índice de Figuras

Figura 1. Árbol de cacao (<i>Theobroma cacao</i> L.).....	6
Figura 2. Ramas del árbol de cacao.	7
Figura 3. Hojas del árbol de cacao.....	8
Figura 4. Flor de cacao.....	9
Figura 5. Fruto de cacao.....	9
Figura 6. Mosquilla del cacao.	15
Figura 7. Manchas color marrón oscuro. Producto del ataque de la mosquilla del cacao.	16
Figura 8 A) Cepas <i>Beauveria bassiana</i> , B) <i>predator Podisus</i> sp.	17
Figura 9. Daños en brotes jóvenes.	18
Figura 10. Chinche <i>Hoplophorion pertusa</i>	18
Figura 11. <i>Selenothrips rubrocinctus</i>	19
Figura 12. A) <i>Rattus rattus</i> (rata), B) Daño en frutos.	20
Figura 13. A) <i>Melanerpes striatus</i> (pajaro carpintero de la isla Hispaniola, B) Daño de frutos. .	21
Figura 14. Daño por chinches y hormigas.	21
Figura 15.. Ciclo de la enfermedad.	25
Figura 16. Síntomas internos y externos de la moniliasis.....	29
Figura 17. Ciclo de la enfermedad.....	31
Figura 18. Ciclo de la enfermedad.....	38
Figura 19. Biofábrica establecida en las instalaciones de INIFAP C.E. Huimanguillo.....	48
Figura 20. Porcentaje de germinación de plantas dependiendo el tipo de variedad.	52
Figura 21. Desarrollo de altura de las variedades estudiadas al transcurrir el mes uno y analizadas mediante la prueba de Tukey al 95%.....	53
Figura 22. Desarrollo de altura de las variedades estudiadas al transcurrir el mes dos y analizadas mediante la prueba de Tukey al 95%.....	54
Figura 23. Desarrollo de altura de las variedades estudiadas al transcurrir el mes tres y analizadas mediante la prueba de Tukey al 95%.....	55
Figura 24. Desarrollo de altura de las variedades estudiadas al transcurrir el mes uno y analizadas mediante la prueba de Tukey al 95%.....	56
Figura 25. Desarrollo del diámetro del tallo de las variedades estudiadas al transcurrir el mes uno y analizadas mediante la prueba de Tukey al 95%.	57

Figura 26. Desarrollo del diámetro del tallo de las variedades estudiadas al transcurrir el mes tres y analizadas mediante la prueba de Tukey al 95%.	58
Figura 27. Desarrollo del diámetro del tallo de las variedades estudiadas al transcurrir el mes tres y analizadas mediante la prueba de Tukey al 95%.	59
Figura 28. Desarrollo del diámetro del tallo de las variedades estudiadas al transcurrir el mes cuatro y analizadas mediante la prueba de Tukey al 95%.	60
Figura 29. Número de hojas desarrolladas por las variedades estudiadas al transcurrir el mes uno y analizadas mediante la prueba de Tukey al 95%.	61
Figura 30. Número de hojas desarrolladas por las variedades estudiadas al transcurrir el mes dos y analizadas mediante la prueba de Tukey al 95%.	62
Figura 31. Número de hojas desarrolladas por las variedades estudiadas al transcurrir el mes tres y analizadas mediante la prueba de Tukey al 95%.	63
Figura 32. Número de hojas desarrolladas por las variedades estudiadas al transcurrir el mes cuatro y analizadas mediante la prueba de Tukey al 95%.	64
Figura 33. Porcentaje de prendimiento de acuerdo con las variedades estudiadas al transcurrir 15 días desde la injertación de las yemas y al analizarlas mediante la prueba de Tukey al 95%.	65

Capítulo I

1.1. Introducción

El cacao es una especie nativa de la región, en factores culturales y económicos debido a sus variados usos en el consumo humano, por ende es muy importante su propagación y renovación de cultivares antiguos que ya hayan alcanzado y terminado su máxima producción por variedades lo suficientemente resistente a las plagas y enfermedades que en años anteriores han perjudicado a este cultivo provocando el reemplazo del mismo por otro tipo de cultivo, esto implica que cada vez que haya menos hectáreas establecidas.

Uno de los problemas por los cuales se realizó el trabajo fue para renovar las plantaciones de las cuales se requieren cerca de 60 millones de plantas y no hay establecidos patrones específicos de propagación y que cuenten con documentación comprobatoria de su evaluación, por eso se pretendió encontrar dentro las variedades evaluadas al menos un patrón con el 90% de germinación y de prendimiento de yemas para determinar y asegurar que los patrones recomendados sean viables para la propagación de plantas de buena calidad y con características requerías por los productores.

En el presente trabajo se evaluó cinco variedades resistentes de cacao utilizadas como patrones para determinar su viabilidad de acuerdo con el desarrollo que éstas tuvieran en variables de altura, diámetro del tallo y número de hojas a lo largo de cuatro meses y posteriormente analizando cada una de estas mediante un programa estadístico y pruebas de media de Tukey al 95% de confiabilidad.

Como parte importante de igual manera se procedió a la evaluación del comportamiento de los patrones al ser injertadas con otras cinco variedades diferentes y analizando el porcentaje de prendimiento de yemas utilizadas para permitir conocer la compatibilidad que estas tienen y como se pudieran comportar en viveros de propagación.

1.2 Objetivos

1.2.1. Objetivo general.

Determinar la influencia del patrón en el porcentaje de prendimiento de injertos de yema.

1.2.2. Objetivo específico.

- Evaluar el porcentaje de germinación de cinco variedades de cacao
- Evaluar el desarrollo de cinco variedades de cacao bajo condiciones protegidas para uso como patrones
- Seleccionar al menos una variedad con mayor porcentaje de prendimiento de yemas de cacao.

1.3. Hipótesis

- H1: Es posible encontrar al menos un genotipo híbrido con un 90% de germinación.
- H2: Es posible encontrar al menos un genotipo híbrido con un 90% de prendimiento de injerto de yema.

1.4. Justificación

En la actualidad, el cultivo de cacao es muy importante en Tabasco, debido a que se cultivan 59,675 mil ha nacionalmente de las cuales 40,923 pertenecen a dicho estado (SIAP, 2018). Este cultivo es importante en la dieta del tabasqueño debido a su alto consumo como bebida (pozol). Además, la importancia del uso del grano seco en la industria del chocolate y sus derivados. Actualmente es necesario renovar la gran mayoría de las plantaciones debido a que han rebasado su etapa productiva, por lo que en el presente proyecto se realizarán estudios para conocer el comportamiento del patrón y el desarrollo del injerto. En la actualidad no existe información documentada en México a cerca de este planteamiento por lo que se considera que existen patrones y variedades que puedan ser altamente compatibles y que favorezcan su prendimiento y mejor desarrollo.

Actualmente es necesario renovar la gran mayoría de las plantaciones debido a que han rebasado su etapa productiva, se estima que se necesitan cerca de 60 millones de plantas. En la actualidad, los patrones recomendados para realizar injertos son los genotipos: IMC 67 y las variedades locales Amelonado y Angoleta. Sin embargo, no existen evidencias documentales que indiquen las bondades de estos patrones. Con base a lo anterior, en el presente proyecto se realizarán estudios para conocer el comportamiento del patrón y el desarrollo del injerto correspondiente a cinco variedades de cacao definidas por su calidad agronómica.

Capítulo II

2.1. Descripción botánica

El cacao es una especie diploide ($2n=20$ cromosomas), de ciclo vegetativo perenne, ubicándose primero en el género *Theobroma* en la familia Tiliaceae. Después se consideró que podría ser incluido en la familia Esterculiaceae, y actualmente es incluido en la familia Malvaceae. *Theobroma cacao* es una de las 22 especies del género *Theobroma* (Cuadro 1), originaria de Sudamérica y partes de Centroamérica (Avendaño, Villarreal, Campos, Gallardo, Mendoza, Aguirre, y Espinosa, 2011).

Cuadro 1 Clasificación taxonómica de *Theobroma cacao* L.

Taxonomía			
Reino	Plantae	Subfamilia	Byttnerioideae
División	Magnoliophyta	Tribu	Theobromeae
Clase	Magnoliopsida	Género	<i>Theobroma</i>
Orden	Malvales	Especie	<i>cacao Theobroma cacao</i> L.
Familia	Malvaceae	Subespecies	<i>T. cacao</i> subespecie <i>sphaerocarpum</i> <i>Theobroma cacao</i> es una de las 22 especies del género <i>Theobroma</i>

Fuente: (Avendaño et al., 2011).

2.2. Descripción botánica del cultivo de cacao

2.2.1. Sistema radicular.

La forma y desarrollo de las raíces del cacao dependen principalmente de la textura, estructura y consistencia del suelo. En suelos profundos bien aireados su crecimiento puede alcanzar hasta 2 metros de profundidad; en suelos pedregosos su crecimiento es tortuoso. Cuando el suelo es de una estructura granular uniforme y de textura arcillosa, la raíz crece erecta.

Sin embargo, la planta de cacao originada de una semilla posee un sistema radicular compuesto por una raíz principal pivotante de la cual nacen numerosas raíces secundarias, esta busca las capas inferiores del suelo hacia los mantos freáticos. Estas son más numerosas en los 30 primeros centímetros donde forman una densa red de raicillas en la superficie del suelo, la cual se ve favorecida por una capa de materia orgánica en descomposición que la protege de la radiación directa, y de la erosión superficial (Arana, 2016).

Tiene una raíz pivotante principal, que puede crecer entre 1.20 y 1.50 m, dependiendo de las características del suelo. En los primeros 20 a 25 cm, desde la corona radical se desarrolla gran cantidad de raíces laterales o secundarias que dan origen a las terciarias y estas, a su vez, a las cuaternarias, etc. 80% a 90% de las raíces se encuentran en estos centímetros del suelo (20-25 cm) por lo que cualquier labor al suelo mal empleada puede dañarlas. Los árboles que crecen a partir de estacas no forman una raíz principal, en su lugar se desarrollan dos a tres raíces laterales secundarias que penetran en el suelo a una profundidad parecida a la que llega la raíz principal y desempeñan una función similar a esta (De la Cruz, 2014).

2.2.2. Árbol.

Theobroma cacao L. es una planta caulífera y semi-caducífola. El árbol es bajo, alcanzando una altura promedio de 5.10 m. El tronco es corto, ramas en verticilos de 5 m, dimórficas; con chupones verticales que crecen en el tronco y que tienen hojas dispuestas en 5/8 de filotaxia (disposición de las hojas a lo largo de los tallos), (De La Cruz, Vargas y Del Angel, 2010).

Las plantas de cacao generalmente son árboles de 4 a 8 metros de altura, que pueden crecer, hasta casi 10 metros cuando crecen como plantas silvestres (Abril, 2016).



Figura 1. Árbol de cacao (*Theobroma cacao* L.).
Fuente: (Foto tomada por Jiménez López Edgar, 2018).

2.2.3. Tallo y ramas.

Las plantas de cacao, reproducidas por semillas, desarrollan un tallo principal de crecimiento vertical que puede alcanzar 1 a 2 metros de altura a la edad de 12 a 18 meses. A partir de ese momento la yema apical detiene su crecimiento y del mismo nivel emergen de 3 a 5 ramas laterales. A este conjunto de ramas se le llama comúnmente verticilio u horqueta (Arana, 2016).

El cacao posee dos tipos de ramas:

Unas verticales (o chupón), estas incluyen el eje principal de las plantas que son producidas por semillas, poseen hojas en espiral las cuales se encuentra alternada mismas que van de $3/8$, su crecimiento es limitado ya que tarde o temprano va a dar origen a un abanico terminal. Las ramas horizontales que tienen hojas alternas en $1/2$ creciendo indefinidamente y dando origen a ramas laterales de su mismo tipo (Figura 2) (Abril, 2016).



Figura 2. Ramas del árbol de cacao.
Fuente: (Foto tomada por Jiménez López Edgar, 2018).

2.2.4. Hojas.

Las hojas de cacao son grandes, coriáceas o cartáceas, alternas, dísticas con ramas normales, verdes, pecíolo pubescente o tomentoso, pelos de difusión simples y densos, engrosados y pulvinados en los extremos; láminas de 12 a 60 cm de largo, 4 a 20 cm de ancho de elípticas a obovadas u oblongas, enteras, y glabras (poco pelo) (De La Cruz et al., 2010).

La vida de las hojas es limitada pues luego de una fase de actividad de cuatro o cinco meses, el tamaño varía mucho como respuesta al ambiente, con menos luz es más grande y con más luz, más pequeña (Figura 3) (Puga, 2017).



Figura 3. Hojas del árbol de cacao.
Fuente: (Foto tomada por Jiménez López Edgar, 2018).

2.2.5. Flor.

Inflorescencia dicasiales (Inflorescencia cimosa que, terminando en una flor, se originan dos flores laterales por debajo); pedúnculo primario muy corto, grueso y lignificado. El pedúnculo de la flor es de 1 a 4 cm de largo con 5 sépalos triangulares de color blanquecino o de color rojizo, 5 Pétalos unidos en la base en una estructura de forma de copa, de color blanco-amarillo con bandas adaxiales de color púrpura oscuro; lígulas espatuladas de color amarillento. Cinco estambres fértiles alternando con 5 estaminodios y dos puntos de unión para formar un tubo. Dos Anteras con estambres fusionados. Un ovario superior con una terminación de estilo sencillo que termina en 5 superficies unidas (Figura 4) (De La Cruz et al., 2010).

El cacao florece todo el año, aunque existen variedades que lo hacen únicamente durante cierta época. El ambiente ejerce una fuerte influencia en la floración pero el aspecto genético en ocasiones puede ser de mayor efecto, tal como ocurre en algunos cacaos criollos (De la Cruz, 2014).



Figura 4. Flor de cacao.

Fuente: (Foto tomada por Jiménez López Edgar, 2018).

2.2.6. Fruto.

El fruto es variable en forma, ovoidal, alargadas, a veces puntiaguda y estrecha en la base o casi esférica, con 10 surcos de los cuales 5 son prominentes. Presenta placentación axial, semillas incrustadas en mucílago, plana o redonda con los cotiledones de color blanco o morado (Figura 5) (De La Cruz et al., 2010).

El fruto en forma de una valla, puede tener un tamaño de 15 a 25 centímetros y en su interior puede contener aproximadamente 20 a 60 semillas (Abril, 2016).



Figura 5. Fruto de cacao.

Fuente: (Foto tomada por Jiménez López Edgar, 2018).

2.2.7. La semilla.

El fruto del cacao puede llegar a tener de 20 a 60 semillas, estas van a variar de tamaño y forma de acuerdo a su genética. La mazorca o fruto del cacao se desarrolla de los óvulos que se encuentran en el interior del ovario de la flor (Abril, 2016).

Se la conoce como "semilla", "grano", "pepa" o "almendra". Aunque para una mejor identificación se la designa como "semilla" cuando está fresca y toma las otras definiciones cuando ha recibido los procesos de fermentación y secado. En estado fresco está recubierta por una pulpa o mucílago de color blanco y sabor azucarado, bajo esta pulpa se encuentra una envoltura muy fina y resistente de color rosado que es la cáscara del grano y que recubre a los cotiledones los mismos que se encuentran unidos en la base por la radícula (Puga, 2017).

Las semillas contienen hasta 50 % de grasa y se utilizan principalmente para el consumo humano como materia prima para la elaboración de chocolates, manteca de cacao y cacao en polvo o cocoa. En la industria, la manteca de cacao se usa para elaborar cosméticos y perfumería (INIFAP, 2017).

Son grandes del tamaño de una almendra, color chocolate, púrpuro o blanco, de 2.0 a 3.0 cm de largo y de sabor amargo. No tiene albumen y están recubiertas por una pulpa mucilaginoso de color blanco y de sabor agridulce. Todo el volumen de la semilla en el interior está prácticamente ocupado por los dos cotiledones del embrión; comúnmente se les llama "granos" de cacao. Son ricas en almidón, proteínas y grasas, de ahí su valor nutritivo. Al igual que con los frutos, el color y la forma de las semillas varía entre cada grupo botánico (Romero, 2016).

2.3 Importancia económica

El trópico mexicano presenta condiciones agroecológicas apropiadas para el desarrollo de cultivos perennes, como el cacao (*Theobroma cacao* L.), especie tropical de la familia Sterculiaceae que se distribuye en forma natural en los estratos medios de las selvas cálidas húmedas del hemisferio occidental, entre 18° latitud norte (los estados de Veracruz, Tabasco y Chiapas, en México) y 15° LS (Brasil y Bolivia), y desde 0 hasta 1000 msnm, en México se produce principalmente en los estados de Tabasco y Chiapas. Tanto la superficie sembrada como la producción de cacao ha disminuido al pasar de 75 356 ha y 36 360 ton en 1980 a 64 143 ha y

27 618 t en 2012 respectivamente, situación que ubica a México como importador neto a partir del año 2000, con un saldo negativo de 18 684 ton en 2011. Los factores que se mencionan como la causa de esta tendencia son bajos rendimientos, la edad avanzada de las plantaciones, los altos costos de producción, el exceso de intermediarios y la dependencia de precios internacionales (Espinosa, Uresti, Vélez, Moctezuma, Inurreta, Góngora, González, 2015).

El cacao (*Theobroma cacao* L), originario de América del Sur, es un cultivo de importancia económica, industrial, social, cultural y ambiental. En los últimos 10 años, en México, se ha observado una tendencia decreciente en la producción. En el 2003 se reportó una producción de 49,964 ton mientras que para 2013 la producción fue de sólo 27 844 ton, con una reducción en la superficie cultivada de 20 668 ha. Chiapas es uno de los estados productores más importantes de cacao, ocupa el segundo lugar en producción después de Tabasco quien posee una superficie destinada al cultivo de 20,299 ha y produce 9,080 ton, a razón de 440 kg ha⁻¹. Las principales zonas productoras de cacao en Chiapas son el Soconusco y Norte del estado donde este cultivo ha sido parte de la cultura, economía, sociedad e historia (Espinosa et al., 2015).

Una iniciativa reciente ha mostrado el valor económico, social, cultural y ambiental de las plantaciones de cacao. Esta iniciativa denominada “Mejoramiento Participativo” reconoce al cacao como fuente de diversidad y selecciona los mejores ejemplares en términos de resistencia a enfermedades y propiedades organolépticas excepcionales con potencial comercial sobresaliente.

Desafortunadamente, el cacao enfrenta una crisis debida a factores ambientales, tecnológicos, económicos y sociales, que se ven agravados por problemas fitosanitarios como las enfermedades que destruyen plantaciones enteras, obligando a los productores a abandonar este cultivo ancestral (Hernández, Hernández, Avendaño, Arrazate, López, Garrido, Ramírez, Romero, Nava, 2015).

A nivel mundial, la situación del cultivo del cacao, no es diferente a la de México, el reporte anual de la Organización Internacional del Cacao (ICCO), menciona que la producción mundial cayó de 4 313 000 t en 2011 a 4 052 000 t en 2012; es decir, 6%, aunado a esto enfrenta otros problemas como el predominio de unidades de producción pequeñas, baja productividad, plantaciones viejas, volatilidad de precios, así como la presencia de plagas y enfermedades. A pesar de esta problemática las perspectivas para este cultivo son alentadoras, dado que existe un crecimiento de la demanda de 2.5%, propiciado por que el consumo del cacao (*Theobroma cacao*

L.) está relacionado con la demanda industrial del producto para fabricar principalmente chocolates (Espinosa et al., 2015).

2.4 Agro climatología

Para que el cacao en México tenga un crecimiento bueno, floración y fructificación abundante, además de abundantes brotes vegetativos bien repartidos durante todo el año, la temperatura media anual óptima debe estar entre los 23 °C y 28 °C. La cantidad de lluvia que requiere el cultivo de cacao oscila entre 1500 y 2500 mm en las zonas del trópico húmedo y de 1000 a 1500 mm en las zonas más templadas o en los valles más altos, la precipitación adecuada es la que oscila entre los 1200 mm y 2500 mm bien distribuida durante todo el año. Para una producción óptima de cacao, la humedad debe ser tal que se mantenga entre los niveles de 50% a 70%. El cacao en México tolera suelos con una profundidad de 0.60 m, pero lo mejor es seleccionar suelos con profundidad de entre 0.8 y 1.5 m, de textura media (francos, franco-arcillosos, franco-arenosos) con buena retención de humedad y buen drenaje. Los principales estados productores de cacao en México son Chiapas, Tabasco y Oaxaca (Arvelo, González, Maroto, Delgado, y Montoya, 2017).

Cuadro 2. Condiciones climáticas y edafológicas para el cultivo de cacao en América Latina y el Caribe.

País	Temperatura	Precipitación anual	Humedad	MSNM	Suelos	pH del suelo
Brasil	Mayor a 21°	Mayor a 1300mm	70%-80%	0-1300	Francos	5 a 7
Ecuador	23° a 25°C	1250 a 3000mm	70%-85%	0-1400	Franco limosa-Franco arcillosa	6 a 7
República Dominicana	24° a 25°C	1200mm	60%-80%	0-400	Arcilloso-Arenoso	5.5 a 6.5
Perú	23° a 32°C	1600 a 2500mm	70%-80%	0-1200	Francos	5 a 7
Colombia	24° a 28°C	1800 a 2600mm	75%-85%	0-1200	Franco arcilloso-Arenoso	5.5 a 6.5
México	23° a 28°C	1200 a 2500mm	50%-70%	10-400	Franco arcilloso-Franco arenoso	6 a 7
Venezuela	21° a 28°C	1150 a 2500mm	75%-85%	0-1250	Franco-Arcillosos	6 a 7
Bolivia	15° a 30°C	1300 a 2000mm	70%-80%	0-1300	Francos	5 a 7

Continuación del cuadro 2 Condiciones climáticas y edafológicas para el cultivo de cacao en América Latina y el Caribe.

Cuba	22° a 28°C	1500mm a mayor	60%-90%	0-700	Arenoso arcilloso- Arcillo arenoso	6 a 7
Nicaragua	22° a 27°C	1500 a 3500mm	60%-80%	0-1200	Arcilloso- Franco arenoso	5 a 8
Honduras	21° a 25°C	1500 a 2500mm	60%-80%	0-800	Franco arenoso- Franco arcilloso	6 a 8
Costa Rica	20° a 30°C	1500 a 3000mm	60%-80%	0-900	Franco- Franco arcilloso	5.5 a 7.5
Guatemala	20° a 30°C	1600 a 2500mm	60%-80%	400-1000	Franco	4 a 7

Fuente: (Arvelo et al., 2017).

2.4.1. Condiciones de suelo requeridas para el cultivo de cacao.

Las condiciones del suelo son muy importantes, pues malas condiciones edáficas de aireación, infiltración o suelos muy arenosos pueden generar condiciones desfavorables por exceso o falta de humedad, provocando problemas en la raíz y en el desarrollo de la planta (Arvelo et al., 2017).

Para la siembra del cacao se requieren suelos con las siguientes características:

Propiedades físicas

- Profundidad: Aunque tolera suelos con una profundidad de 0.60 m, lo mejor es seleccionar suelos con una profundidad de entre 0.8 y 1.5 m.
- Textura: Mediana (franco, franco-arcilloso, franco-arenoso): 30 a 40% de arcilla, 50% de arena y 10 a 20% de limo. Requiere suelos bien estructurados con porosidad de 10 a 66%, con buena retención de humedad.
- Drenaje: Un buen drenaje es esencial y deseable (Arvelo et al., 2017).

Propiedades químicas

- Acidez: Los suelos deben de tener un pH de 6 a 7 y un contenido de materia orgánica mayor a 3%, con una relación carbono/nitrógeno (C/N) de 9 como mínimo.
- Capacidad de intercambio catiónico: Debe ser superior a 12 meq por 100 g de suelo en la superficie y más de 5 meq en el subsuelo.

- Fertilidad: Requiere suelos con una fertilidad media a alta, con un contenido de boro y calcio que supere a las 0.2 ppm, magnesio y potasio mayor a 2 y 0.24 meq por 100 g de suelo, respectivamente. La saturación de bases debe ser mayor a 35%.

Algunas características deseables en los suelos para siembra de cacao:

- Presencia de hojarasca en la capa superficial (muy alta o abundante).
- Espesor de la capa de humus y el resto del horizonte A (más de 10 cm).
- Espesor y porosidad de la capa inferior (más de 90 cm).
- Presencia microbiana benéfica.
- Pendientes (se recomiendan pendientes bajas).
- Drenaje.

Algunas condiciones del suelo desfavorables para la siembra de cacao:

- Suelos pantanosos o anegadizos.
- Con pendientes pronunciadas.
- Pedregosos.
- Con características de poca profundidad y pobres.
- Arenosos o cercanos al mar.
- Muy arcillosos (Arvelo et al., 2017).

Los suelos deben de tener un pH óptimo de 6.0 a 7.0 y un contenido mayor a 3 % de materia orgánica, con una relación carbono/nitrógeno (C/N) de 9 como mínimo. La capacidad de intercambio catiónico debe ser superior a 12 miliequivalentes por 100 gramos (g) de suelo en la superficie y más de cinco en el subsuelo. Requiere suelos con una fertilidad media a alta, con un contenido de boro y calcio que supere a las 0.2 partes por millón (ppm), magnesio y potasio mayor a 2 y 0.24 miliequivalentes (meq) por 100 g de suelo, respectivamente. La saturación de bases debe ser mayor a 35 % (INIFAP, 2017).

2.5 Plagas

2.5.1. Mosquilla del cacao.

No se le conoce hospedantes alternantes. Es decir, ataca exclusivamente al cacao. Los insectos en su etapa de juventud se alimentan de los brotes, pero una vez adultos se alimentan de las mazorcas en proceso de maduración. Este insecto posee un estilete en la boca, con lo cual succiona los jugos de la planta, por lo que es llamado comúnmente picador chupador (Figura 6). La oviposición la hacen sobre todo a nivel de brotes tiernos (Colonia, 2012).

Un ambiente húmedo permite tener una mayor cantidad de huevos viables. El ambiente es más húmedo si se tienen altos niveles de precipitaciones aunado a un ambiente emboscado (Colonia, 2012).



Figura 6. Mosquilla del cacao.
Fuente: (Colonia, 2012).

2.5.1.1. Agente causal.

El daño es causado por el chinche llamado *Monalonion dissimulatum*. Es del orden Hemiptera, familia Maridae (cápside), denominado comúnmente como mosquilla del cacao, grajo, chupador o monalonion (Huaycho, Maldonado, y Manzaneda, 2017).

2.5.1.2. Daños.

En estado adulto o ninfa del *Monalonion dissimulatum* Dist. se alimenta chupando la sabia de brotes, tallos tiernos y mazorcas, al mismo tiempo inyectan saliva toxica que solubiliza los almidones y pectina de la región afectada, acelerando la muerte de las células que rodean el punto

de alimentación, esto produce una violenta reacción en los tejidos que lo necrosan alrededor de la picadura, manifestando una pequeña mancha de 2 mm de diámetro, cuando la picadura es profunda alrededor se hunde y toma un color negro, las lesiones generalmente cicatrizan, a excepción de las mazorcas jóvenes que no llegan a madurar, forman unas costras suberizadas, alrededor de las cuales puede haber deformación de la cascara (Figura 7). El insecto adulto migra a otras mazorcas y árboles transmitiendo enfermedades bacterianas y fungosas como la Mazorca Negra, Monilia, entre otras (Huaycho et al., 2017).



Figura 7. Manchas color marrón oscuro. Producto del ataque de la mosquilla del cacao. Fuente: (Colonia, 2012).

El ataque de esta plaga favorece la contaminación por *Monilia* y *Phytophthora*. Pues las heridas abiertas le sirven como puerta de entrada al hongo (Colonia, 2012).

La *Monalonia dissimulatum* ataca exclusivamente los frutos ocasionando grandes pérdidas en las cosechas si no se controla a tiempo. Prospera en ambientes húmedos y sombreados, por lo tanto, las poblaciones de los insectos son favorecidas por las lluvias, el exceso de sombra y la falta de poda de los árboles de cacao. La *Monalonia annulipes* también ataca frutos, pero su principal

daño lo causa en brotes nuevos o cogollos, la plaga se presenta cuando hay excesiva luminosidad (Arvelo et al., 2017).

2.5.1.3. Control.

La mosquilla del cacao tiene mayor agresividad si la plantación se desarrolla en ambiente húmedo. Entonces se debe evitar el emboscamiento de la parcela, para disminuir la acumulación de humedad en el ambiente. Las labores de podas y desmalezado son importantes, pues permiten una mayor ventilación e iluminación. También se debe tener en cuenta un adecuado distanciamiento de plantación.

Como plaguicidas se puede usar dimetoato, endosulfan o imidacloprid. Evitar aplicar estos productos en la época de floración y cuajado pues se afecta la población del polinizante *Forcipomyia*. Si se tienen algunas flores durante el ataque de este insecto, aplicar de preferencia en la noche el insecticida metomil.

La mosquilla, dentro de un plan de manejo orgánico puede controlarse con insecticidas permitidos para este fin como la rotenona a razón de 300gr. Por cilindro de 200 litros. También puede usarse el sulfato de nicotina a razón de 100 gr. Por cilindro de 200 litros.

Como parte del control biológico se está trabajando actualmente con cepas nativas de *Beauveria bassiana* (Figura 8A). También dentro del control biológico se está estudiando la crianza y liberación del predator *Podisus* sp (Figura 8B) (Colonia, 2012).

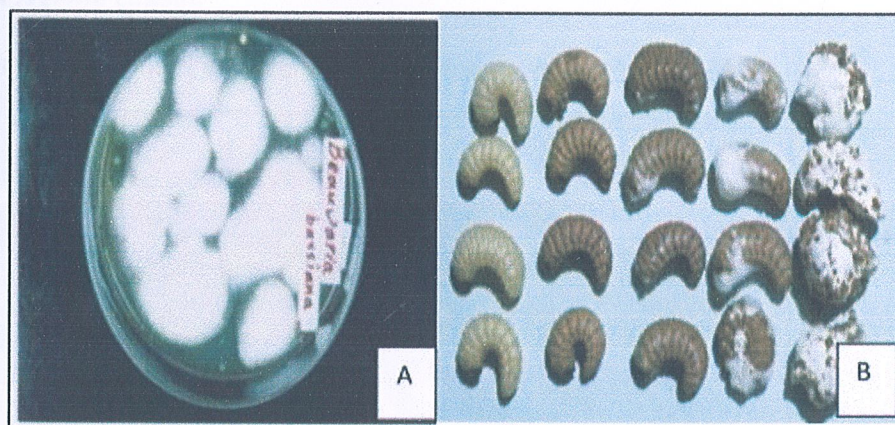


Figura 8 A) Cepas *Beauveria bassiana*, B) predator *Podisus* sp.
Fuente: (Colonia, 2012).

2.5.2. Asta de torito.

Al igual de *Monalonia*, este insecto también es un picador chupador. Los adultos se alimentan de la savia de los brotes y ramas jóvenes, succionando estos jugos con su estilete (Figura 9). Las ramas infestadas presentan puntos y manchas negras. Las hojas que se encuentran sobre ellas se secan y terminan cayéndose causando defoliación. El exceso de sombra en el cacaotal, predispone a éste a un mayor ataque de la plaga (Colonia, 2012).



Figura 9. Daños en brotes jóvenes.
Fuente: (Colonia, 2012).

2.5.2.1. Agente causal.

El daño es causado por el chinche *Hoplophorion pertusa* (Figura 10).

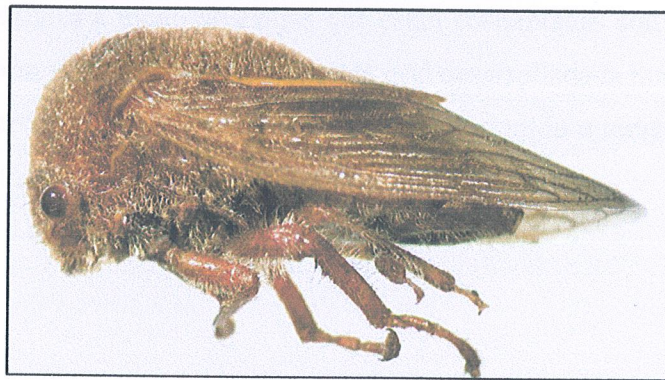


Figura 10. Chinche *Hoplophorion pertusa*.
Fuente: (Colonia, 2012).

2.5.2.2. Control.

Control químico con productos permitidos para agricultura orgánica como sulfato de nicotina o rotenona. Evitar el emboscamiento de la plantación (Colonia, 2012).

2.5.3 Trips del cacao.

Se les considera como insectos beneficiosos que ayudan a la polinización del cacao, aunque en forma poco eficiente. Cuando se localizan en las hojas y su ataque es fuerte, éstas dan la apariencia de secas o quemadas y caen fácilmente (Figura 11). Cuando atacan los frutos, éstos presentan un matiz herrumbroso, lo que impide la identificación de la madurez de las mazorcas (Mazariegos, 2009).



Figura 11. *Selenothrips rubrocinctus*
Fuente: (Mazariegos, 2009).

2.5.3.1. Agente causal.

El daño es causado por el insecto *Selenothrips rubrocinctus* que son insectos pequeños que pueden medir de 0.5 a 1.5 mm de longitud; son de color blanco, amarillo, café, negro, etc., tienen un par de lacinias maxilares a modo de agujas que están coadaptadas con la lengua y márgenes acanalados que encierran un único canal. Solamente está desarrollada la mandíbula izquierda que la utilizan para pinchar las células vegetales e ingerir su contenido a través del tubo alimenticio formado por los estiletes maxilares (De la Rosa, 2010)

2.5.3.2. Control.

Aplicación de insecticidas como el clorpirifos o el metomil. Se recomienda hacer una adecuada regularización de la sombra, cosechar periódicamente, así como controles preventivos, manejo de malezas, pues son hospederos de la plaga (Arvelo et al., 2017).

2.5.4. Ataque de Ratas.

Destrucción de la cáscara de la mazorca: Sacan las semillas del interior del fruto y se comen todo el mucílago, pero no destruyen las semillas. Finalmente botan las semillas éstas y aparecen al pie de la planta (Batista, 2009).



Figura 12. A) *Rattus rattus* (rata), B) Daño en frutos.
Fuente: (Batista, 2009).

2.5.4.1. Agente causal.

Animal Roedor: *Rattus rattus* (Rata).

2.5.4.2. Control.

Aplicación permanente de una mezcla de 19 kilos de harina de maíz más 1 kilo de Walfarina (tóxico), envuelto en papel periódico en cantidades pequeñas y se colocan en las áreas de ataques, control de sombra adecuado y Colectar los frutos maduros cada 15 días (Batista, 2009).

2.5.5. Ataque del pájaro carpintero.

Destrucción de la cáscara de la mazorca en forma de un agujero más o menos circular provocando que las semillas se pudran en el interior del fruto (Batista, 2009).

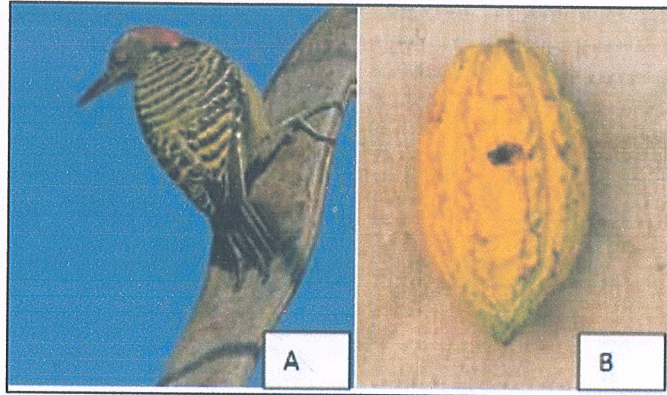


Figura 13. A) *Melanerpes striatus* (pajaro carpintero de la isla Hispaniola, B) Daño de frutos.
Fuente: (Batista, 2009).

2.5.5.1. Agente causal.

Ave: *Melanerpes striatus* (Pájaro carpintero de la isla Hispaniola)

2.5.5.2. Control.

Matar el ave con rifles de aire comprimido, control de sombra adecuado y recoger los frutos maduros cada quince días (Batista, 2009).

2.5.6. Ataque de hormigas y chinche harinosa.

Colonia de chinches y hormigas sobre el pedúnculo y la cáscara de la mazorca (Figura 14) (Batista, 2009).

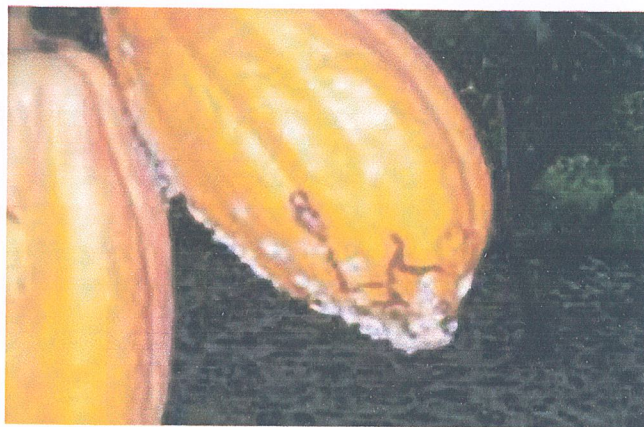


Figura 14. Daño por chinches y hormigas.
Fuente: (Batista, 2009).

2.5.6.2. Agente causal.

Asociación de la chinche harinosa con hormigas.

2.5.6.3. Control.

Aplicación de pesticida y coleccionar los frutos maduros en períodos quincenal (Batista, 2009).

2.6. Enfermedades

Las enfermedades más comunes que afectan la producción del cacao pueden revertir un carácter de suma gravedad, comprometiendo gran parte de la cosecha y la vida de la planta misma. Estas pueden revestir un carácter de suma gravedad, comprometiendo gran parte o la totalidad de la cosecha o la vida misma de las plantaciones afectadas. Entre las enfermedades más importantes está, la moniliasis, Mazorca Negra, Mal del Machete, la antracnosis las Bubas por la magnitud de pérdidas que causa y el desánimo que infunde en el agricultor, quien, al no poder controlarla, ha sustituido el cacao por otros cultivos (Alfonso, 2018).

De las enfermedades mencionadas, en México se ha logrado controlar la antracnosis y la mancha negra; en el caso de monilia se ha iniciado con el control del daño al implementar labores culturales, podas de raleo en la sombra y la aplicación de fungicidas (Mendoza, Gallardo, y Avendaño, 2011).

2.6.1. Pudrición parda.

La enfermedad se conoce con los nombres de pudrición parda de los frutos, pudrición negra, mazorca negra y cáncer del tronco, ramas y raíces.

2.6.1.1. Síntomas.

Los síntomas más característicos de la enfermedad son lesiones de color marrón-chocolate que se agrandan y terminan por cubrir totalmente los frutos, produciendo en el campo la aparición de mazorcas o frutos negros. El patógeno invade el tejido interno ocasionando la decoloración y pudrición de las almendras y, finalmente, el ennegrecimiento y momificación de las mazorcas y chireles. Las lesiones en las mazorcas o chireles pueden aparecer en cualquier parte de los frutos,

pero la infección ocurre frecuentemente en la punta de la mazorca o en el punto de inserción del pedicelo. Los frutos más afectados son los que se encuentran en la parte baja de las plantas, cercanos al suelo (Sánchez, Jaramillo, y Ramírez, 2015).

2.6.1.2. Agente causal.

La pudrición parda es causada por varias especies del género *Phytophthora*. El agente causal de la enfermedad fue inicialmente identificado como *P. palmivora*, pero estudios posteriores revelaron diferencias, tanto morfológicas del patógeno como en el tipo de lesiones causadas, entre aislamientos provenientes de diferentes zonas cacaoteras, por lo que los aislamientos se colocaron en uno de cuatro grupos: *P. palmivora* en el MF1, una variante de *P. palmivora* en el MF2, una nueva especie, llamada *P. megakarya*, se colocó en el MF3 y en el último grupo MF4 se ubicó *P. capsici* (Sánchez et al., 2015).

Phytophthora palmivora tiene distribución global, ya que se presenta en África, Asia y América. *P. capsici* y *P. citrophthora* se han reportado en el continente americano donde causan pérdidas significativas bajo condiciones favorables. *P. megakarya*, junto con *P. palmivora*, constituyen los patógenos más importante del cacao en África Central y Occidental, aunque investigaciones más recientes han reportado que *P. megakarya* se ha convertido en el factor más limitante de la producción de cacao en África, mayor aún que *P. palmivora* (Sánchez et al., 2015).

2.6.1.3. Ciclo de la enfermedad.

La incidencia de la pudrición parda en el campo está influenciada por las condiciones ambientales. Las precipitaciones, alta humedad relativa y temperaturas frescas crean un ambiente favorable de humedad para el desarrollo de la enfermedad. Se ha demostrado que en ciertas zonas, la enfermedad se desarrolla cuando la humedad relativa del día permanece sobre el 80% bajo la copa de los árboles de cacao. La humedad relativa es un factor de gran importancia, junto con la temperatura máxima promedio. La humedad relativa está afectada por la capacidad de retención de agua del suelo y de la hojarasca acumulada sobre éste, el desarrollo de la copa, los movimientos del aire, etc. (Sánchez et al., 2015).

Phytophthora spp. Atraviesa por diferentes fases durante el ciclo de la enfermedad, incluyendo la formación de micelio, de esporangios, zoosporas y clamidosporas (Figura 15). El inóculo primario, en

el suelo, raíces, hojas, cojines florales, flores, frutos infectados o en los chancros de la corteza, forma esporangios que germinan durante condiciones húmedas para establecer la infección (Sánchez et al., 2015).

El suelo es una fuente de esporas que pueden infectar frutos formados en la parte baja de los árboles. Cuando los frutos están infectados, pueden producir una gran cantidad de inóculo que puede infectar otros frutos. Esto es especialmente cierto en las infecciones producidas por *P. megakarya*. Dado que el cacao es un cultivo permanente y que forma frutos todo el año, frutos susceptibles pueden estar presentes en los árboles la mayor parte del año, por lo que el patógeno puede permanecer continuamente en la copa del árbol, listo para causar epidemias cuando las condiciones ambientales sean favorables para la esporulación y diseminación de las esporas (Sánchez et al., 2015).

Una infección exitosa resulta en la producción de inóculo secundario formado por esporangios que contienen zoosporas biflageladas. *P. megakarya* produce mayor número de zoosporas y en forma más temprana que *P. palmivora*. Las zoosporas nadan hasta el cacao y lo infectan directamente o, en ausencia de humedad, se enquistan para germinar posteriormente cuando las condiciones son favorables. Una sola mazorca afectada puede producir cuatro millones de esporangios (que contienen zoosporas). Estos esporangios son diseminados por la lluvia, el traslado de material de siembra, insectos (hormigas y termitas), roedores y herramientas de poda y cosecha (Sánchez et al., 2015).

Phytophthora puede permanecer en el suelo y en restos de cosecha por mucho tiempo: desde meses hasta varios años. Las estructuras de resistencia, que permanecen en el suelo y restos de cosecha, son las clamidosporas. Estas esporas pueden permanecer viables por nueve meses en el caso de *P. palmivora* y 18 meses en *P. megakarya*. Los frutos momificados constituyen un reservorio de *P. palmivora* hasta por tres años (Sánchez et al., 2015).

De acuerdo con investigaciones realizadas, los insectos de las familias Scotytidae y Nitidulidae del orden Coleoptera son atraídos por los frutos afectados por la enfermedad y diseminan el hongo, por lo que deben diseñarse estrategias para su control, dentro del manejo integrado de la enfermedad (Sánchez et al., 2015).

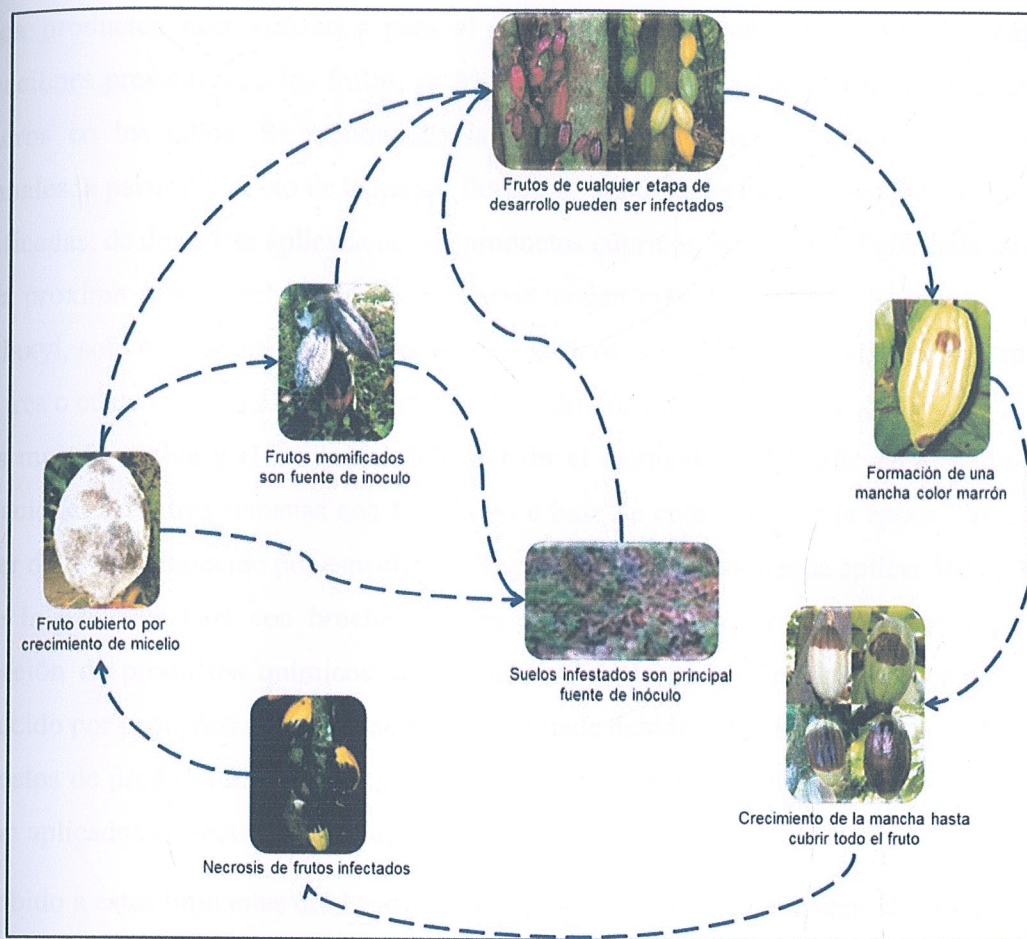


Figura 15.. Ciclo de la enfermedad.
Fuente: (Sánchez et al., 2015).

2.6.1.4. Control.

El manejo de *Phytophthora* en *T. cacao* incluye métodos culturales, físicos, químicos, biológicos y genéticos. Los métodos culturales involucran la manipulación del ambiente para hacerlo poco favorable al establecimiento del patógeno y desempeñan una función fundamental en el manejo de la enfermedad. El saneamiento del campo y la eliminación de los frutos infectados y esporulados, retrasan la dispersión de las esporas, y con ello disminuye el inóculo del patógeno. Sin embargo, los frutos enfermos no constituyen la única vía de transmisión de la enfermedad, pues *Phytophthora* tiene la capacidad de esporular en múltiples tejidos de un árbol infectado, incluyendo las raíces (Hernández, Ruíz, Acebo, Miguélez, y Heydrich, 2014).

Los productos más utilizados para el control de la mancha parda son los cúpricos, en aplicaciones preventivas a los frutos, en forma de inyecciones a los troncos y directamente a los chancros en los tallos. Se recomienda la aplicación de fungicidas cúpricos en aspersiones semanales, a partir del inicio de la mayor floración. También se ha recomendado, en plantaciones tecnificadas, de dos a tres aplicaciones de productos cúpricos, en dosis de 9g/L cada 20 días, en la época próxima a la cosecha, cuando los frutos tengan más de 120 días. El fungicida sistémico metalaxyl, solo o combinado con compuestos cúpricos, también es muy utilizado en aplicaciones cada tres o cuatro semanas para el control de la pudrición parda, aunque la relación costo/beneficio no es muy favorable y el productor debe decidir el momento de la aplicación. Se recomiendan aplicaciones cada tres semanas con fungicidas a base de cobre durante la época lluviosa. Para el cáncer del tronco inducido por especies de *Phytophthora*, se recomienda aplicar Metalaxyl al 25% sobre la zona afectada con brocha y hacer seguimientos anuales. En términos generales, la aplicación de productos químicos para el control de la pudrición parda en cacao, un cultivo producido por pequeños agricultores, es muy limitada debido a que incrementa significativamente los costos de producción, al daño que ocasionan al ambiente y a su eficacia poco satisfactoria si no son aplicados correctamente (Sánchez et al., 2015).

Debido a estas limitantes del control químico, se ha planteado el manejo de la pudrición parda del cacao mediante la siembra de variedades resistentes y la obtención de dichos materiales ha sido la meta de muchos programas de mejoramiento. Se recomienda la utilización de patrones resistentes. Se han realizado muchas exploraciones en plantaciones de cacao de todas las áreas productoras, especialmente de la zona de origen del cultivo, para identificar clones resistentes y se han desarrollado metodologías para evaluar tal resistencia. La resistencia del cacao es poligénica y, a pesar de todo el trabajo realizado hasta el presente, no hay genotipos de cacao totalmente resistentes a la pudrición parda. El mejoramiento para resistencia a la pudrición parda es una prioridad a nivel mundial (Sánchez et al., 2015).

En el control biológico se tienen los hongos antagonistas del género *Trichoderma* que tienen la capacidad de actuar contra una amplia variedad de fitopatógenos. Estos emplean diferentes mecanismos para manejar las plagas, destacándose entre ellos la competencia por el espacio y los nutrientes, el microparasitismo, la producción de compuestos inhibidores, la inactivación de enzimas del agente patógeno y la inducción de resistencia (Hernández et al., 2014).

Uno de los principales mecanismos de acción que despliega *Trichoderma* sobre *Phytophthora* es el parasitismo. Estos hongos pueden parasitar la hifa del patógeno mediante enrollamientos, ganchos y cuerpos de tipo apresorios, que penetran la pared celular por la acción hidrolítica de las enzimas quitinasas, glucanasas y celulasas (Hernández et al., 2014).

Se ha demostrado que algunas estrategias fitosanitarias (manejo del sombrero, distancia de siembra adecuada, poda, combate de las malezas, cosecha frecuente tanto de frutos sanos como enfermos, saneamiento, desecho apropiado de las conchas de las mazorcas y de las mazorcas afectadas) son efectivas para incrementar el rendimiento del cacao y eliminar el inóculo secundario. La habilidad del agente causal de la pudrición parda para infectar y destruir los frutos sanos es obstaculizada por una buena aireación en la plantación, por lo que prácticas culturales enfocadas en la reducción de la humedad y mejorar la aireación previene el establecimiento y la disminución del hongo. La poda y la remoción de los chupones basales permite que mayor luz solar penetre, lo que ayuda a disminuir la humedad relativa y se reduce la infección por *P. megakarya*, un patógeno que es sensible a la luz (Sánchez et al., 2015).

Para el control de la enfermedad se recomienda, entre otras acciones, la poda de mantenimiento realizada como mínimo una vez por año, con reducción de la altura hasta un máximo de 4m y adecuada nutrición de las plantas. Así mismo, el uso de herramientas adecuadas para las labores de poda y cosecha, evitando causar heridas y la aplicación de pasta cicatrizante. En el caso de *P. palmivora*, la cobertura del suelo con hojarasca reduce la sobrevivencia del patógeno en el suelo, debido a que actúa como una barrera para el salpicado de las gotas de la lluvia y promueve la descomposición del tejido infectado por *Phytophthora*. Esta hojarasca (mulch) debe cubrir el platón de las plantas. Para *P. palmivora* se ha recomendado la remoción de frutos secos y con lesiones, aún pequeñas, además de cirugía en las lesiones del tronco, eliminando con un cuchillo el tejido afectado (que tiene un color marrón rojizo), hasta encontrar tejido sano y aplicar, posteriormente, una pasta protectora a base de cobre en toda la zona afectada. El control cultural ha sido efectivo en Perú, Ghana y Camerún pero su aplicación aislada no ha sido suficiente para controlar la pudrición parda (Sánchez et al., 2015).

Aspersión de fungicida de cobre, pero resulta costosa y no es muy efectiva. Una aplicación de caldo de bordelés da resultado efectivo (Mazariegos, 2009).

2.6.2. Moniliasis.

Esta enfermedad también es denominada como pudrición acuosa, helada, mancha ceniza o enfermedad de Quevedo (Sánchez y Garcés, 2012).

2.6.2.1. Síntomas.

La infección de *Monilia* ocurre principalmente en las primeras etapas del crecimiento de las mazorcas. La primera señal de la infección; es la aparición de puntos o pequeñas manchas de un color que sugiere una maduración prematura en mazorcas que aún no han alcanzado su desarrollo completo. Las mazorcas con infecciones ocultas con frecuencia presentan tumefacciones (Figura 16D). Cuando estas mazorcas se abren se encuentran más o menos podridas en su interior y parecen más pesadas que las mazorcas sanas de igual tamaño. Con el tiempo aparece en la superficie de la mazorca, una mancha parda rodeada por una zona de transición de color amarillento (Mazariegos, 2009).

Podemos encontrar síntomas externos e internos en los frutos en todas las fases de su desarrollo. El daño externo es caracterizado por una necrosis, deformación y pudrición en mazorcas, aunque algunos frutos de 60 y 80 días pueden completar su desarrollo sin síntomas externos, pero con el tejido interno necrosado. Esto conlleva a la muerte del fruto, con un color café oscuro, para luego cubrirse de una “felpa” de color crema, que son las esporas del hongo. El daño interno causado por la enfermedad puede ser más grave que el externo, pudiendo llegar a perderse casi todas las almendras, sin importar la edad del fruto. Los tejidos centrales, pulpa, semillas y algunas veces la cáscara, forman una sola masa en donde los tejidos son rodeados por una sustancia acuosa debido a la descomposición de ellos, siendo también las almendras destruidas parcial o completamente, dependiendo del tiempo de infestación de los frutos (Figura 16A) (Sánchez y Garcés, 2012).

En los frutos menores de dos meses, la infección aparece primero como pequeños abultamientos o gibas (protuberancias) en la superficie de la mazorca, incluso esa área se descolora (se vuelve más clara); después que emerge esa giba, se presenta una mancha café (chocolate) que se va extendiendo (el fruto muere poco después), empezando a aparecer una felpa blanca correspondiendo al micelio del hongo (filamentos vegetativos), para luego de tres a siete días, sobre el micelio blanquecino emerger las esporas del tipo conidio de color crema. Un síntoma adicional es la llamada madurez prematura, donde las mazorcas cambian de color dando la

aparición de madurez en frutos que todavía están inmaduros. Hasta 10 semanas de edad los frutos pequeños son susceptibles (Sánchez y Garcés, 2012).

En frutos infectados a mitad de su desarrollo, la enfermedad aparece primero en forma de unos pequeños puntos aceitosos (translúcidos), en muy corto tiempo esos puntos se unen formando una mancha café, el borde de la mancha es irregular y a veces produce un color amarillento por donde va avanzando la enfermedad (Figura 16B), a los pocos días sobre la mancha café aparece el micelio (Figura 16C) y luego las esporas que forman un grupo acumulado abundante de color crema, las esporas que reproducen el hongo son tan abundantes que en un centímetro cuadrado, se cuentan desde 7 a 43 millones, bastando sólo una para iniciar la enfermedad. Aunque la infección también puede ocurrir en los frutos con más de tres meses de edad, en gran parte la podredumbre se limita a la cáscara y no alcanza a llegar a las almendras que así pueden aprovecharse como parte de la cosecha (Sánchez y Garcés, 2012).

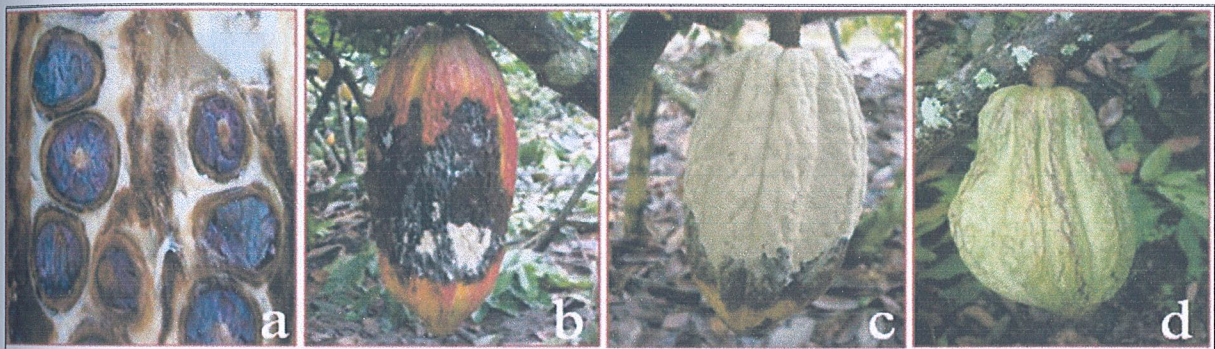


Figura 16. Síntomas internos y externos de la moniliasis
Fuente: (Sánchez y Garcés, 2012).

2.6.2.2. *Agente causal.*

Estudios recientes sobre la taxonomía del hongo mediante pruebas morfológicas, citológicas y moleculares confirman que este patógeno como Bacidiomicete, correspondiente al orden Agaricales, y familia Marasmiaceae. En la actualidad se desconoce el estado perfecto del hongo (sexual o teleomorfo), por lo que se cree que su reproducción se realiza asexualmente por conidias, las cuales son la única estructura hasta ahora conocida capaz de causar infección. El ciclo de vida de *M. rozeri* durante el proceso de la enfermedad no ha sido completamente descifrado, mostrando una fase biotrófica y otra hemibiotrófica durante el desarrollo de la enfermedad.

Las conidias pueden ser globosas, subglobosas y elípticas, pudiendo medir de 7 - 10.5, 6.3 - 9.3, 7.5 - 11.6 μm , respectivamente, este microorganismo produce toxinas específicas en las células del hospedero. Se han identificado cinco grupos genéticos principales del hongo (Sánchez y Garcés, 2012).

2.6.2.3. Ciclo de la enfermedad.

La sobrevivencia del patógeno empieza en los residuos de cosecha (mazorcas contaminadas). Luego, las conidias son diseminadas por el viento y la lluvia, ocurriendo también contaminación de frutos o mazorcas con moniliasis de una plantación a otra. La diseminación de las conidias es realizada por el viento, pudiendo el agua de lluvia tener un papel importante en las infecciones a corta distancia en la copa del cacao. Además, debido al movimiento producido por las labores de cosecha las esporas se movilizan en el aire y bajo condiciones propicias de humedad y temperatura, infectan constantemente los frutos que recién están formándose. Investigaciones sobre el microambiente, aluden que la mayor cantidad de esporas de moniliasis se encuentran a 1 metro de altura en las plantas de cacao. Las conidias se depositan sobre el fruto, germinan si hay agua o mueren por la radiación/desecación; estas al germinar pueden penetrar directamente a la cáscara del fruto. Su penetración ocurre directamente a través de los estomas, creciendo entre las células del córtex, produciendo conidias dentro y en la superficie de los frutos. Una de las características del patógeno es su largo período de incubación antes de aparecer los síntomas. El tiempo de infección puede ser de 3 a 8 semanas, pudiendo variar según la edad del fruto, la severidad del ataque, la susceptibilidad del árbol y las condiciones de clima, principalmente presencia de lluvias, mientras que en frutos tiernos, en días lluviosos y calurosos, el período de incubación se acorta a tres semanas, sin embargo, el período de incubación (latente) fluctúa entre 30 y 70 días (Sánchez y Garcés, 2012).

Finalmente, en la cosecha el agricultor extrae las almendras de las mazorcas, dejando las cáscaras en el suelo y los frutos enfermos asidos en la planta lo que influye posteriormente en la sobrevivencia del patógeno.

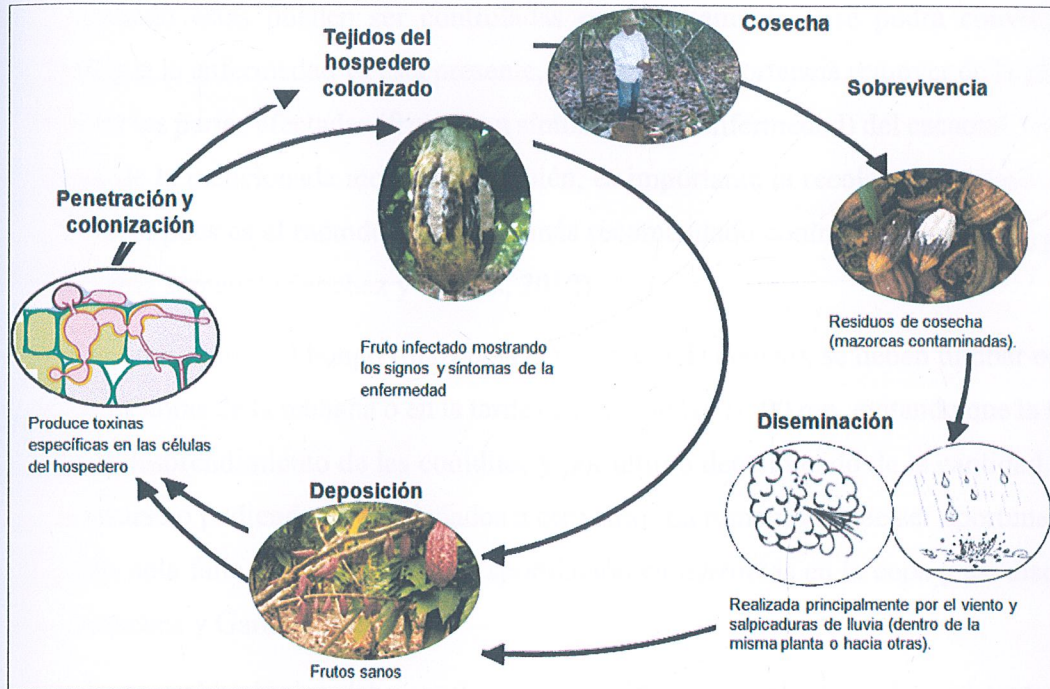


Figura 17. Ciclo de la enfermedad.
Fuente: (Sánchez y Garcés, 2012).

2.6.2.4. Control.

Es sabido que el mejor control de cualquier enfermedad es el manejo integrado, no siendo la excepción para este caso, por lo que sería ideal usar en conjunto el control cultural, genético, biológico y químico.

En el control cultural básicamente se trata de evitar la entrada del patógeno en el área, y si está presente, impedir que encuentre las condiciones favorables de infección, multiplicación y diseminación. Evitar el excesivo crecimiento del árbol de cacao, ya que el autosombramiento reduce su actividad fotosintética, creando un microclima interno que estimula la infección y el desarrollo de la enfermedad en los frutos, lo que ayudaría también en la recolección de los frutos al momento de la cosecha. Las podas sanitarias al momento de la cosecha es otra buena práctica para eliminar las partes afectadas por insectos o enfermedades. La poda frecuente, regulación del estrato superior, buen drenaje, densidades apropiadas, buen control de malezas y correcto programa de fertilización, ayudan al óptimo desarrollo del árbol de cacao, pues hace que los patógenos que ingresen a las plantaciones tengan pocas probabilidades de establecerse y posteriormente desarrollarse; en caso de que la enfermedad llegase a establecerse, con un manejo

cultural adecuado estas pueden ser controladas económicamente y se podrá convivir con la enfermedad, y si la enfermedad ya está presente, es de suma importancia remover de la plantación, semanalmente las partes afectadas (frutos con síntomas de la enfermedad) del cacaotal, reduciendo la intensidad de la mencionada molestia. También, es importante la recolección y destrucción de frutos enfermos, pues es el método de control más recomendado contra la enfermedad, pudiendo ser ella de forma semanal (Sánchez y Garcés, 2012).

Los frutos con signos del hongo (mazorcas con aspecto de ceniza), se deben tumbar o remover en las primeras horas de la mañana o en la tarde después de las 16:00 pm, evitando que la humedad no permita el desprendimiento de las conidias, y por último dependiendo de la cantidad de estos, puedan enterrarse o pudiendo ser trasladados a otro sitio. La remoción debe ser oportuna; en caso contrario, una sola falla puede permitir la esporulación en mazorcas en la copa y así diseminar el patógeno (Sánchez y Garcés, 2012).

El tipo de control biológico debe emplearse en conjunto con otros métodos existentes. Se han reportado resultados altamente promisorios con micoparásitos (*Trichoderma* sp., *Clonostachys rosea* y *Clonostachys byssicola*) en varias mezclas y formulaciones. Estos mismos autores mencionan, que este control por su naturaleza, no elimina, sino que reduce las poblaciones de patógenos y, como consecuencia, reduce la intensidad de la enfermedad.

En Colombia, los resultados obtenidos durante la prueba de antagonismo *in vitro*, fue observado una inhibición en el crecimiento de *M. rozeri* de un 95% frente a la cepa de *Trichoderma* sp., del Zulia, pudiendo ser un posible controlador biológico para la moniliasis, entre tanto la cepa *Trichoderma* sp., de Iscalá fue del 70%, entre tanto la de *Trichoderma* sp. Cubana fue de un 55%. Estos valores de inhibición por encima del 50%, los convierten en posibles controladores biológicos (Sánchez y Garcés, 2012).

Mientras que en México se han realizado cruzamiento entre materiales con la finalidad de encontrar variedades resistentes a esta enfermedad y como parte de los resultados de dichas investigaciones se tiene que al cruzar el material PA-169 con el material UF-273 se obtuvieron como resultado que solo el 21.95% de las mazorcas totales producidas presento incidencia de moniliasis (Solís, Zamarripa, Pecina, Garrido, y Hernández, 2015).

El control químico es el más utilizado debido a la arquitectura del árbol y ubicación de las mazorcas se puede obtener éxito en el control de la moniliasis, utilizando sulfato de cobre (2 kg. ha⁻¹ en siembras de alta densidad), realizando aplicaciones semanales durante tres meses, a partir de los primeros picos más intensos de floración y dirigido a los frutos en su periodo de mayor crecimiento. Con la aplicación de productos químicos se consigue reprimir la enfermedad de manera significativa, demostrando los beneficios de los fungicidas en los frutos; los fungicidas sistémicos muestran un mejor control de *M. royeri* en comparación con los de contacto, lo cual implica reducir el número y los costos de aplicaciones; al complementar las labores culturales con los controles químicos, la producción de cacao sano se incrementa alrededor del 20%, mostrando resultados favorables y significativos al combinar estos dos tipos de control (Sánchez y Garcés, 2012).

2.6.3. Escoba de bruja.

La Escoba de Bruja del cultivo de cacao es una enfermedad endémica, originaria del valle alto del Amazonas. Fue registrada por primera vez en 1785 con el nombre de “lagarto” por el brasilero Alexander Rodríguez, constituyendo, probablemente, el registro más antiguo de la enfermedad (Morales y Tanguila, 2011).

Esta enfermedad la causa el hongo *Marasmius perniciosus* que es específica del cacao y de algunas otras especies del género *Theobroma*. Es uno de los más graves que puede entrañar una pérdida de más del 50% de la cosecha (Mazariegos, 2009).

2.6.3.1. Síntomas.

Causa hipertrofia grave en la base del hipocótilo, lo que ocasiona un escaso desarrollo en el sistema radicular de las plantas infectadas en relación con plantas sanas, las plantas reproducidas por semillas infectadas, pre-germinada de 3 - 4 mm de longitud presentan escaso crecimiento y una muerte lenta. Presencia de clorosis, tristeza, y secamiento foliar, consistencia quebradiza; las semillas provenientes de frutos infectados pueden originar plántulas hipertróficas y mal formadas, necrosis e hipertrofia a nivel de cojines florales los que permanecen adheridos al cojín o a través del ovario fecundado, los síntomas de frutos infectados son morfológicos e histológicos variados y dependen de la edad al momento de la infección y del fenotipo del fruto, lesiones necróticas

extendida a nivel de los frutos, corteza, mucilago y almendras y presencia de maduración prematura, los basidios carpos se forman sobre escobas secas, hojas secas de la escoba y frutos muertos después de un largo periodo de descomposición y ablandamiento (Morales y Tanguila, 2011).

2.6.3.2. Agente causal.

La infección es evidente y progresiva en plantaciones de cacao, donde existe presencia de:

- Abundante vegetación o exceso de sombra, en los cultivos.
- Siembra de material introducido intolerante a dicha enfermedad.
- Falta de manejo y mantenimiento de las plantaciones.
- Uso de herramientas sin desinfectar o en mal estado.
- Exceso de plantas sembradas por hectárea.
- Reproducción y siembra de plantas a partir de semillas infectadas con la enfermedad.
- Excesiva humedad en el suelo y ambiente.
- Presencia de climas húmedos y secos durante la cosecha favorece la infección y promueve la esporulación de *C. pernicioso*; y frecuentemente se reduce la diversidad genética ablandamiento.

2.6.3.3. Ciclo de la enfermedad.

El hongo causal de la enfermedad escoba de bruja en cacao es el Basidiomicetes *Crinipellis pernicioso*. Infecta brotes, inflorescencias y frutos de *Theobroma cacao* siendo endémico para muchas otras especies de *Theobroma* y *Herrania* además de dispersarse por el bosque amazónico. Las basidiosporas que se producen en los basidios carpos penetran a través de las estomas en un período de 2 horas. La infección de brotes causa síntomas de escobas vegetativas presenta variación en los periodos de incubación de acuerdo al periodo de yema o de botón.

La infección en florescencias puede ocurrir en flores individuales y avanza, destruyendo todo el cojín floral. Los cojines florales infectados también producen escobas vegetativas, cuyos síntomas varían de acuerdo al estado de las vainas. El patógeno es un hongo hemibiotrópico que se presenta en dos formas:

- Parasítico, creciendo intercelularmente caracterizado por un grueso micelio.
- Saprofito, con micelio delgado (multinuclear), producen los basidios carpos (Morales y Tanguila, 2011).

2.6.3.4. Control.

Los métodos de control cultural deben ser preventivos puesto que cuando la enfermedad se presenta y permanece en un cultivo el control curativo es lento, costoso y difícil de realizar. Además, los controles deben ser permanentes, estacionales y dirigidos, al área afectada siguiendo las siguientes recomendaciones.

- Regular la sombra y el drenaje a fin de disminuir la humedad dentro del cacaotal y permitir mayor entrada de luz y aire a las plantas.
- Podas regulares el cacao luego de cada cosecha.
- Remover todas las escobas y mazorcas infectadas quemándolas o enterrándolas; con esto se evita que el hongo fructifique y que sus esporas causen nuevas infecciones.
- Eliminar las ramas afectadas cortándolas unos cuantos centímetros por debajo de la infección, ya que el hongo puede penetrar a los tejidos aparentemente sanos contaminar yemas próximas a desarrollar.
- Hacer un programa de recolección de frutos maduros cada tres o cuatro semanas, con la cosecha frecuente se evita que sufran daño las almendras de las mazorcas que han sido infectadas cuando ya están próximas a la maduración.
- Cultivar variedades resistentes de cacao como forastero o trinitario, son altamente resistente a la Escoba de Bruja.
- Cortar, quemar o eliminar árboles “foco” (muy susceptibles). Esta enfermedad puede causar la muerte total de los árboles dentro de la plantación.

El control químico puede estar dirigido a la protección de frutos y, eventualmente, de yemas, mediante el empleo de fungicidas protectores, como Flutolanil, Triadimenol y Hexaconazole, caldo bórdeles. Cada 21 días en especial en épocas de cambios climáticos. Proteger las heridas y cortes producto de las podas fitosanitarias, con pastas cúpricas.

Para un control biológico se aislaron *Cladobotrium amazonense* y *Verticillum lamellicola* (Smith) Gams como hiperparásitos de *C. perniciosa*, respectivamente. Sus metabólicos presentan una fuerte fungí toxina que produce un efecto sobre las basidiosporas del hongo, también inhibe la germinación de las esporas del patógeno en un gran número durante la cosecha (Morales y Tanguila, 2011).

2.6.4. Antracnosis.

La antracnosis es considerada como la enfermedad más grave especialmente para las plantas frutales en todo el mundo debido a su naturaleza transmitida por semilla ya la variabilidad patogénica. Además, muchos de estos árboles frutales se cultivan en estrecha proximidad dentro de los huertos, lo que facilita la dispersión de los propágulos entre las plantas y el riesgo de epidemias es enorme (Camacho, 2017).

2.6.4.1. Síntomas.

Los síntomas son más visibles en las hojas y frutos maduros. Al principio, la antracnosis aparece en las hojas como manchas pequeñas e irregulares amarillas o marrones o negras. Las manchas luego se expanden y se fusionan para cubrir toda el área infectada. La intensidad de color de la parte infectada aumenta con la edad de las plantas huésped. La enfermedad también puede producir malformaciones en los pecíolos y en los tallos que causan defoliación severa y pudrición de frutas y raíces. La fruta infectada tiene manchas pequeñas, empapadas de agua, hundidas y circulares que pueden aumentar en tamaño hasta 1,2 cm de diámetro. Estas manchas a menudo se agrandan, y conducen al marchitamiento, marchitez y morir de tejidos vegetales infectados. A medida que envejece, el centro de un punto más antiguo se vuelve negruzco y emite masas de esporas rosadas y gelatinosas (Camacho, 2017).

El patógeno suele requerir condiciones cálidas y húmedas para infectar las plantas huésped. La diferenciación entre las especies de *Colletotrichum* basada en el rango del huésped o en el origen del huésped puede no ser confiable, ya que infecta un amplio rango de plantas huésped. Como el inóculo primario es diseminado por el viento o la lluvia, el patógeno es cosmopolita en la distribución (Camacho, 2017).

2.6.4.2. *Agente causal.*

Una serie de géneros fúngicos son capaces de causar enfermedades de antracnosis. Dentro de ellos se incluyen *Diplocarpon sp*, *Elsinoe sp* y, en particular, especies de *Colletotrichum sp* que es una de las causas importantes de pérdida en muchas plantas tropicales debido a que este hongo es más abundante en las regiones tropicales y subtropicales que en las zonas templadas donde su presencia radica en todo el mundo.

El patógeno pertenece al orden *Melanconiales*, bajo la clase *Deuteromycetes*, aunque el hongo tiene un estadio teleomorfo o sexual, es decir que *Colletotrichum sp* causa enfermedades de antracnosis como la etapa perfecta de los hongos, *Colletotrichum* se considera como el nombre correcto para describir este patógeno, el patógeno de la antracnosis es un patógeno ubicuo que ataca todas las partes de la planta en cualquier etapa de crecimiento. La etapa perfecta, *Glomerella* y el escenario imperfecto, *Colletotrichum*, puede estar presente en la misma planta y también en partes iguales de la planta huésped (Camacho, 2017).

2.6.4.3. *Ciclo de la enfermedad.*

Las esporas se forman en hojas, ramas, frutos enfermos colgantes o en restos de cosecha infectados en el suelo. Las esporas son diseminadas por el viento, salpicado de agua de lluvia, agua de escorrentía, por insectos y por herramientas. El período de infección es rápido y en solo ocho días se observan los puntos necróticos, diez días después aparecen las manchas y sobre éstas, aparecen las conidias para continuar el ciclo. La enfermedad es más frecuente en plantaciones descuidadas y árboles expuestos a la luz solar en, casos en los cuales causa severas pérdidas en el follaje, pudiendo presentarse en condiciones de baja humedad. También se ha presentado la enfermedad en cacaotales bajo sombrero excesivo, en donde ocasiona necrosis severa del follaje (Sánchez et al., 2015).

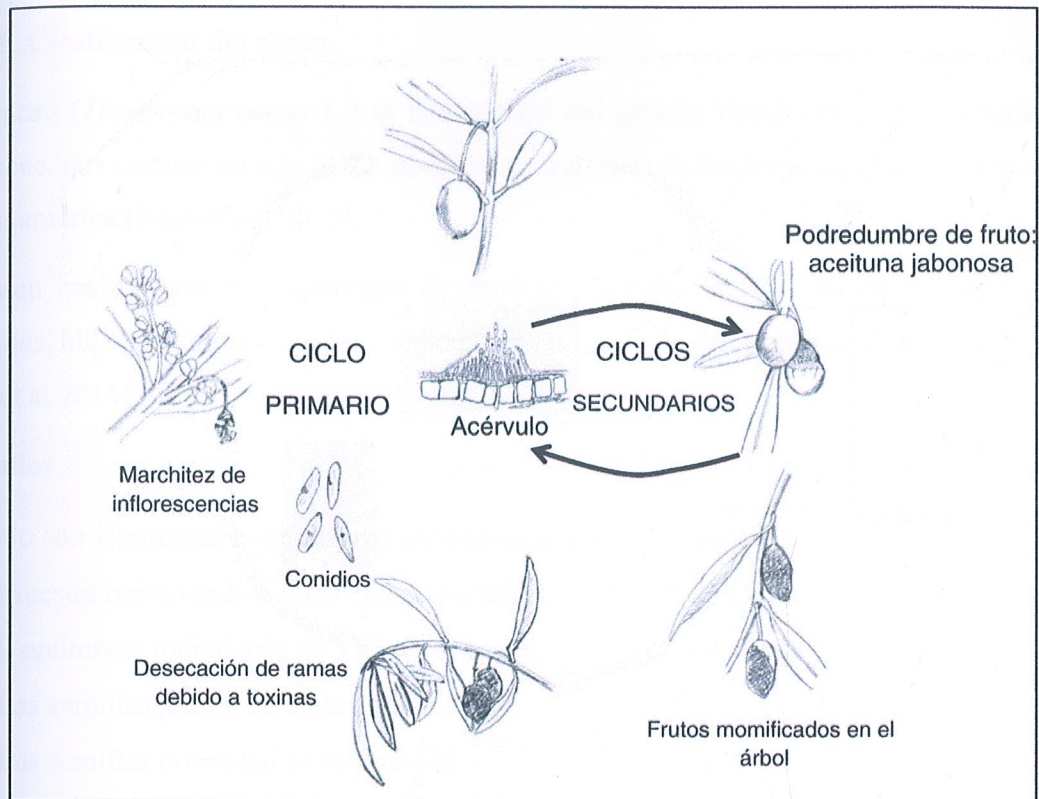


Figura 18. Ciclo de la enfermedad.
Fuente: (Sánchez et al., 2015).

2.6.4.4. Control.

La racionalización del sombrío en el cacaotal es de gran importancia para el manejo de la antracnosis. En el campo debe mantenerse de 30 a 50% y en el vivero de 50 a 70% de sombra para combatir la enfermedad. En el vivero también se recomienda la siembra en camellones levantados, con cobertura, a fin de evitar el salpicado de agua de lluvia. También se recomienda la aplicación de fungicidas a base de cobre y la eliminación de plántulas afectadas. En árboles adultos, las ramas afectadas deben podarse 10cm por debajo del área afectada, aplicando un cicatrizante vegetal y desinfectando adecuadamente las herramientas de trabajo. Se reporta la eficacia de las aspersiones de fungicidas a base de cobre en el control de la antracnosis del cacao. Las labores de fertilización, control de malezas, podas de copa del cacao y de árboles de sombra, remoción y quema de los chireles enfermos al final de cosechas mayores son efectivas para manejar la antracnosis (Sánchez et al., 2015).

2.6.5. Clasificación del cacao.

El cacao (*Theobroma cacao* L.) es una especie del género *Theobroma*, de la familia de las Malvaceae, que cuenta con más de 22 especies, es originaria de Sudamérica y ha sido domesticada en Mesoamérica (Peña et al., 2015).

Existen básicamente tres tipologías de cultivares a partir de los cuales se desprenden las variedades, híbridos y clones que hoy se siembran en el mundo, los criollos, forasteros y trinitarios (Peña, et al 2015).

Criollos

- No son vigorosos, exceptos que crezcan en ambientes favorables.
- Muestra bajos rendimientos en comparación con los grupos forasteros y trinitarios.
- Usualmente toman más de 5 años para producir las primeras mazorcas.
- Las semillas presentan embriones necróticos.
- Las semillas presentan embriones necróticos o pueden estar vacías.
- Son altamente susceptibles a monilia, escoba de bruja y mazorca negra (Hernández, 2018).

Forastero

- Se trata de un cacao de calidad ordinaria.
- Sus frutos de cascara dura y leñosa.
- El grano tiene una cascara gruesa, es resistente y poco aromático (Hernández, 2018).

Trinitario

- Es una mezcla entre el criollo y forastero.
- Son plantas vigorosas.
- Alto rendimiento en buenos ambientes.
- Produce las primeras mazorcas en menor tiempo que los genotipos criollos.
- Las semillas no presentan embriones necróticos, pero pueden estar vacías.
- Son susceptibles a monilia y mazorca negra (Hernández, 2018).

2.7. Reproducción

El cacao es un árbol originario de América, su fruto es la base para la elaboración de chocolate y sus derivados. Esta especie se cultiva en los trópicos húmedos y es fuente importante de ingresos en los países en desarrollo. La propagación del cacao se realiza generalmente por la vía sexual o semillas. Por lo que el 70 % de los árboles de cacao cultivados en el mundo provienen de semilla sin selección previa. Aunque también, se propaga por métodos de reproducción asexual o vegetativa, por enraizamiento de estacas e injerto (Peña, et al 2015).

2.7.1. Biología reproductiva de la flor de cacao (*Theobroma cacao* L).

La biología reproductiva comienza con la formación del botón floral, el cual su apertura en horas de la tarde y continúa abriendo durante la noche, hasta que termina de abrirse completamente en horas tempranas de la mañana del día siguiente. Una vez abierta el botón floral, las anteras que contienen los sacos polínicos se abren y liberan el polen minuto más tarde el estilo y estigma son receptivos a este. El grano de polen del cacao tiene una viabilidad relativamente corta, normalmente solo 48 horas. La fecundación, dependiendo donde caigan los granos de polen (si cerca del ovario o en el extremo del tubo polínico), puede demorar de 24-72 horas. Una característica especial de la flor de cacao es un punto de absorción, que provoca su desprendimiento uno o dos días después si no es fecundada. Este tipo de morfología convierte al cacao en una especie altamente alogama o de polinización cruzada. Este intercambio de polen de una flor a otra se realiza en un 95% por diminutos insectos del género *Forcipomya*, que es un micro-díptero (mosquitas) muy activa especialmente en horas tempranas de la mañana.

Se presume que las mosquitas revolotean sobre las flores y son atraídas por la línea guías con pigmentación rojo-violetas en el interior de la cogulla y luego de pasarse en la flor hace un recorrido siguiendo esas líneas guías, pasando por la concavidad del pétalo donde están protegidas las tecas que contienen el polen y al rozar el polen se impregna del mismo. Al continuar su recorrido trepan por el tubo polínico donde se deposita el polen va quedando adherido a lo largo del estilo y estigma se tiene la polinización cruzada.

Cuando el grano del polen es compatible con los órganos femeninos de la flor, germinan y desarrollan un tubo germinativo que llega hasta los óvulos y es cuando se da la fecundación (Ramos et al., 2015).

2.7.2. Reproducción 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. La siembra directa en el campo, aunque disminuye los costos de transporte de material, dificulta el control de enfermedades, pestes y plagas, mientras que los semilleros son más económicos y fáciles de irrigar durante períodos secos y además es más fácil eliminar plantas pobres o débiles.

La reproducción sexual tiene la desventaja de presentar una mayor variabilidad en la producción, pues, además de tratarse de una planta alógama, su flor posee una compleja estructura y presenta incompatibilidad entre ciertos tipos, por lo que es posible encontrar variaciones aún entre la descendencia de un mismo fruto, aunque estas limitantes pueden reducirse mediante el uso de semillas mejoradas obtenidas por cruzamientos entre clones seleccionados. Por otro lado, se debe conocer las relaciones de compatibilidad e incompatibilidad en los distintos genotipos de cacao para el establecimiento de plantaciones comerciales y los trabajos de los programas de mejoramiento genético, ya que el rendimiento y la productividad dependen en muchos casos de los agentes polinizadores, autopolinización y polinización cruzada, los cuales a su vez se ven afectados por factores ambientales como luz, calor y humedad y de la formación del tubo polínico (Tenazoa, 2016).

2.7.3. Reproducción asexual.

Teniendo una diversidad genética reducida se incentiva un comportamiento igualitario por parte de los árboles, ayudando al productor en los trabajos respectivos del cacaotal.

En la propagación vegetativa no se genera el cruzamiento sexual entre un árbol madre y un padre, siendo la injertación uno de los tipos de procesos de multiplicación del cacao más sencillo y eficaz. El injerto resulta de la extracción de las yemas, que son partes del árbol que se encuentran en la base o axila de las hojas y cuya función consiste en producir ramas; estas se injertan sobre los patrones, que básicamente son plantas que se encuentran en semillero o sobre los chupones basales de una planta adulta. El injerto del cacao debe realizarse en patrones con alta vigorosidad y buena sanidad. Los árboles más viejos se pueden injertar, haciéndose en los chupones que estén presentes o los inducidos por medio de la poda.

Para el establecimiento de cultivos comerciales de cacao se recomienda utilizar la propagación asexual por injerto, con lo cual se logra precocidad, uniformidad, calidad y alta productividad; la injertación se puede realizar en campo o en vivero, para lo cual se debe tener en cuenta los ciclos hídricos de la zona procurando que la plántula se lleve a campo en la temporada de lluvias. La semilla de cacao utilizada para este proceso se conoce como patronaje, tiene una viabilidad muy corta (cinco días) y alto porcentaje de germinación (mayor al 90 %), por lo que se recomienda realizar la siembra sin demora y por ello en la finca se debe tener preparado el umbráculo o cobertizo del vivero y las bolsas llenas. En el proceso de injertación en vivero se aconseja utilizar una bolsa de por lo menos 25 cm de alto y 15 cm de ancho, con un sustrato 3:1 (tierra/arena), que permita una buena filtración del agua. Una vez sembrada la semilla, se espera realizar la injertación 3 a 3.5 meses después cuando el patrón alcance un diámetro a 10-15 cm del suelo de al menos 4 o 5 mm; pasados tres meses el injerto está listo para llevarse a campo, cuando además posea al menos seis hojas verdaderas, es decir, el proceso completo alrededor de seis meses. El tipo de injerto realizado en vivero se conoce como de parche. Para el proceso de injertación en campo primero se realiza el de vivero normalmente (como se explica en el proceso anterior) pero cuando el patrón tenga 2 a 2.5 meses se lleva a campo para allí realizar la operación de injertación cuando la plántula alcance un diámetro de 8 a 10 mm a 15 cm del suelo y este bien hidratada; esto ocurre 5 a 6 meses después de plantado. El proceso completo tarda entre ocho y nueve meses. El tipo de injerto realizado en campo se denomina de aproximación (Arvelo, et al, 2017).

2.8. Tipos de injertos

Consiste en juntar partes de la planta, de tal manera que se unen para continuar su crecimiento como una sola planta.

El injerto es un método de multiplicación vegetativa, que consiste en soldar una o más porciones de la variedad o cultivar que se desea reproducir en una planta de la misma especie o de una especie a fin, con el objetivo de obtener un nuevo individuo (Gamboa, 2015).

2.8.1. Principales factores que influyen en el prendimiento del injerto.

Temperatura: Tiene efecto en la formación del tejido del callo. La consolidación del injerto requiere una temperatura que oscila entre los 15-30 grados Celsius siendo la óptima entre 22 y 25 grados Celsius.

Sombra: Una vez hechos los injertos se colocan bajo media sombra (malla Sarán 50%) para darles el cuidado necesario. Se debe proporcionar sombra al área de propagación para reducir la intensidad lumínica y las altas temperaturas (malla sarán 50 a 70).

Humedad: es importante cuando se está formando el callo para que no se deseque la superficie de los cortes realizados, y la cicatrización sea buena. Esta debe estar entre 80 y 90% siempre elevada, pues en caso contrario las buenas cicatrizaciones son.

Viento: puede tener influencia sobre la humedad y deshidratación de las púas. La gran velocidad del viento puede acelerar la deshidratación de las púas, también puede disminuir el prendimiento, al romper brotes y desprender la unión del cambium. El promedio de la velocidad del viento debe ser de 4 a 6 metro por segundos (m/s) (14.4 a 21.6 kilómetros por hora) con ráfagas de 6 a 8 metro por segundos (m/s) (21.6 a 28.8 kilómetros por hora) (km/h).

Oxígeno: Para la producción del tejido del callo es necesaria la presencia de oxígeno en la zona de unión, debido a que en esta hay un gran número de células en división y crecimiento que lo acompaña una respiración elevada. Para esto es conveniente que la ligadura del injerto permita el acceso del oxígeno a la zona de la unión.

Compatibilidad: Como regla general, los vegetales injertados deben ser de la misma familia botánica y la afinidad, es mejor entre los vegetales de la misma especie que entre dos vegetales de un mismo género. Normalmente debe haber éxito si se injerta un clon dentro de la misma planta de la cual provino el patrón, injertando en otra planta del mismo clon o clones de la misma especie (Reyes, Marín, y Montalván, 2015).

2.8.2. Injerto de púa central o terminal.

Este tipo de injerto consiste en insertar en el patrón un segmento de vareta con 3 o 4 yemas viables al igual que el anterior de las cuales darán origen a ramas plagiotrópicas y formarán una nueva planta. Se utilizan los mismos materiales que en el injerto de púa lateral:

Se decapita el patrón a una altura de 40 cm eliminando la parte aérea del mismo, colocando rafia (cinta plástica) en el patrón diseñando previamente un nudo el mismo que servirá para fijar el injerto al patrón. Luego se procede a partir el patrón por el centro aproximadamente unos 5cm. Inmediatamente se prepara la varetta, realizando 2 cortes laterales en el extremo inferior de la varetta y opuestos de manera que se forme una púa (Zambrano, 2013).

Seguidamente se introduce la varetta en el patrón haciendo coincidir las cortezas del patrón con las del injerto. Es difícil encontrar varetas y patrones del mismo grosor de tal modo que basta que exista el contacto de uno de los costados. Luego se ajusta con la rafia. Se cubre el injerto con la bolsa plástica evitando el contacto con las yemas. El amarre se lo realiza por abajo del injerto sin ajustar demasiado y permita el paso del agua que se produce por la deshidratación del material vegetal. Las fundas plásticas se retiran cuando las hojas del injerto presentan de 3 a 5 cm, la cinta plástica se desata cuando el injerto haya cicatrizado (Zambrano, 2013).

2.8.3. Injerto de púa lateral.

Este consiste en colocar en la parte lateral de un patrón un segmento de varetta, de la cual se han seleccionado de tres o cuatro yemas funcionales.

Se realiza una abertura en un costado del brote de aproximadamente de 2 centímetros de largo. En la varetta porta yema se hacen dos cortes lisos a los lados, de la misma longitud de la inserción hecha en el patrón que da forma de una cuña, de tal manera que penetre en la hendidura y coincida con el corte del patrón. Luego se cubre el injerto con tiras plásticas transparente tratando de ajustar fuerte en la parte de unión de la varetta y el patrón, el retirado del plástico se hará una vez transcurrido 20 días después de la práctica (Zambrano, 2013).

2.8.4. Injerto en T.

Injerto de parche (conocido también como injerto de yema o injerto en T invertida). Este tipo de injerto consiste en colocar sobre el patrón una sola yema tomada de la varetta o rama de un árbol seleccionado por sus características especiales. Realizando dos cortes verticales y uno atravesado u horizontal en la corteza del patrón formando una "U" invertida. Luego en la varetta o rama hacer cortes alrededor de la yema del mismo ancho y largo que el realizado en el patrón y despegar la yema para ser colocada en forma inclinada dentro de la herida realizada en el patrón.

Al terminar este procedimiento se debe efectuar el amarre con la cinta plástica. Antes de realizar la envoltura en la parte media se debe eliminar una fracción o parte del peciolo y continuar con la envoltura. No se debe tapar ni mojar el sitio donde se encuentra la yema, se sugiere regar a partir del quinto día después de haber injertado y retirar la cinta del injerto después de ocho a quince días de haber realizado la técnica (IICA, 2017).

2.9. Materiales de cacao ofertados por el INIFAP

El INIFAP, a través de los Campos Experimentales Rosario Izapa (Tuxtla Chico, Chiapas) y Huimanguillo (Huimanguillo, Tabasco), cuenta con recolectas establecidas en bancos de germoplasma ex situ que albergan más de 170 accesiones con materiales de cacao provenientes de nueve países de América Latina, además de una colección de genotipos de cacao criollo recolectados en diferentes regiones del trópico mexicano en los últimos años. Las accesiones incorporadas a los bancos de germoplasma tienen su origen en diferentes países (Mendoza et al., 2011).

Cuadro 3. Accesiones incorporadas al banco de germoplasma y lugar de origen.

País	Grupo de accesión.
Costa Rica	UF, CC, CATIE, SANTA CLARA, DIAMANTE
Colombia	SPA
Brasil	SIAL, RB, CATONGO, EEG
Ecuador	EET, SCA
Perú	PA, POUND, IMC, IQ, NA
Trinidad	ICS
Venezuela	OCUNARE, CHUAO, PORCELANA
Guatemala	SGU
México	RIM, ESMIDA, PENTAGONA, PICH, TAB, P, CHI, OST, SANTA ANA

Fuente: (Mendoza et al., 2011).

De las accesiones mencionadas en la Tabla 3 algunas están reconocidas a nivel internacional por presentar cierto grado de tolerancia a la moniliasis, alta capacidad combinatoria como portainjertos, o por tener rendimientos aceptables, sujetos a la realización de cruzamientos como parte de un programa de mejoramiento genético formal.

Los materiales mexicanos, producto de las primeras selecciones de genotipos con mayor evaluación a nivel comercial y que presentan características importantes como rendimiento y calidad, son los que se mencionan en la Cuadro 4 (Mendoza et al., 2011).

Cuadro 4. Genotipos mexicanos de cacao con evaluación agronómica sobresaliente.

Clon	Rendimiento (Kg ha-1)	Contenido de grasa (%)	Peso seco de semilla (g)
RIM-24	1231	50.3	1.4
RIM-44	1315	50.0	1.3
RIM-56	1360	50.5	1.3
RIM-88	1486	51.4	1.3
RIM-105	1259	49.3	1.1

Fuente: (Mendoza et al., 2011).

Los materiales RIM (Cuadro 5) son resultado de recolectas realizadas en parcelas en la región de Soconusco, Chiapas y han sido evaluados en esta región y en otras del estado de Tabasco. Se recomiendan principalmente como materiales aptos para estas zonas. En la Tabla 5 muestra los materiales resultantes de cruzamientos programados y dirigidos, destacándose nuevamente el alto rendimiento y los contenidos de grasa en la almendra (Mendoza et al., 2011).

Cuadro 5. Resultado de cruzamientos programados y dirigidos, con alto rendimiento y contenido de grasa.

Clon	Rendimiento (Kg ha-1)	Contenido de grasa (%)	Peso seco de semilla (g)
INIFAP-H12	1687	51.3	1.3
INIFAP-H13	1151	50.2	1.2
INIFAP-H16	1003	49.3	1.2
INIFAP-H20	1281	52.0	1.1
INIFAP-H31	1241	52.7	1.1

Fuente: Mendoza et al., 2011.

Tanto los híbridos como los materiales RIM son genotipos importantes que representan para los productores alternativas viables que pueden contribuir a los procesos de renovación paulatina y establecimiento de nuevas plantaciones (Mendoza et al., 2011).

2.10. Genotipos resistentes

Considerando la gran susceptibilidad de todos los genotipos comerciales de cacao, la agresividad de este patógeno, su excepcional capacidad de sobrevivir en diferentes condiciones ambientales y su rápida dispersión natural y mediada por el hombre, *M. royeri* representa una gran amenaza para los agricultores del mundo. La generación de clones con alta resistencia permitiría producir cacao en ambientes infestados con "moniliasis", en donde la única alternativa hasta hace poco era el abandono o cambio de actividad de las plantaciones; por ello es de su suma importancia

incorporar caracteres de resistencia a la “moniliasis” a genotipos mexicanos altamente productivos.

El aprovechamiento del germoplasma valioso mediante la hibridación permite la obtención de genotipos superiores de alto valor agronómico. Al realizar polinizaciones manuales se tiene la ventaja de poder escoger los árboles que serán el padre y la madre de las semillas, del cual se obtienen semillas híbridas de calidad cruzando los mejores árboles padre y madre.

En la actualidad existen genotipos reportados como resistentes a la “moniliasis” como: ICS 95 (Trinidad y Tobago), UF 273 (Costa Rica), PA 169 (Perú), EET 233 (Ecuador) y EET 183(Ecuador). Estos materiales fueron introducidos por el INIFAP en el año 2006 a México (Azpeitia et al., 2008; Azpeitia et al. 2009) y han mostrado producción de 0.7 kg de grano seco por árbol para el clon PA 169, 1 Kg para el clon UF 273 y 1.5 Kg en el clon ICS 95. Sin embargo, los genotipos ICS 95 y UF 273 presentaron resistencia con cero frutos enfermos de “moniliasis” y el PA 169 mostró moderada resistencia. Con base a esta fuente genética disponible, el objetivo del presente trabajo fue: establecer un método para la formación de nuevos híbridos mexicanos que sean altamente productivos por medio de polinizaciones controladas con genotipos resistentes para el estado de Tabasco (Barrón, Azpeitia, López, y Mirafuentes, 2014).

Capítulo III

3.1. Materiales y métodos

El presente trabajo se realizó durante los meses de agosto de 2017 a diciembre del 2018. En los cuales del mes de agosto 2017 a junio 2018 se estableció la estructura de la biofábrica, así como el trabajo experimental que abarca la siembra de 540 plantas de cacao conformadas por cinco variedades.

3.1.1. Área experimental.

Esta investigación se llevó a cabo en la biofábrica del área de biología molecular (Figura 19), en las instalaciones del INIFAP C.E. Huimanguillo que se encuentra en la carretera Cárdenas-Huimanguillo, con las coordenadas $17^{\circ}51' 04.52''\text{n}$ $93^{\circ} 23' 46.96''\text{o}$, a una elevación de 20 msnm.



Figura 19. Biofábrica establecida en las instalaciones de INIFAP C.E. Huimanguillo.
Fuente: (Foto tomada por Jiménez López Edgar, 2018).

3.1.2. Material experimental.

El material utilizado para el establecimiento experimental fueron las siguientes variedades (Cuadro 6).

Cuadro 6. Patrones y variedades a utilizar en el trabajo experimental.

Patrón	Variedad
UF 273	H OLMECA H 7 H 14 H CHAK H CANEK
PA 169	H OLMECA H 7 H 14 H CHAK H CANEK
Olmeca	H OLMECA H 7 H 14 H CHAK H CANEK
Chak	H OLMECA H 7 H 14 H CHAK H CANEK
Canek	H OLMECA H 7 H 14 H CHAK H CANEK

Fuente: Jiménez Lopez Edgar, 2018.

3.1.3. Material de campo.

Se utilizaron bolsas de polietileno, suelo limo, machete, rastrillo, letreros de identificación, cámara fotográfica, navaja, vernier, regla y formato de campo.

3.1.4. Materiales de oficina.

Se utilizó una computadora, borrador, lápiz, marcadores de aceite, programa de Microsoft Excel y Microsoft Word y el programa estadístico de la universidad autónoma de Nuevo León.

3.1.5. Métodos utilizados.

Esta investigación se realizó mediante cinco etapas. La primera consistió en establecer el método experimental; la segunda consistió en evaluar el porcentaje de germinación de cada una de las variedades utilizadas como patrón; la tercer fue evaluar mensualmente la altura, el diámetro y número de hojas por planta; la cuarta etapa consistió en injertar y saber el porcentaje de prendimiento de cada una de las variedades de yemas en cada uno de los patrones; la quinta etapa consistió en realizar un ANOVA y la prueba de Tukey 0.05 de las variables registradas durante el experimento.

3.1.6. Primera etapa.

En el presente trabajo se evaluaron cinco variedades de cacao como patrones para injertación con 108 repeticiones cada uno y cinco más como yemas, haciendo un total de 540 bolsas y un total de 25 tratamientos, dichas bolsas se llenaron con un tipo de suelo limoso, y colocadas dentro de la biofábrica con un ancho de 6 bolsas y posteriormente se sembraron las semillas e identificaron por bloques.

3.1.7. Segunda etapa.

A los 15 días se procedió a recabar información sobre el porcentaje de plantas germinadas por cada una de las variedades mediante la identificación visual de las mismas.

3.1.8. Tercera etapa.

Pasados 30 días desde la siembra de la semilla se llevó acabo la primera toma de datos de las plantas en el cual las variables a evaluar fueron altura la cual se estuvo determinando con una regla de un metro de largo, diámetro del tallo con ayuda de un vernier y el número de hojas identificadas visualmente, esta toma de datos también se realizó a los 60, 90 y 120 días posteriores a la germinación.

3.1.9. Cuarta etapa.

Pasados 150 días se procedió a la injertación de cada uno de los bloques establecidos con las cinco variedades diferente de yemas de cacao con una repetición en promedio de 19 plantas por

variedad de yema en cada bloque, transcurrido 20 días desde la injertación se procedió con el destape y la toma de datos acerca del porcentaje de prendimiento obtenido por cada patrón respecto a la variedad de las yemas.

Capítulo IV

4.1. Resultado y discusión

Al recabar los datos del porcentaje de germinación y analizarlos, se puede determinar que la variedad obtuvo la mayor cantidad de semillas germinadas, sin embargo, las variedades PA169, Olmecca y Chak fueron estadísticamente iguales, quedando en último lugar la variedad Canek (Figura 20).

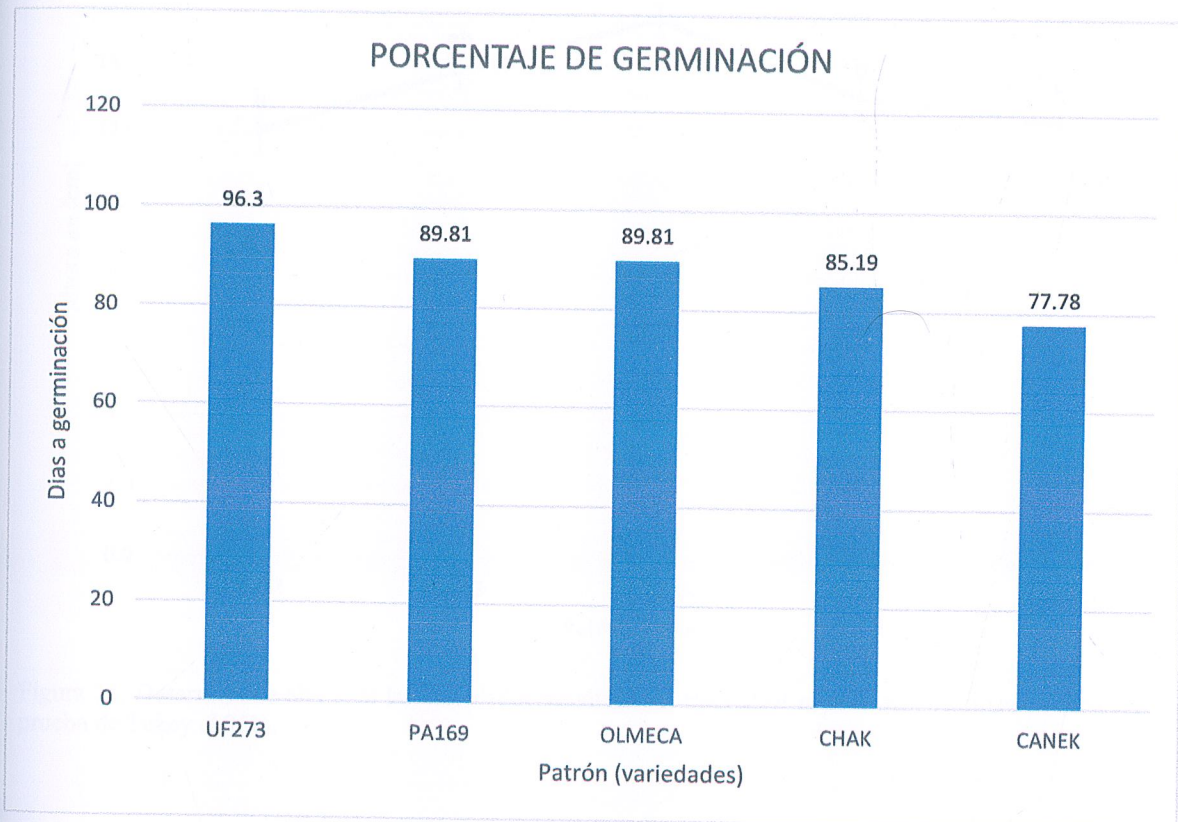


Figura 20. Porcentaje de germinación de plantas dependiendo el tipo de variedad.

Al realizar la toma y análisis de datos del primer mes, se puede observar el comportamiento de las variedades en cuestión del desarrollo de la altura, siendo la variedad Olmeca la más significativa, siguiéndole la variedad PA169 en segundo lugar siendo estadísticamente igual a la Olmeca y las demás variedades (Figura 21).

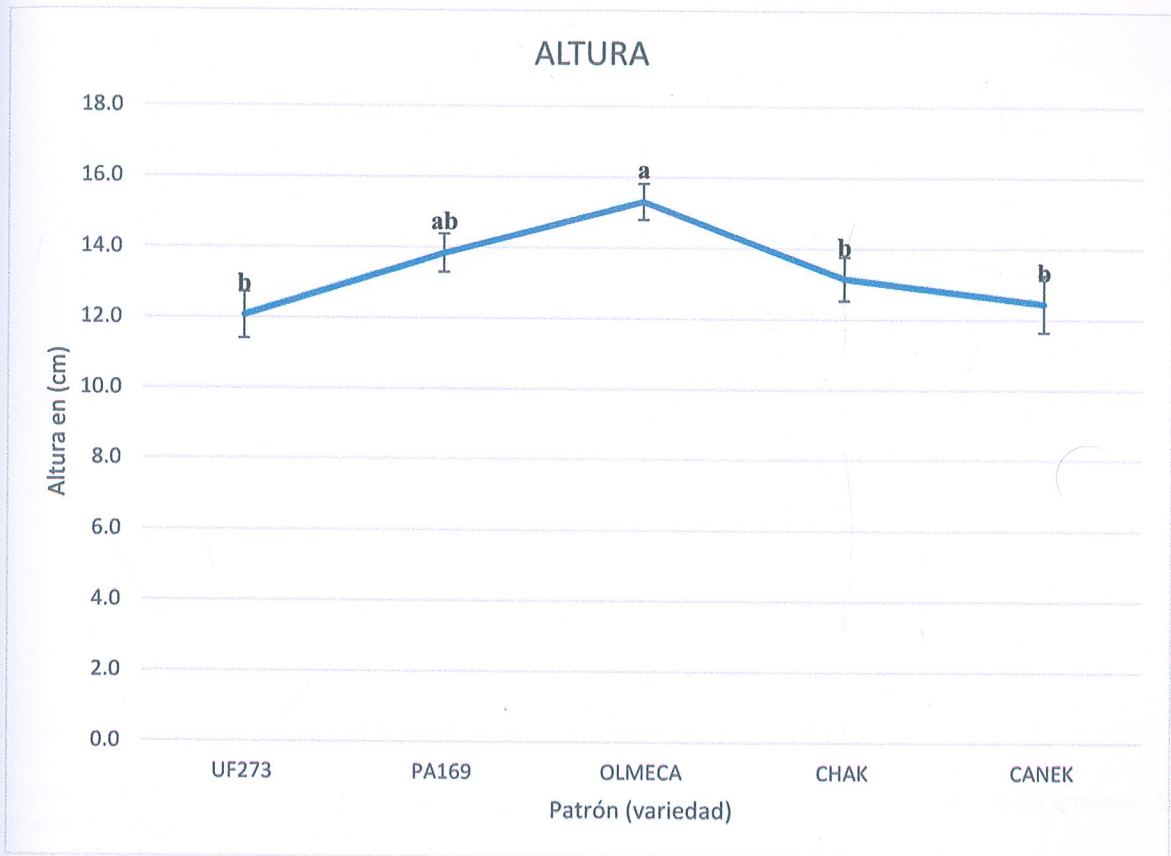


Figura 21. Desarrollo de altura de las variedades estudiadas al transcurrir el mes uno y analizadas mediante la prueba de Tukey al 95%.

Al analizar la Figura 22 podemos observar que, al transcurrir dos meses desde la siembra de la semilla, las variedades se comportan en el desarrollo de altura de la misma manera siendo la OLMECA la que mayor altura posee, mientras que la variedad CHAK pasa a segundo lugar desplazando a la variedad PA169 a ser estadísticamente igual al resto de las variedades.

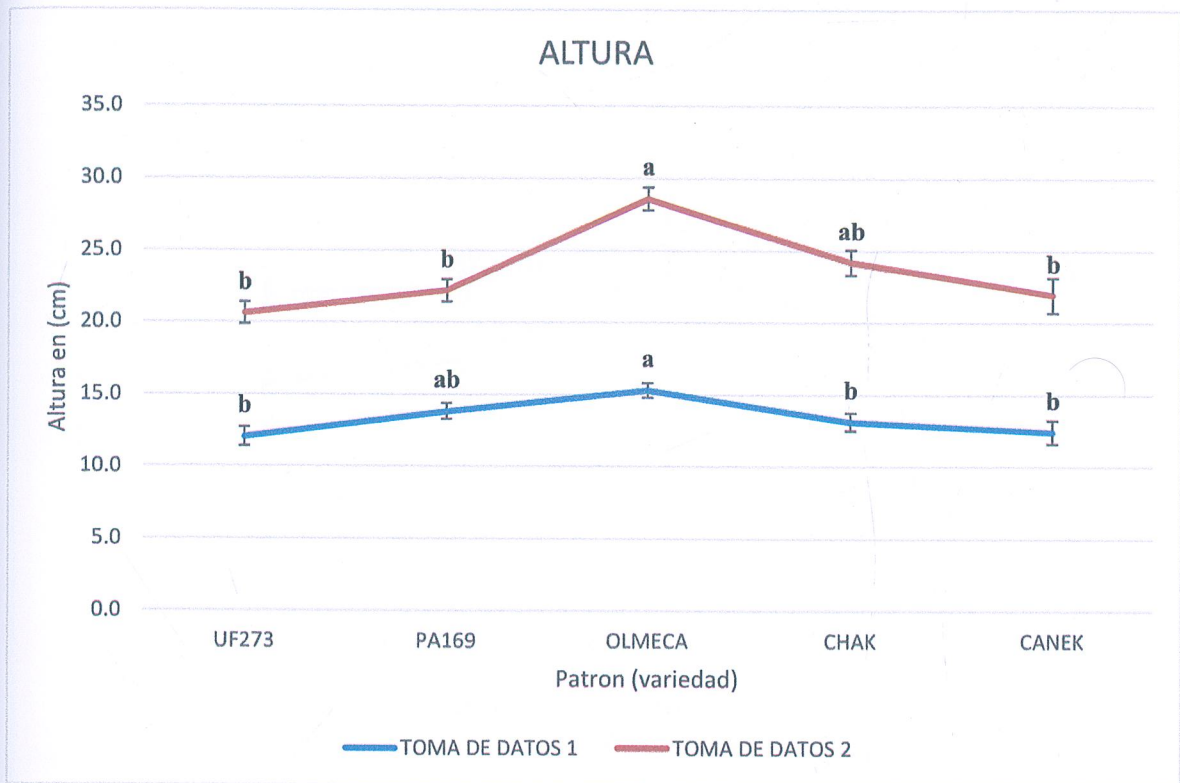


Figura 22. Desarrollo de altura de las variedades estudiadas al transcurrir el mes dos y analizadas mediante la prueba de Tukey al 95%.

Al analizar se puede observar que sobresale por su altura la variedad Olmeca manteniéndose en el primer lugar, sin embargo, en el segundo lugar se observan tres variedades (PA169, CHAK y CANEK) que son estadísticamente igual al olmeca, mientras que la variedad UF273 queda en tercer lugar siendo estadísticamente igual a las variedades (PA169, CHAK y CANEK) que ocupan el segundo lugar y siendo estadísticamente diferente a la Olmeca (Figura 23).

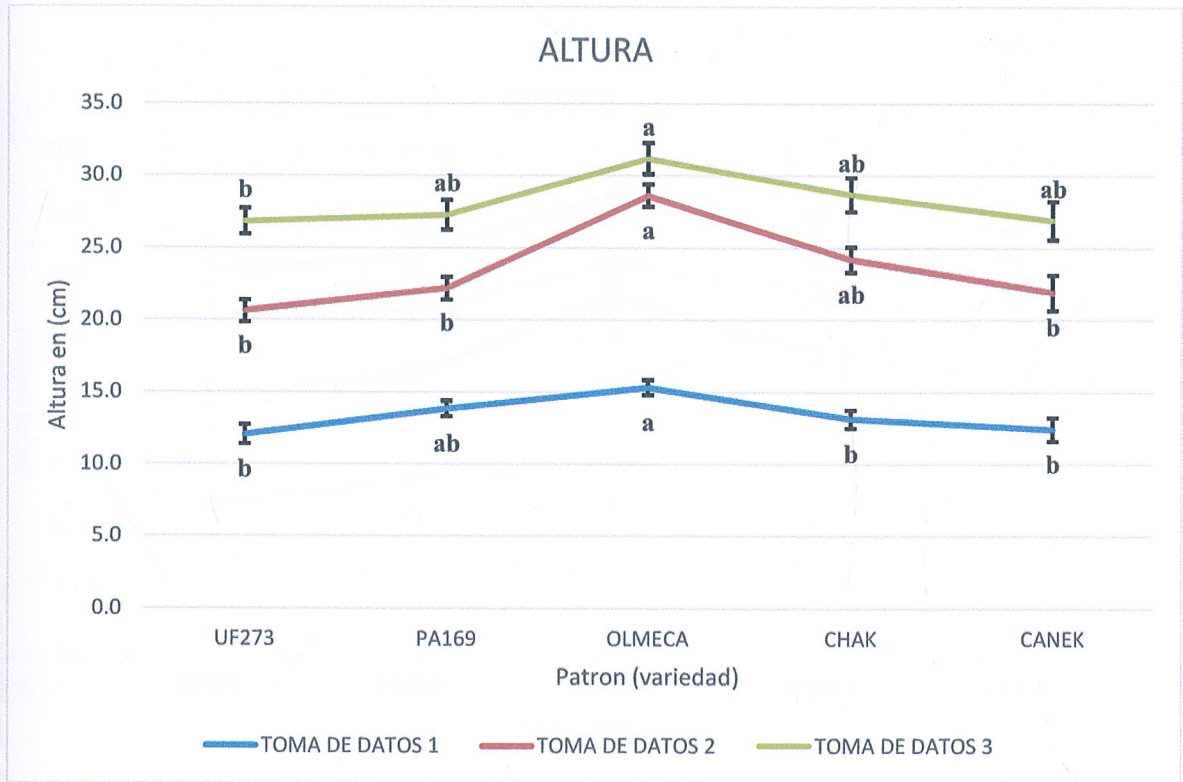


Figura 23. Desarrollo de altura de las variedades estudiadas al transcurrir el mes tres y analizadas mediante la prueba de Tukey al 95%.

El comportamiento en el desarrollo de altura de las variedades fue uniforme estadísticamente debido a que hasta la última recolección de datos en el día 120 la máxima altura observada fue la variedad olmeca (36.56cm) siendo las demás inferiores y estadísticamente iguales sin una varianza significativa (Figura 24), Gamboa et al. en 2017 al realizar un trabajo en el cual evaluo a los 195 días las variedades UF-221 y VRAE-99 obtuvieron un desarrollo de 53.21 cm y 33.71 cm respectivamente, es decir en esta investigación se logró alcanzar la altura mínima a los 120 días.

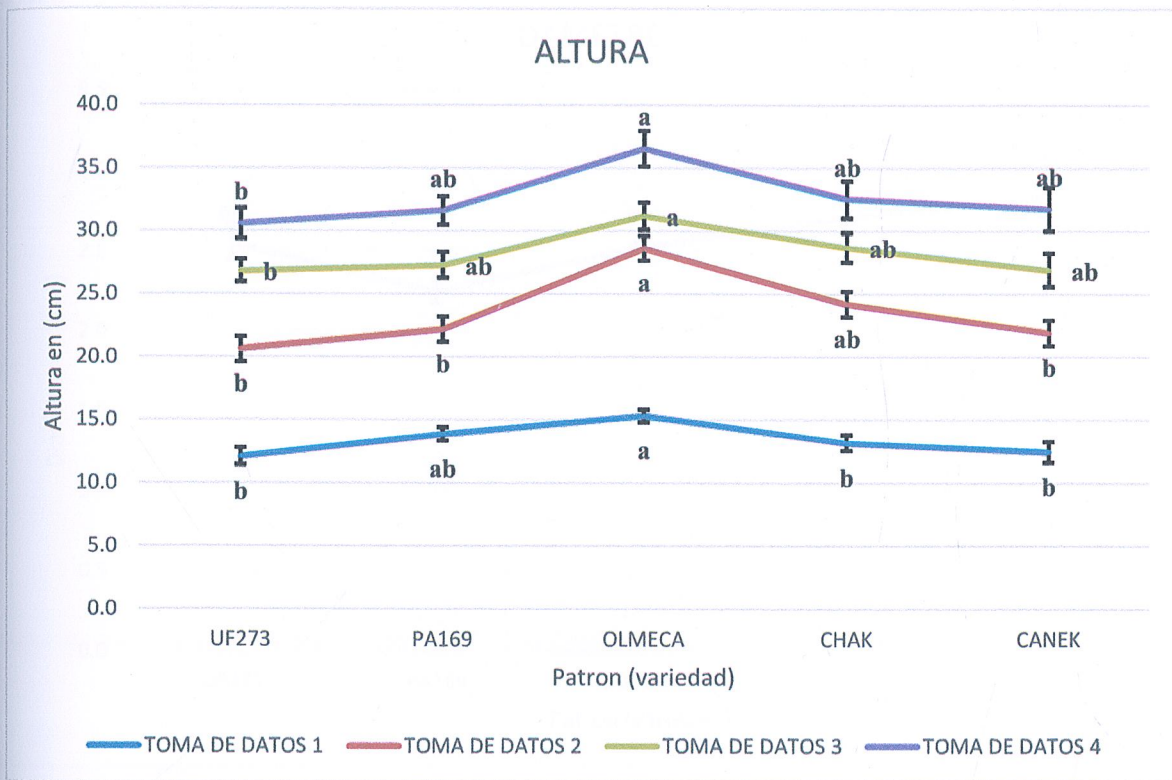


Figura 24. Desarrollo de altura de las variedades estudiadas al transcurrir el mes uno y analizadas mediante la prueba de Tukey al 95%.

Al observar la Figura 25 podemos percibir que las variedades CHAK y CANEK ocupan el primer lugar sobresaliendo en el desarrollo del diámetro del tallo, siguiéndolas en segundo lugar las variedades UF273 y Olmeca las cuales son estadísticamente igual a las del primer lugar y por último en el tercer lugar se observa la variedad PA169 la cual obtuvo un menor desarrollo de diámetro del tallo siendo esta estadísticamente igual a las del segundo lugar pero completamente diferente a las del primer lugar.

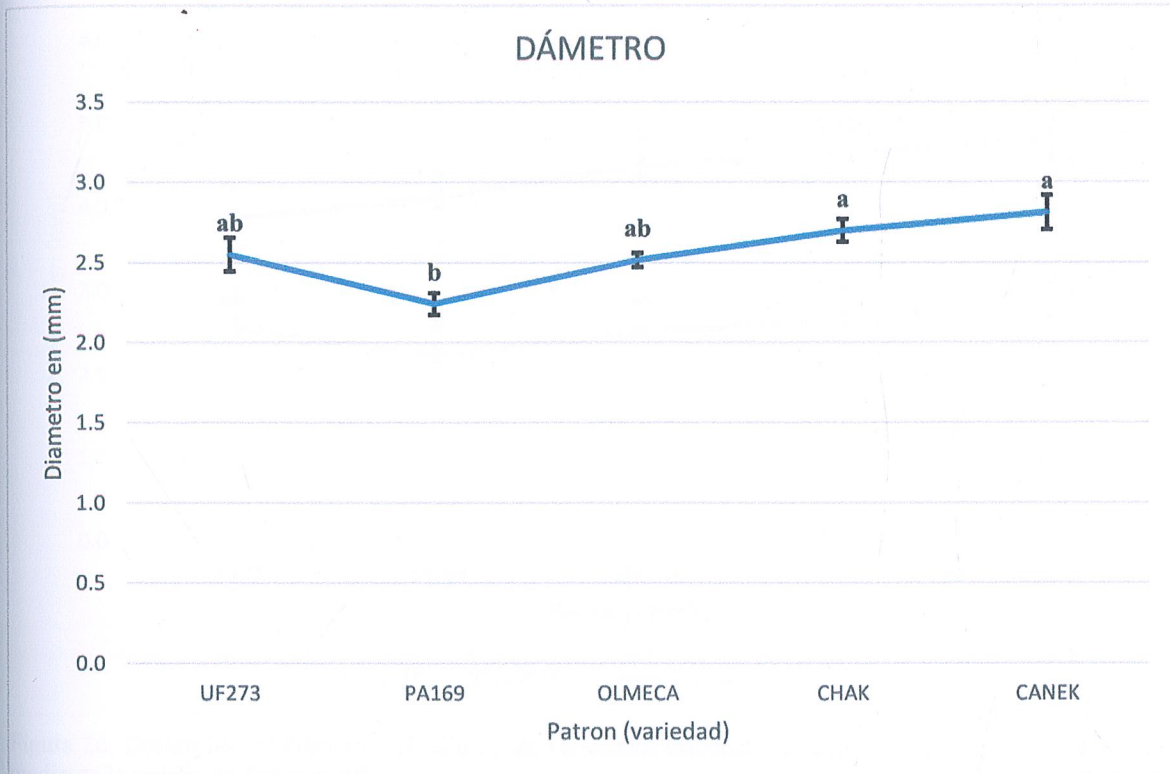


Figura 25. Desarrollo del diámetro del tallo de las variedades estudiadas al transcurrir el mes uno y analizadas mediante la prueba de Tukey al 95%.

Al analizar la Figura 26 se puede observar que el comportamiento en el desarrollo del diámetro de las variedades CANEK, CHAK y Olmecca es estadísticamente igual ocupando estas los tres primeros lugares respectivamente mientras que la variedad UF273 obtuvo un menor desarrollo y desplazándose del segundo lugar al cuarto junto con la variedad PA169 que se mantiene en dicha posición.

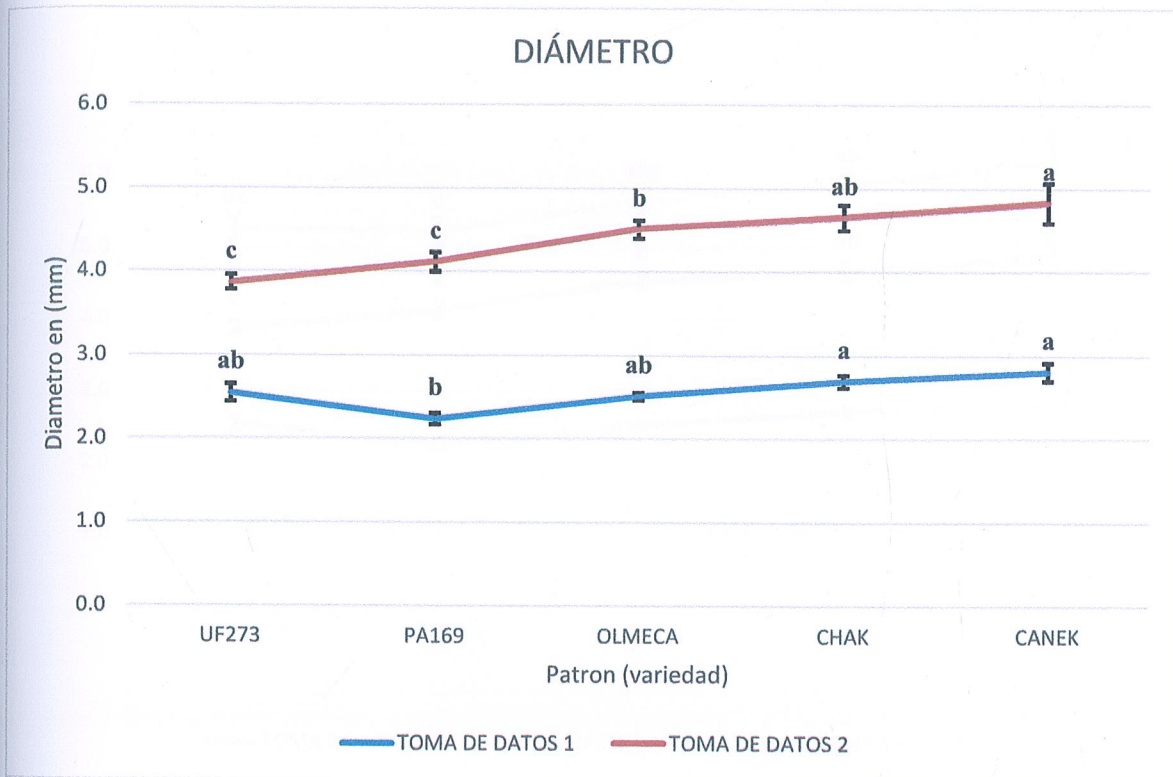


Figura 26. Desarrollo del diámetro del tallo de las variedades estudiadas al transcurrir el mes tres y analizadas mediante la prueba de Tukey al 95%.

El comportamiento de las variedades a los tres meses de evaluación se observa que se mantienen en los lugares del mes dos siendo las variedades CANEK, CHAK y Olmeca las que ocupan los tres primeros lugares respectivamente y siendo estadísticamente iguales, mientras que la variedad UF273 se mantuvo en el cuarto lugar, la variedad PA169 se desplazó a un quinto y último lugar debido a su muy poco desarrollo durante las tomas de datos (Figura 27).

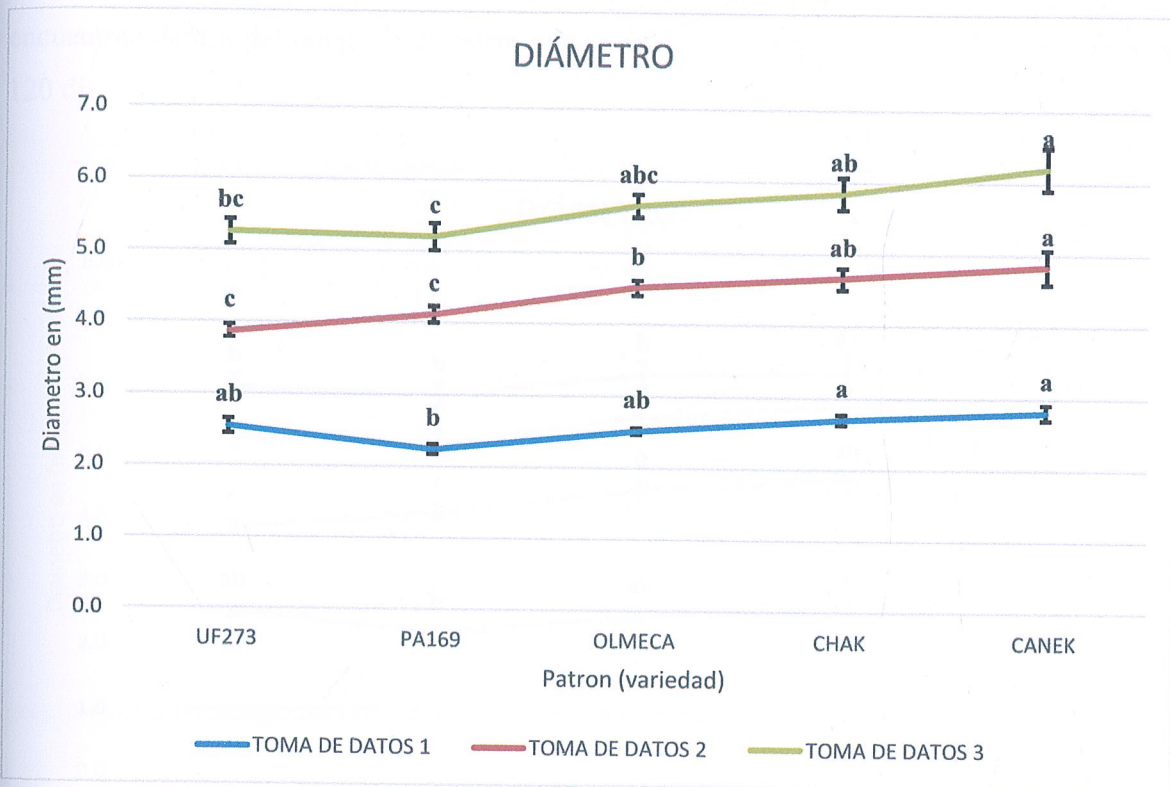


Figura 27. Desarrollo del diámetro del tallo de las variedades estudiadas al transcurrir el mes tres y analizadas mediante la prueba de Tukey al 95%.

A partir de los 120 días las variedades que sobresalieron significativamente en las medidas del diámetro fue principalmente el Canek (7.08mm) y estadísticamente igual el Chack (6.37mm), que en comparación con el testigo PA169 (5.96mm) la diferencia es 1.125 milímetros siendo así estos de los más aptos para la pronta injertación, Gamboa et al. en 2017 menciona en su artículo que los diámetros alcanzados a los 195 días fueron 9.54 mm y 6.74 mm de las variedades UF-221 y VRAE-99 respectivamente, en el presente trabajo se puede observar que los resultados obtenidos se encuentran dentro del rango de diámetro con la diferencia de que estas mediciones fueron a los 120 días.

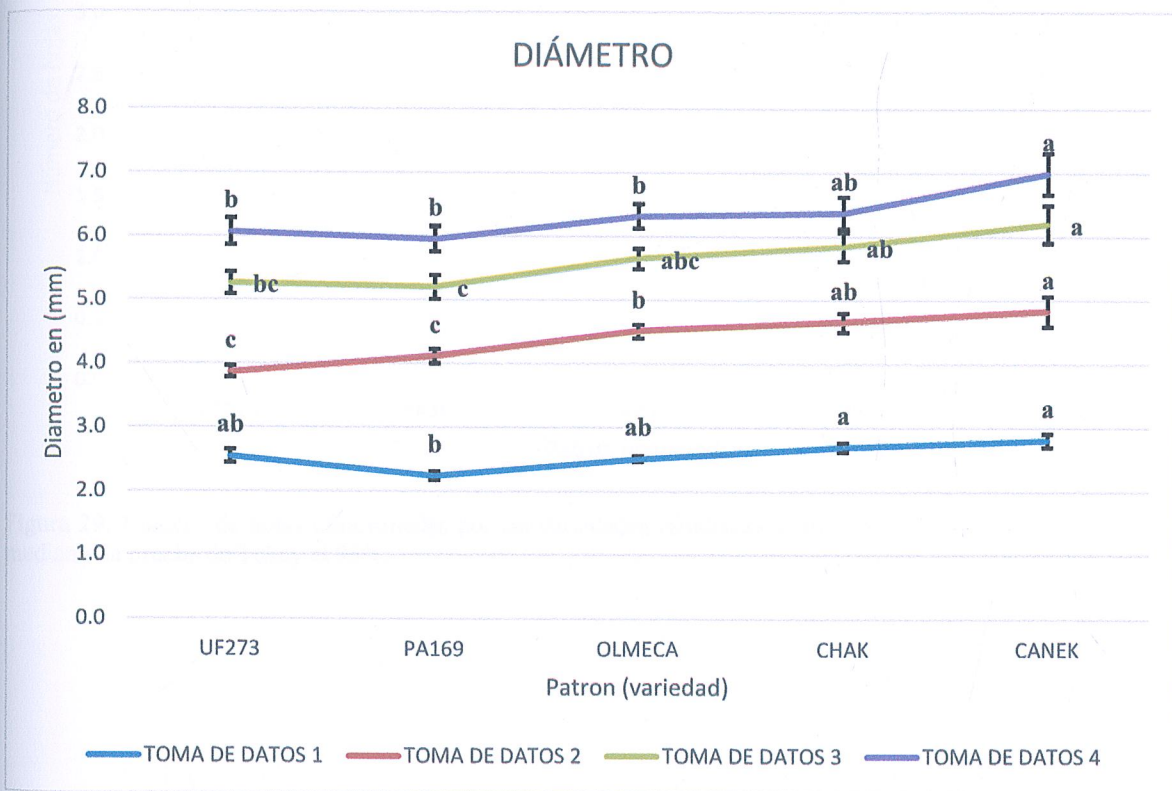


Figura 28. Desarrollo del diámetro del tallo de las variedades estudiadas al transcurrir el mes cuatro y analizadas mediante la prueba de Tukey al 95%.

En la Figura 29 se observa que el comportamiento de las variedades en el desarrollo de hojas en el primer mes es estadísticamente igual sin alguna variación significativa.

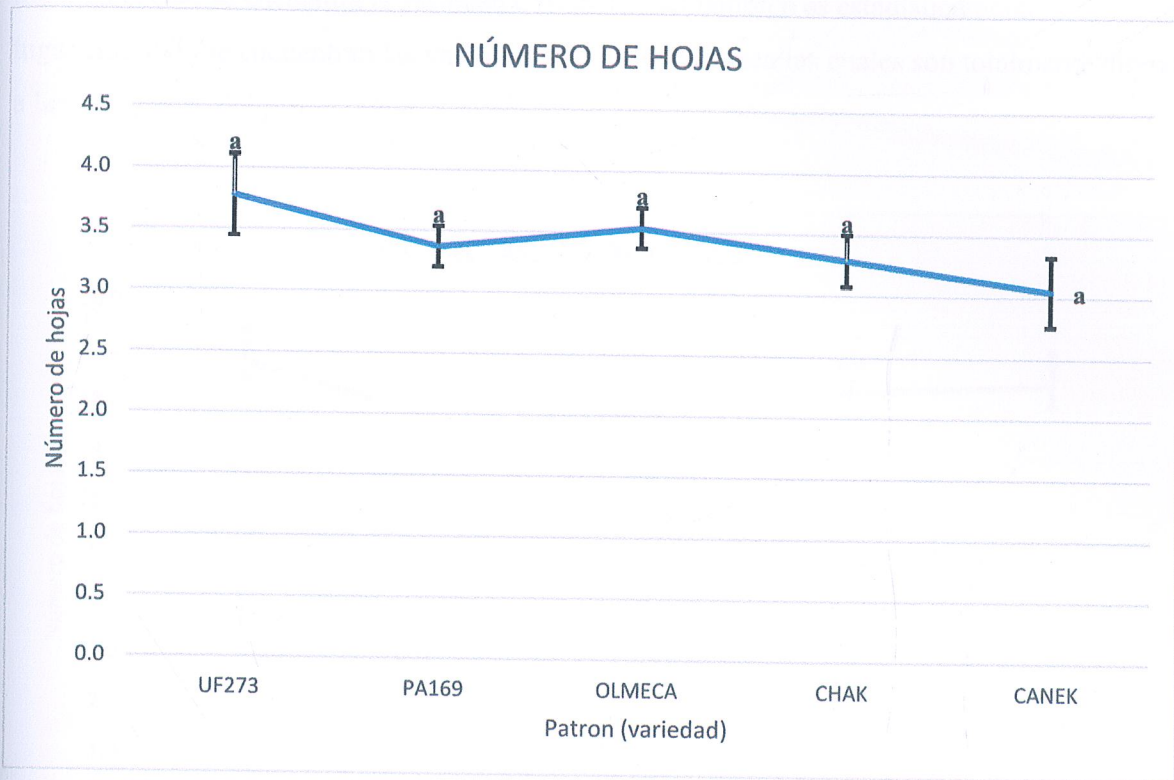


Figura 29. Número de hojas desarrolladas por las variedades estudiadas al transcurrir el mes uno y analizadas mediante la prueba de Tukey al 95%.

Al analizar la toma de datos del segundo mes (Figura 30) se observa que se dividen en tres posiciones en primer lugar se encuentran las variedades UF273 y CANEK que tienen una mayor significancia en el desarrollo de hojas, seguidamente y estadísticamente igual tenemos el segundo lugar en el cual se encuentra la variedad CHAK la cual también es estadísticamente igual al tercer lugar en donde se encuentran las variedades PA169 y Olmeca las cuales son totalmente diferentes a las variedades del primer lugar.

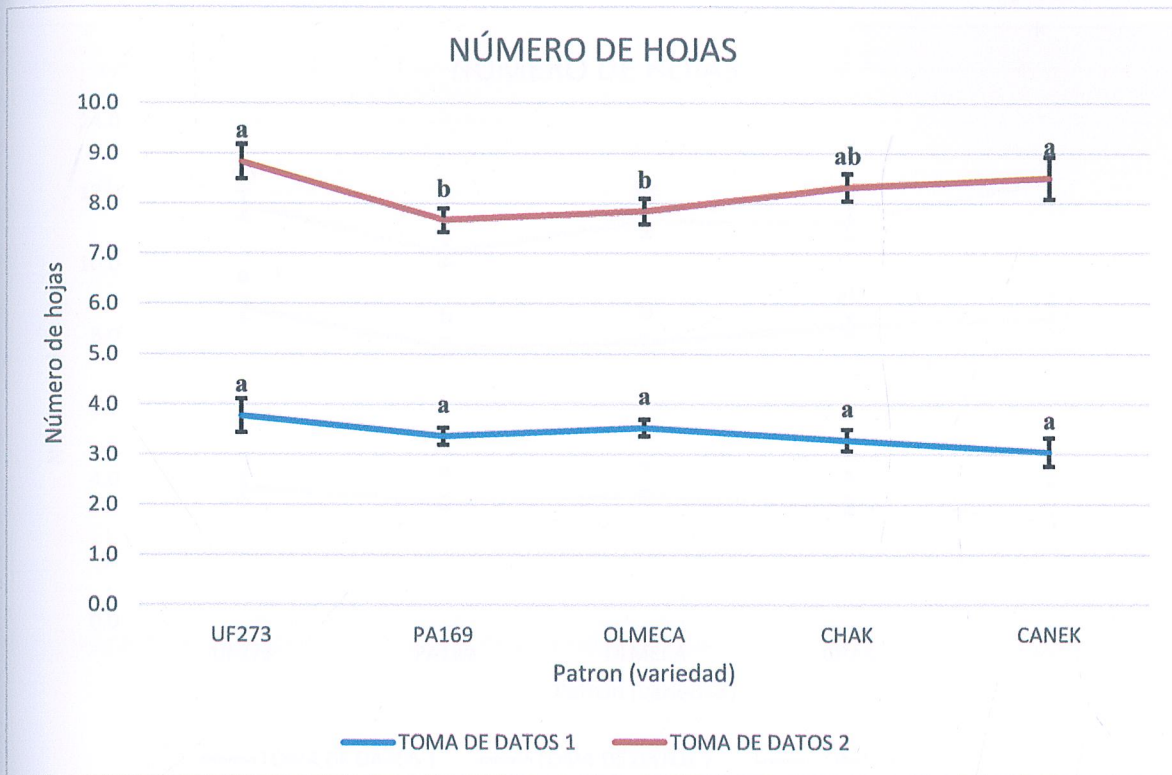


Figura 30. Número de hojas desarrolladas por las variedades estudiadas al transcurrir el mes dos y analizadas mediante la prueba de Tukey al 95%.

En la Figura 31 se observa la representación de la tercer toma de datos (a los tres meses), en la cual casi todas las variedades ocupan un nuevo lugar manteniéndose solo la variedad CANEK en el primer lugar, seguidamente y estadísticamente igual la variedad UF273 en segundo lugar la cual es estadísticamente igual al tercer lugar en el que se encuentran las variedades Olmecca y CHAK que son diferentes a la variedad del primer lugar (CANEK) y cuarto lugar en el que se encuentra la variedad PA169.

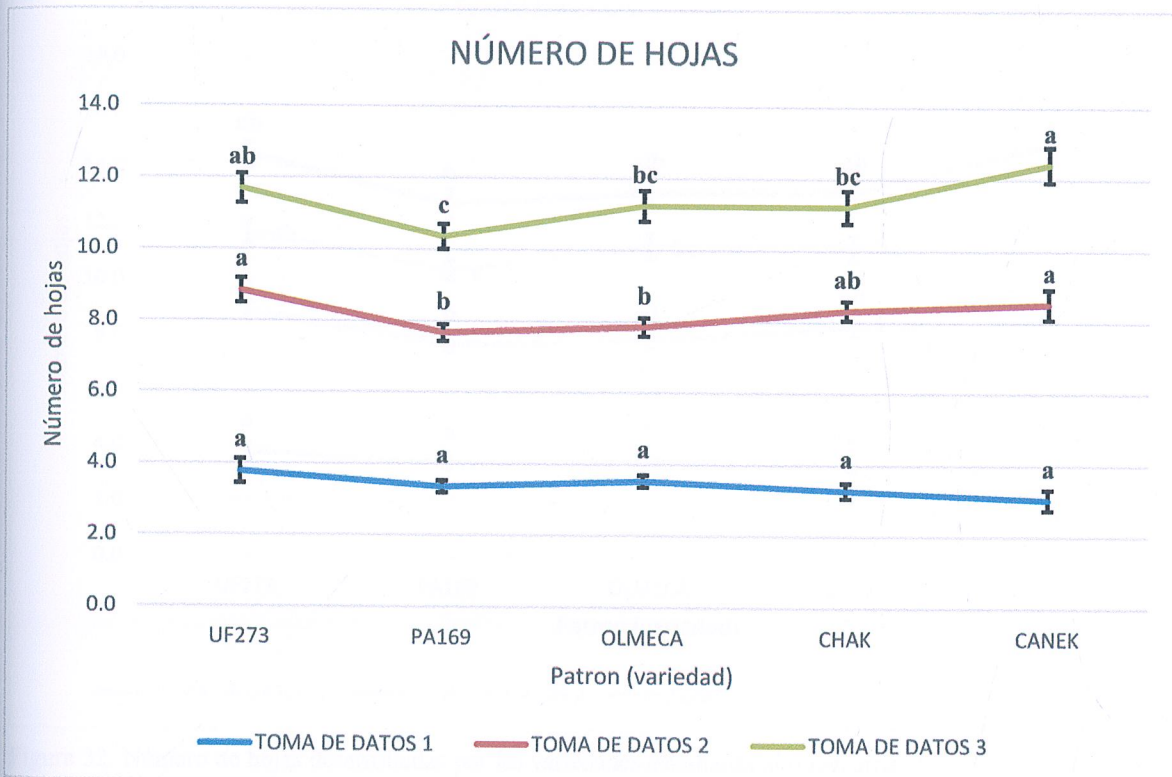


Figura 31. Número de hojas desarrolladas por las variedades estudiadas al transcurrir el mes tres y analizadas mediante la prueba de Tukey al 95%.

La variación en el desarrollo de hojas mostro que las variedades con superioridad a los cuatro meses fueron el Canek (15 hojas) y el UF273 (14 hojas) siendo superiores al testigo PA169 (12 hojas) como se puede apreciar en la Figura 32, Gamboa et al. en 2017 menciona en su investigación que la variedad con mayor numero de hojas fue la UF-221 con un promedio de 14 hojas siendo esta menor al numero de hojas obtenida por la variedad Canek evaluada en este trabajo en 120 días.

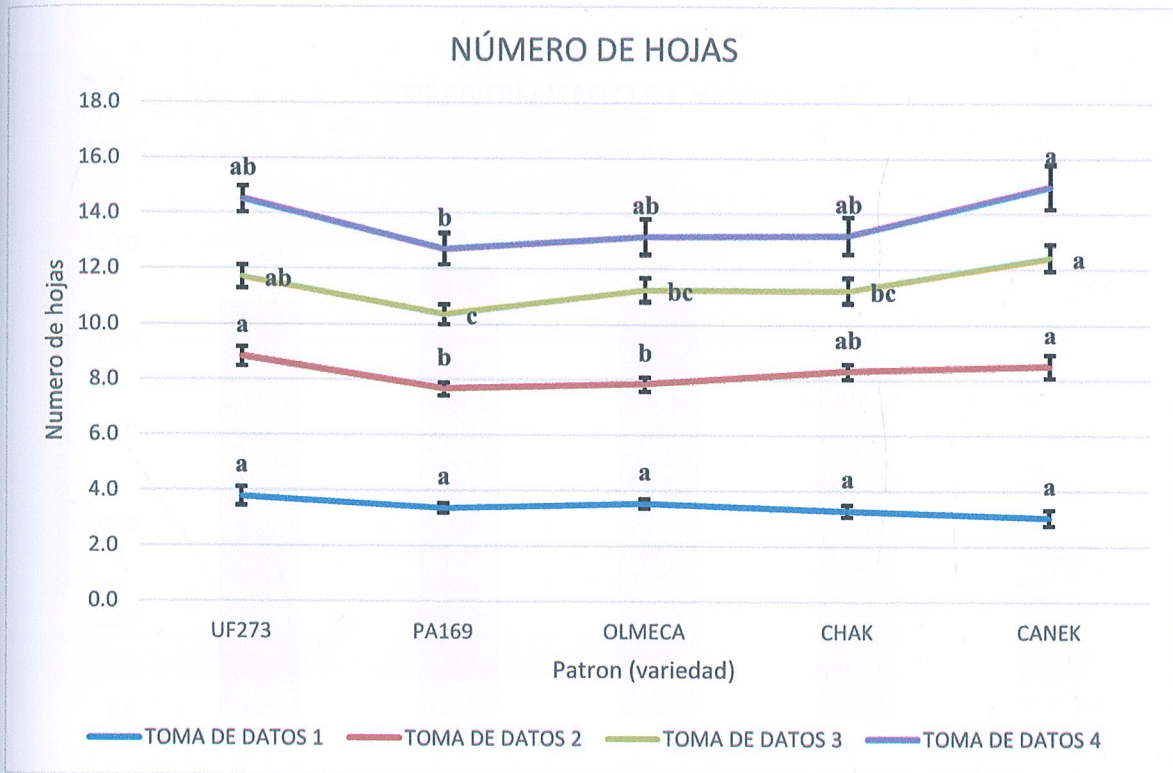


Figura 32. Número de hojas desarrolladas por las variedades estudiadas al transcurrir el mes cuatro y analizadas mediante la prueba de Tukey al 95%.

Al observar el grafico de porcentaje de prendimiento de yemas (Figura 33) se puede apreciar que la variedad que fue más compatible en el prendimiento de yemas fue la variedad PA169 seguida de las variedades UF273 y Olmeca siendo estas estadísticamente igual, en comparación con lo realizado por Moran y Carlos 2012, donde al evaluar el porcentaje de prendimientos de diferentes variedades en patrones con diferentes días de siembra, su porcentaje de prendimiento más alto fue de 70.83% esto con un patrón con 150 de siembra.

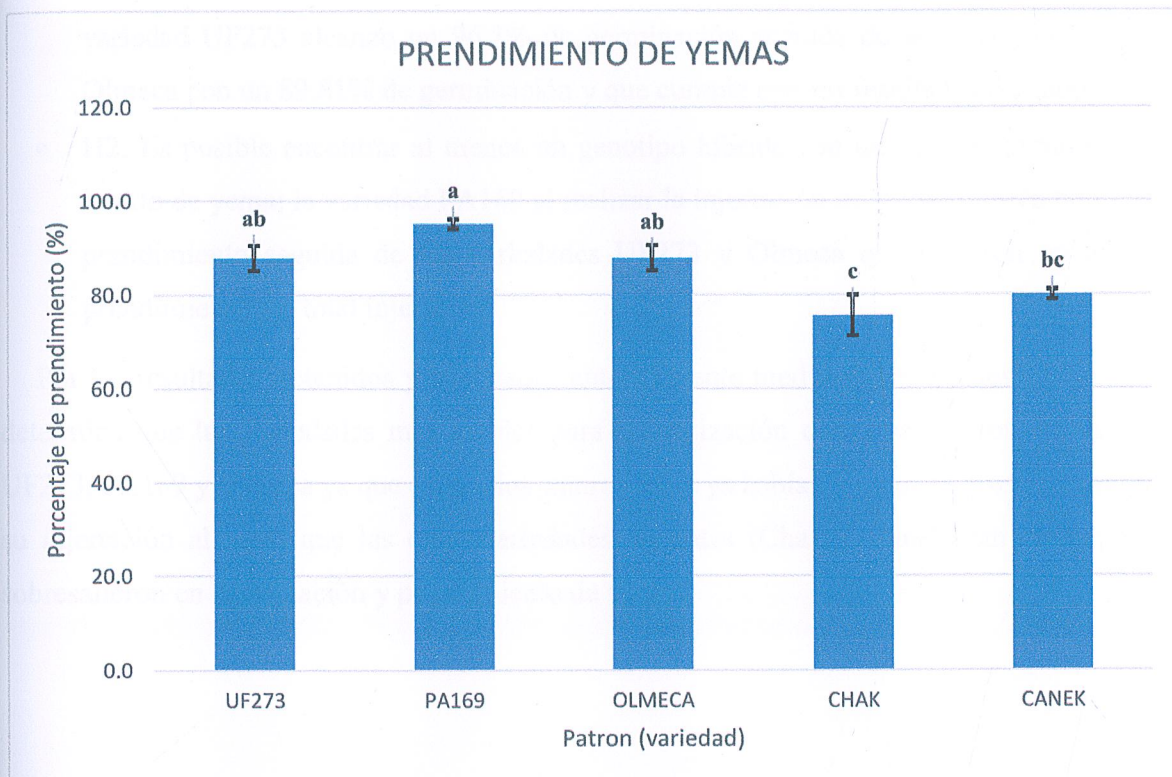


Figura 33. Porcentaje de prendimiento de acuerdo con las variedades estudiadas al transcurrir 15 días desde la injertación de las yemas y al analizarlas mediante la prueba de Tukey al 95%.

Capítulo V

5.1. Conclusión

Con base a los resultados obtenidos y analizados mediante el programa estadístico de la universidad de Nuevo León y realizando la comparación de medias de Tukey al 95% de confiabilidad se determina que se cumplen las hipótesis planteadas.

- H1: Es posible encontrar al menos un genotipo híbrido con un 90% de germinación; la variedad UF273 alcanzo un 96.3% de germinación seguida de las variedades PA169 y Olmeca con un 89.81% de germinación y que cumple con los resultados deseados.
- H2: Es posible encontrar al menos un genotipo híbrido con un 90% de prendimiento de injerto de yema; la variedad PA169 al realizar la injertación de yemas obtuvo un 95.1% de prendimiento seguida de las variedades UF273 y Olmeca que tuvieron un 87.8% de prendimiento del total injertadas.

Por los resultados obtenidos y analizados anteriormente mediante las hipótesis planteadas se determina que las variedades más viables para su utilización como patrón son las variedades UF273, PA169 y Olmeca ya que estas a los cuatro meses ya habían logrado el grosos deseado para su injertación al igual que las otras variedades restantes (Chak y Canek) sin embargo, estas sobresalieron en germinación y prendimiento de yemas.

5.2. Recomendaciones

Para la correcta implementación de los patrones recomendados en la conclusión de este trabajo se recomienda la siembra y resiembra de las semillas que se utilizarán como patrón no dejando un lapso mayor a 30 días, para que estas puedan ser injertadas homogéneamente.

Para el manejo de patrones se recomienda una poda a los tres y cuatro meses para que estos desarrollen el diámetro del tallo con más rapidez, además de aplicar por lo menos una vez al mes una fertilización y se controlen las plagas en caso de que se observen.

Al manejar la yema de la variedad a injertar se recomienda que esta sea viable además de que el clima no presente una elevada humedad ya que esta puede afectar el porcentaje de prendimiento.

Literaturas citadas

- Abril, C. J. (2016). *Inventario de insectos asociados al cultivo de cacao (Theobroma cacao L) en una plantación con sistema monocultivo en el cantón baba, recinto concepción, provincia de los ríos*. Babahoyo – Los Ríos – Ecuador.
- Alfonso, G. A. (2018). *Diagnostico actual en el cambio de casa elbas por marquesinas para el proceso de fermentacion y secado de cacao en en municipio de Cubarral Meta*. Acarias: universidad nacional abierta y a distancia, escuela de ciencias agricolas, pecuarias y del medio ambiente.
- Arana, S. M. (2016). *Evaluación de tres técnicas de injerto, en tres genotipos de cacao (theobroma cacao l.) En el proceso de renovación de árboles improductivos en la parcela de el ceibo ltda – sapecho*. La Paz – Bolivia.
- Arvelo, S. M., González, L. D., Maroto, A. S., Delgado, L. T., & Montoya, R. P. (2017). *Manual Técnico del Cultivo de Cacao Prácticas Latinoamericanas*. San José, Costa Rica: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura .
- Avendaño, A. C., Villarreal, F. J., Campos, R. E., Gallardo, M. R., Mendoza, L. A., Aguirre, M. J., . . . Espinosa, Z. S. (2011). *Diagnóstico del cacao en México*. Texcoco, Estado de México: Universidad Autónoma Chapingo.
- 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*, pp. 765-777.
- Batista L. (2009). *Guía Técnica El Cultivo de Cacao, Centro para el Desarrollo Agropecuario y Forestal, Inc; Santo Domingo, República Dominicana, 250pp*. República Dominicana.
- Camacho, G. F. (2017). *Influencia del tamaño de gota para controlar antracnosis con dos fungisidas en cultivo de cacao*. Machala: Universidad Academica de Ciencias Agropecuarias.
- Colonia Coral. (2012). *Manejo integral de plagas y enfermedades en el cultivo de cacao*, PICHARI, Perú.

- De la Cruz, L. E. (2014). *Requerimientos de habilidades técnicas para la renovación de plantaciones de cacao en tabasco*. Heroica cardenas, tabasco, mexico.
- De La Cruz, M. J., Vargas, O. M., & Del Angel, C. O. (s.f.). *Cacao operaciones poscosecha*.
- De la Rosa, C. J. (2010). *Abundancia y distribución espacio-temporal de trips asociados a flores de mango*. Tapachula, Chiapas: El colegio de la frontera sur.
- Espinosa, G. J., Uresti, G. J., Vélez, I. A., Moctezuma, L. G., Inurreta, A. H., & Góngora, G. S. (2015). Productividad y rentabilidad potencial del cacao (*Theobroma cacao* L.) en el trópico Mexicano. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, pp. 1051-1063.
- Gamboa, A. R. (2015). *Comportamiento en vivero de cuatro clones de cacao (theobroma cacao l.) Sobre diferentes patrones ensatipo*. Lima, Peru.
- Hernández, D. E. (2018). *Evaluación de dos sistemas de bioespacios para la propagación de patrones de cacao (Theobroma cacao L.) de la variedad ICS 95*. Teapa, Tabasco: Instituto Tecnológico Superior de la Región Sierra.
- Hernández, G. E., Hernández, M. J., Avendaño, A. C., López, G. G., Garrido, R. E., Romero, N. J., & Nava, D. C. (2015). Factores socioeconómicos y parasitológicos que limitan la producción del cacao en Chiapas, México. *Revista Mexicana de fitopatología*, 232-246.
- Hernández, R. A., Ruíz, B. Y., Acebo, G. Y., Miguélez, S. Y., & Heydrich, P. M. (2014). *Antagonistas microbianos para el manejo de la pudrición negra del fruto en Theobroma cacao L. Estado actual y perspectivas de uso en Cuba*. Protección Vegetal, pag. 11-19.
- Huaycho, C. H., Maldonado, F. C., & Manzaneda, D. F. (2017). Control del chinche del cacao (*monaloniondis simulatum* dist.) Con aplicación de bioinsecticidas en la región de los yungas de bolivia. *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*, pag. 31-39.
- IICA, I. I. (2017). *Estado actual sobre la producción, el comercio y cultivo del cacao en América*. San José, C.R.: Fundación Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas.
- INIFAP. (2017). *Agenda técnica agrícola tabasco*. Ciudad de México.

- Jiménez, L. E. (2018). *Evidencias extraídas del proyecto, Elaboración de una biofabrica para la propagación de plantas de cacao*. Huimanguillo, Tabasco.: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.
- Mazariegos, P. Y. (2009). *El cultivo del cacao (Theobroma Cacao. L.) en el Sureste de México*. Coahuila, México.
- Mendoza, L. A., Gallardo, M. R., & y Avendaño, A. C. (2011). El mundo del cacao (Theobroma cacao L.) kakaw (Maya), cacahuatl (Nahuatl). *Agro productividad*, pag. 18-26.
- Morales, A. M., & Tanguila, G. F. (2011). *Investigación participativa para el manejo y control manual de monilia (monilia roleri), y escoba de bruja (crinipellis perniciosa), en cacao fino de aroma (theobroma cacao), en producción en dos comunidades del cantón archidona, provincia del napo*. Latacunga, Ecuador.
- Puga, V. E. (2017). *Proceso de elaboración y utilización del abono orgánico (biol) en el cultivo de cacao (Theobroma cacao L)*. Babahoyo – Los Ríos – Ecuador.
- Reyes, M. M., Marín, M. L., & Montalván, C. O. (2015). Prendimiento de dos tipos de injertos en cacao en distintas fases lunares, Siuna, 2014. *Ciencia e interculturalidad, Volumen 17, Año 8, No. 2*.
- Romero, H. E. (2016). *Evaluación ecomorfológica de cacao (Theobroma cacao L.) sometido a distintas fertilizaciones, en la comunidad de nuevo Ojital, municipio de Papantla, Ver.* Veracruz.
- Sánchez, C. M., Jaramillo, A. E., & Ramírez, M. I. (2015). *Enfermedades del cacao*. Machala, Ecuador: Universidad Técnica de Machala.
- Sánchez, M. F., & Garcés, F. F. (2012). Moniliophthora roleri (Cif y Par) Evans et al. en el cultivo de cacao. *Scientia Agropecuaria*, 249-258.
- SIAP. (16 de Noviembre de 2018). *SIAP*. Obtenido de SIAP: <https://www.gob.mx/siap/acciones-y-programas/produccion-agricola-33119>
- Solís, B. J., Zamarripa, C. A., Pecina, Q. V., Garrido, R. E., & Hernández, G. E. (2015). Evaluación agronómica de híbridos de cacao (Theobroma cacao L.) para selección de alto rendimiento y resistencia en campo a moniliasis. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, pag. 71-82.

Zambrano, C. M. (2013). *Evaluación de tres métodos de propagación clonal, bajo dos tipos de cubierta, utilizando dos variedades de cacao (Theobroma cacao) genéticamente diferentes, en su fase de prendimiento definitivo a nivel comercial en santo domingo de los tsáchilas*. Loja, Ecuador.

Anexos



Selección de material genético.
Fuente: (Foto tomada por Jiménez López Edgar, 2018).



Extracción de semillas de cacao.
Fuente: (Foto tomada por Jiménez López Edgar, 2018).



Siembra de semillas de cacao.
Fuente: (Foto tomada por Jiménez López Edgar, 2018).



Tapado de semillas para su germinación.
Fuente: (Foto tomada por Jiménez López Edgar, 2018).



Destape de semillas germinadas.
Fuente: (Foto tomada por Jiménez López Edgar, 2018).



Plantas germinadas.
Fuente: (Foto tomada por Jiménez López Edgar, 2018).



Toma de datos.
Fuente: (Foto tomada por Jiménez López Edgar, 2018).



Poda de plantas de cacao.
Fuente: (Foto tomada por Jiménez López Edgar, 2018).



Injertado de plantas de cacao.
Fuente: (Foto tomada por Jiménez López Edgar, 2018).



Injertado de plantas de cacao.
Fuente: (Foto tomada por Jiménez López Edgar, 2018).



Destape de injertos.
Fuente: (Foto tomada por Jiménez López Edgar, 2018).



Prendimiento de injertos.
Fuente: (Foto tomada por Jiménez López Edgar, 2018).