



# **Buenas Prácticas Agrícolas en el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.)**

Guillermo René García Rodríguez

Julio, 2022

garcia-rodriguez-guillermo@gmail.com

## ÍNDICE

SIGLAS Y ACRÓNIMOS.....	I
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. USOS .....	2
2.1 Composición química y propiedades medicinales .....	3
3. PRODUCCIÓN .....	3
3.1 Países productores de cacao fino de aroma .....	4
3.2 Área de cacao cultivada en Centro América .....	5
4. CONSUMO.....	5
5. ORIGEN, DISPERSIÓN Y GRUPOS DE CACAO.....	7
5.1 Orígenes del cacao.....	7
5.2 Dispersión del cacao.....	8
5.3 Como moneda.....	12
5.4 Como llegó el cacao a España.....	14
5.5 Grupos de cacao .....	14
5.5.1 Criollo .....	14
5.5.2 Forastero.....	16
5.5.3 Trinitario .....	17
5.6 Variedades de México y Centroamérica .....	18
5.6.1 Autóctonos de México .....	18
5.6.2 Autóctonos de Guatemala .....	19
5.6.3 Autóctonos de El Salvador: Cacahuatique.....	20
5.6.4 Autóctonos de Honduras .....	20
5.6.5 Cacao autóctono de Nicaragua o cacao real.....	21
5.6.6 Cacao de Costa Rica (Matina) .....	21
5.7 Variedades de América del Sur .....	22
5.7.1 Cacao autóctono de Colombia .....	22
5.7.2 Cacao autóctono de Venezuela .....	22
5.7.3 Cacao Nacional o Arriba de Ecuador.....	24
5.7.4 Variedades de cacao de Brasil .....	24
6 CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DEL CACAO.....	26
6.5 Morfología.....	27
6.5.1 Árbol .....	27
6.5.2 Raíz .....	27
6.5.3 Hojas .....	27
6.5.4 Inflorescencia.....	28
6.5.5 Fruto.....	29

6.5.6	Semilla .....	30
6.6	Fisiología.....	30
6.7	Reproducción.....	30
6.7.1	Polinización.....	31
7.	REQUERIMIENTOS EDAFOCLIMÁTICOS Y RELIEVE .....	38
7.1	Temperatura.....	38
7.2	Precipitación.....	39
7.3	Pendiente del terreno .....	39
7.4	El viento .....	39
7.5	Humedad relativa .....	40
7.6	Sombreamiento.....	40
7.7	Latitud .....	40
7.8	Altitud.....	40
7.9	Suelos .....	41
7.9.1	Condiciones ideales de humedad del suelo.....	41
8.	VIVERO.....	42
8.1	Instalación del vivero .....	42
8.2	Cajas de germinación .....	43
8.3	Eras o semilleros .....	43
8.4	Bolsas .....	43
8.5	Siembra en el vivero.....	44
8.6	Cuidados del vivero.....	44
9.	TRASPLANTE .....	45
9.1	Distancias de siembra del cacao.....	45
9.2	Hoyado .....	45
10.	SISTEMAS AGROFORESTALES CON CACAO (SAF) .....	46
10.1	Sombra artificial .....	48
10.2	Sombra inicial o provisional.....	48
10.3	Sombra transitoria.....	48
10.4	Sombra permanente o definitiva.....	48
10.4.1	Distancias de siembra de la sombra .....	49
10.4.2	Regulación de sombra.....	49
10.4.3	Beneficios de los árboles de sombra.....	50
10.4.4	¿Cómo se calcula cuánta sombra necesita un cacaotal según su edad? .....	50
11.	MANEJO DE LA PLANTACIÓN.....	51
11.1	Limpieza del suelo.....	51
11.2	Fertilización .....	52

11.3	Poda .....	56
11.3.1	Objetivos de la poda.....	56
11.3.2	Cuidados para una buena poda.....	56
11.3.3	Normas y principios para la poda .....	56
11.3.4	Clases de poda.....	57
11.3.5	Herramientas para efectuar podas .....	60
11.3.6	Pasta cubre cortes.....	62
12.	INJERTACIÓN DEL CACAO.....	62
12.1	Injerto de parche .....	62
12.1.1	Modalidades del injerto de parche .....	64
12.1.2	Ventajas.....	65
12.2	Injerto lateral o de aproximación .....	66
12.3	Injerto de púa terminal.....	66
12.4	Injerto de enchape lateral (púa lateral) .....	67
12.4.1	Injerto de enchape lateral modificado .....	67
13.	MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS .....	68
13.1	Chinche de la mazorca: <i>Monalonion dissimulatum</i> Dist. ....	68
13.2	Trips: <i>Frankliniella occidentalis</i> .....	69
13.3	Áfidos o pulgones .....	69
13.4	Cochinilla harinosa: <i>Pseudococcus calceolariae</i> Maskell, <i>Pseudococcidae</i> ( <i>Hemiptera</i> : <i>Sternorrhyncha</i> ) .....	70
13.4.1	Biología.....	70
13.4.2	Daño .....	71
13.4.3	Mutualismo entre hormigas y cochinillas .....	71
13.4.4	Hospedantes alternos.....	72
13.4.5	Detección mediante el uso de trampas con cartón corrugado.....	72
13.4.6	Control .....	73
13.5	Mosquito del cacao: <i>Helopeltis theobromae</i> Miller ( <i>Hemiptera</i> : <i>Miridae</i> ) .....	73
13.5.1	Daño .....	73
13.5.2	Control .....	74
13.6	Descortezador y barrenador de troncos y ramas: <i>Steirastoma breve</i> Sulzer ( <i>Coleoptera</i> : <i>Cerambycidae</i> ).....	74
13.6.1	Ciclo biológico.....	74
13.6.2	Daño .....	75
13.6.3	Control .....	75
13.7	Barrenador de frutos: <i>Carmenta guatemalena</i> Druce ( <i>Lepidoptera</i> : <i>Sesiidae</i> ).....	76
13.7.1	Control .....	77
13.8	Zompopos: <i>Atta</i> spp., <i>Acromyrmex</i> spp. ....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>

13.8.1	Control .....	78
13.9	Gusano rayado: <i>Arsenura armida</i> Cramer ( <i>Lepidoptera: Saturniidae</i> ).....	78
13.9.1	Descripción .....	78
13.9.2	Control .....	79
13.10	Enfermedades .....	80
13.10.1	Mazorca negra: <i>Phytophthora</i> spp. ....	80
13.10.2	Moniliasis: <i>Moniliophthora roreri</i> (Ciff. & Par.) Evans.....	82
13.10.3	Escoba de bruja: <i>Moniliophthora perniciosa</i> Alme & Phillips-Mora.....	84
13.10.4	Mal del machete: <i>Ceratocystis cacaofunesta</i> Engelbrecht & Harrington .....	87
13.10.5	Mal rosado: <i>Corticium salmonicolor</i> Berkeley & Berkeley .....	89
13.10.6	Formación de agallas en el tallo y ramas: <i>Calonectria rigidiuscula</i> (forma perfecta: teleomorfo) - <i>Fusarium</i> sp. (forma imperfecta: anamorfo).....	90
13.11	Otras plagas .....	93
13.11.1	Ardillas y chejes .....	93
13.11.2	Taltuza: <i>Orthogeomys</i> spp.....	95
13.12	Caldos minerales para el control de plagas.....	97
13.12.1	Procedimiento para caldo bordelés.....	97
13.12.2	Procedimiento para caldo visosa .....	98
13.12.3	Recomendaciones especiales en la preparación de caldos .....	98
13.13	Uso de biofertilizantes para prevención de enfermedades .....	99
14.	<b>PRODUCCIÓN DE CACAO BAJO LA NORMATIVA DE BUENAS PRÁCTICAS AGRÍCOLAS -BPA´s-</b> .....	101
14.1	Definición de Buenas Prácticas Agrícolas (BPA's) .....	101
14.2	Qué es aseguramiento de la calidad.....	102
14.3	Definición de peligro y riesgo .....	102
14.3.1	Peligro físico .....	102
14.3.2	Peligro químico .....	102
14.3.3	Peligro microbiológico.....	102
14.4	Alrededor de la plantación.....	103
14.5	Dentro de la plantación.....	104
14.6	Acápites de la guía resumida de inocuidad.....	104
14.6.1	Calidad del agua.....	104
14.6.2	Estiércol y biosólidos de aguas negras.....	105
14.6.3	Higiene del trabajador .....	106
14.6.4	Procesos sanitarios en el campo.....	106
14.6.5	Registros.....	107
14.6.6	Identificación retrospectiva y rastreo de origen (trazabilidad) .....	108
15.	<b>METALES PESADOS EN CACAO</b> .....	108

15.1	Acumulación de cadmio en plantas .....	110
15.1.1	Detección de cadmio en productos con base de cacao.....	110
15.1.2	Estrategias para disminuir la acumulación de cadmio en plantas .....	113
15.2	Biorremediación de metales pesados.....	113
16.	COSECHA DE CACAO EN DIFERENTES PAÍSES .....	114
17.	GLOSARIO.....	115
18.	BIBLIOGRAFÍA.....	122

## SIGLAS Y ACRÓNIMOS

BPA	Buenas Prácticas Agrícolas
BPM	Buenas Prácticas de Manufactura
CAP	Comercial Agropecuaria Pechichal
CATIE	Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza
CCB	Cacao Nacional de Bolivia
CCN	Colección Castro Naranjal
CO	Monóxido de Carbono
CO <sub>2</sub>	Dióxido de Carbono
CODEX ALIMENTARIUS	Código Alimentario
CONADEA	Consejo Nacional de Desarrollo Agropecuario
CH <sub>4</sub>	Metano
CFCS	Clorofluorocarbonados
DEFRUTA	Departamento de Fruticultura y Agroindustria
EPA	Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos
EET	Estación Experimental Tropical
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación
FDA	Agencia Federal de control de Drogas y Alimentos de Estados Unidos
FLE	Federación Lebrija
IARC	Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer
ICRAF	Consejo Internacional para la Investigación en Agroforestería
ICCO	Organización Internacional del Cacao
ICS	Imperial College Selection
IMC	Iquitos Mixed Calabacillo
ISO	Organización Internacional de Estandarización
MAGA	Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación
N <sub>2</sub> O	Óxido nitroso
P	Pound
PA	Parinari
SC	Selección Colombia
SCC	Selección Colombia Corpoica
SCA	Scavina
TSA	Trinidad Selection Amazon
TSH	Trinidad Selection Hybrid
UF	United Fruit Company

## 1. INTRODUCCIÓN

Las condiciones agro-ecológicas de Guatemala son óptimas para la producción de cacao. Se estima que al menos el 15% de la superficie cultivable total del territorio (1,594,190 km<sup>2</sup>) es apta para el cultivo del cacao. No obstante, el cultivo del cacao, está en las manos de pequeños productores indígenas y campesinos pobres de zonas remotas, con deficientes vías de comunicación.

El cacao es una planta que se originó en América del Sur, en el área del Alto Amazonas de acuerdo a los estudios de Pound, Chessman y otros. Debido al sistema de vida nómada que siempre llevaron los primeros habitantes de este continente, es difícil decir a ciencia cierta cuál fue el lugar exacto de origen (Enríquez, 1983). Su nombre científico es *Theobroma cacao* L., en griego *Theobroma* significa “bebida de los dioses”.

El cacao ha sido cultivado desde hace siglos en América y uno de los principales centros de domesticación del cultivo fue Mesoamérica, donde los Toltecas, Aztecas y Mayas lo cultivaban desde mucho tiempo antes del descubrimiento de América (Hardy, 1961). El cacao usado en el siglo XVI por los Aztecas y Mayas en muchas áreas del sureste de México y Centroamérica era el tipo criollo y no hay evidencia de que se plantara el tipo forastero antes que los españoles empezaron a difundir el cultivo (Wood, 1985).

Crece mejor en climas ecuatoriales donde hay abundantes precipitaciones durante todo el año y donde hay temperaturas relativamente estables, de entre 25 – 28 grados centígrados. Este árbol tarda de 2 a 4 años para producir frutos y de 5 a 7 años en lograr su máxima producción, esto dependerá del tipo de cacao, las condiciones de la zona y del manejo de la plantación.

Sus frutos son bayas de forma alargada y aparecen sobre el tallo principal y debajo de sus ramas. Estos frutos, dependiendo el tipo de cacao pueden ser de color amarillo, blanco, verde o rojo, que oscurece al madurar. La fruta mide entre 10 y 32 cm de largo y entre 7 y 18 cm de ancho y pesa entre 200 gramos y 1000 gramos. En su interior contiene entre 20 y 60 semillas dispuestas en 5 filas rodeadas con una pulpa gelatinosa y azucarada. Cuando el fruto está maduro, se corta y se extraen sus semillas, se las fermenta consumiendo la baba de la semilla y se seca. El color interno de grano es de color marrón oscuro y tiene un agradable sabor.

El cacao criollo (autóctono) es cultivado principalmente en el Sur de México, Guatemala, Honduras, Nicaragua (en pequeñas cantidades), Venezuela y Colombia. El cacao Forastero se cultiva principalmente en Perú, Ecuador, Colombia, Brasil, Guyanas e incluso Venezuela; igualmente en Costa de Marfil, Ghana, Camerún y Santo Tomé. También hay plantaciones en el sudeste asiático. Y el cacao Trinitario, que es un híbrido entre ambos, se cultiva en Trinidad e islas Antillas. También en Java, Sri Lanka y Papúa Nueva Guinea. En Camerún, hay una producción importante.

Después que los españoles conquistaron México, en 1519, observaron el uso del cacao como bebida, llamándole chocolate (del Náhuatl: *xoco* = cacao, *latl* = agua). Los indígenas de Zapotitlán (Suchitepéquez) y Escuintepeque (Escuintla), tuvieron que someterse al dominio español, para que no les quemaran sus plantaciones de cacao el conquistador Pedro de Alvarado. Además desde Guazacapán y Chiquimulilla hasta Izalco en El Salvador, se cultivaba el cacao. El cacao desempeñaba el carácter de un pago en especie tributo y un pago en moneda, como un valor de uso para el consumo y como manifestación de expresión de valor en su forma total o desplegada.

Los cacaos finos de aroma son la base del chocolate gourmet. El cacao fino se origina típicamente de árboles autóctonos o trinitarios y depende de procesos poscosecha apropiados para alcanzar los estándares adecuados de calidad. La ICCO (Organización Internacional del Cacao, 2015) ha designado a 18 países como productores de cacao fino de aroma, Costa Rica, Guatemala, Honduras y Nicaragua son los países de Centro América en esta lista.

Los compradores de cacao basan sus decisiones principalmente en el grado de fermentación y en el origen genético del grano. En muchos casos esto representa un problema para las agrupaciones de productores centroamericanos, cuyos miembros de pequeña escala tienen una diversidad de árboles híbridos en sus parcelas.

Muchas empresas que compran cacao fino en grano viajan directamente al origen para verificar su calidad y conocer directamente a los productores (verificación de origen). Si el productor desea ingresar en este mercado debe tener una estrategia apropiada de mercadeo, para exponer los aspectos genéticos y de procesamiento de sus operaciones y, así mismo, tomar en cuenta las historias humanas y ambientales con que se relaciona su producción de cacao.

Los manufactureros de chocolate gourmet resaltan la importancia de un buen distintivo y consistente sabor. Se aconseja a los productores y acopiadores de cacao fino de aroma dirigir su producción a micronichos y no mezclar ni procesar diferentes variedades de granos que puedan afectar el potencial de sabor único.

Por lo tanto, este manual surge como una necesidad de disponer al público en general información técnico-científica para manejar plantaciones de cacao con la implementación de las “Buenas Prácticas Agrícolas” (siembra de cacao autóctono, trinitario, plantas injertadas, tolerantes a enfermedades devastadoras, productivas, distancias de siembra, podas, regulación de sombra, programa fitosanitario, programa de riego y fertilización, implementación de manejo integrado de plagas, otros) y la participación de todos los actores en las agrocadenas.

## 2. USOS

El cacao es utilizado tanto por la industria alimentaria como por la farmacéutica. La primera extrae la teobromina para elaborar preparados comerciales diuréticos y estimulantes del sistema nervioso; la segunda extrae la manteca de cacao de las semillas (parte grasa) para su aplicación en pomadas o supositorios. Las semillas, desecadas, y molidas constituyen el polvo de cacao, base del chocolate.

Los granos, una vez molidos, tostados y desengrasados, se mezclan con leche y azúcar constituyendo el producto básico en la fabricación de chocolate. Existen en realidad cuatro productos intermedios que se derivan del cacao en grano: licor de cacao, manteca de cacao, torta de cacao y cacao en polvo.

Cuadro 1. Derivados y usos del cacao.

<b>Producto</b>	<b>Usos y derivados</b>
Manteca	Elaboración de chocolate, confitería, industria cosmética (cremas humectantes y jabones) e industria farmacéutica.
Pulpa	Bebidas alcohólicas y no alcohólicas.
Cáscara	Comida para animales.
Ceniza de la cáscara	Elaboración de jabón y bioabono.
Jugo	Elaboración de jaleas y mermeladas.
Polvo	Bebidas chocolatadas, postres, helados, salsa, tortas y galletas.
Pasta (licor)	Elaboración de chocolate.

## 2.1 Composición química y propiedades medicinales

La semilla es el órgano que más se ha investigado químicamente. De ella y de otros órganos del árbol se han aislado numerosos compuestos orgánicos. El cacao contiene entre 10 y 22% de grasa constituida fundamentalmente por ácidos grasos: oléico, palmítico y esteárico, además de otros ácidos orgánicos; diversos aminoácidos: alcaloides derivados de la pirazina, otros de tipo purina o metilxantinas (cafeína, teofilina y teobromina); triptamina, tiramina, hordenina, loginmesina, longimamidina, longimamina, metanefrina, octapamina, fenilefrina, metilisoquinolina, salsolina, salsolinol y sinefrina; por compuestos azufrados, fenoles (cumarina, esculetina y catecol), acetofenona, benzaldehído, benzoato de isopentilo; y por terpenos (aceites esenciales), apigenina, canferol, linalol, linalool, otros. Elabora además antocianinas, camferol, campesterol, cianindina, compuestos cianogenéticos, dopamina, esteroides (campesterol, ergosterol, sitosterol y stigmaterol), feniletilamina, fosfolípidos, furfural, furforol, galocatequinas, glicéridos, isoleucina, lecitina, lisina, luteolina, manteca de cacao, mucílagos, oxalatos, pectinas, polifenoles (principalmente flavonoides como epicatequina, catequina, quercetina, clovamida y procianidina); prolina, purinas, quercitrina, rutina, salsolinol, serina, serotonina, taninos, tiramina, treonina, trigonelina, vitaminas del complejo B, C y E, vitexina, además de Calcio, Fósforo y Hierro. Tiene alrededor de 300 compuestos volátiles que incluyen ésteres, hidrocarbólatonas, monocarbonilos, pirroles y los componentes importantes de sabor que posee son: ésteres alifáticos, polifenoles, carbonilos aromáticos insaturados, diketopiperazinas, pirazinas y teobromina (Waizel *et al.*, 2012).

Los polifenoles de interés en el cacao son los del grupo de flavonoides, como las catequinas (37%), antocianinas (4%) y procianidinas (58%). Farmacológicamente, los flavonoides, destacan por su baja toxicidad y elevada acción antióxidante y su capacidad de inhibir la peroxidación lipídica al reducir radicales libres y quelatar metales. Por estas propiedades, el cacao está vinculado con la prevención del estrés oxidativo, desequilibrio biológico y alteración de la función celular originada por enfermedades degenerativas como la arterosclerosis, cardiopatías, enfermedades neurológicas y cáncer (Siel *et al.*, 2005; citados por Negaresh y Marín, 2013).

Cuadro 2. Comparación de la composición en macro y micronutrientes de cacao y derivados (100 g).

Contenido	Polvo de cacao desgrasado (materia prima)	Chocolate	Chocolate con leche	Chocolate blanco	Soluble de cacao
Energía (calorías)	255	449-534	511-542	529	360-375
Proteína (g)	23	4.2-7.8	6.1-9.2	8.0	4.0-7.0
Fibra (g)	23	5.9-9.0	1.8	---	7.0
Grasa (g)	11	29.0-30.60	30.0-31.80	30.90	2.50-3.50
Sodio (g)	0.2	0.02-0.08	0.06-0.12	0.11	0.07-0.13
Potasio (g)	2.0	0.4	0.34-0.47	0.35	0.44-0.90
Calcio (mg)	150	35-63	190-214	270	30-300
Fósforo (mg)	600	167-287	199-242	230	140-320
Hierro (mg)	20	2.20-3.20	0.80-2.30	0.20	4.0-9.0
Magnesio (mg)	500	100-113	45-86	26	100-125
Zinc (mg)	9.0	1.4-2.0	0.2-0.9	0.9	2.0
Vitamina A (UI)	3.0	3.0	150-165	180	Trazas
Vitamina E (mg)	1.0	0.25-0.30	0.40-0.60	1.14	0.2
Ácido fólico (µg)	38	6.0-10.0	5.0-10.0	10.0	7.60

Fuente: Rafetas y Codony, 2000.

## 3. PRODUCCIÓN

El cacao se cultiva en más de 50 países, principalmente en África del Oeste, América Central, Sur América y Asia. Según la producción anual los ocho países principales productores en el mundo son (en orden descendente): Côte d'Ivoire (Costa de Marfil), Ghana, Indonesia, Nigeria, Camerún, Brasil, Ecuador y Malasia. Estos países representan el 90% de la producción mundial.

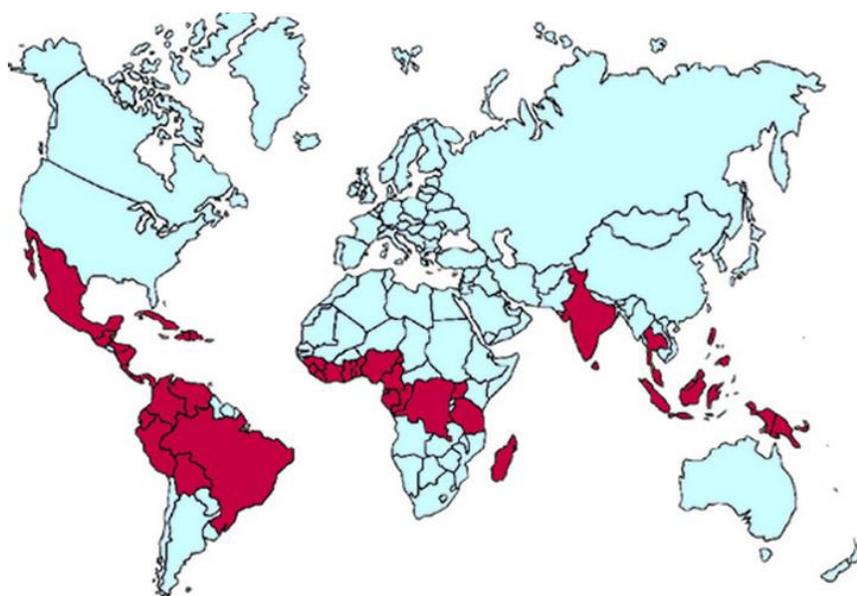


Figura 1. Países donde se cultiva cacao.

### 3.1 Países productores de cacao fino de aroma

El cacao fino de aroma se define como “el cacao que genera aromas y sabores frutales, florales, de nueces y de malta. Este es el sabor característico del cacao fino de aroma que lo diferencian de los demás cacaos en el mundo según la ICCO. En el siguiente cuadro se describe los países que producen cacao fino de aroma.

Cuadro 3. Países productores de cacao fino de aroma.

País	Producción de cacao fino en porcentaje
Bolivia	100
Colombia	95
Costa Rica	100
Dominica	100
República Dominicana	40
Ecuador	75
Grenada	100
Guatemala	50
Honduras	50
Jamaica	95
Madagascar	100
México	100
Nicaragua	100
Papúa Nueva Guinea	90
Panamá	75
Perú	75
Santa Lucía	100
Trinidad y Tobago	100
Venezuela	100
Vietnam	40

Fuente: ICCO, 2016.

### 3.2 Área de cacao cultivada en Centro América

El total de área sembrada con cacao en Centro América (Guatemala hasta Nicaragua), se calcula en 25,000 hectáreas; con una producción de 6,800 toneladas métricas, generando ingresos por 7.9 millones de dólares al año. En Guatemala se estima que existen 4,000 hectáreas cultivadas con cacao con una producción de 1,244 toneladas métricas al año (AGEXPORT, 2015).

El área sembrada por país está así: Guatemala con 8,000 ha, pero creciendo; El Salvador 1,944 ha, Honduras 4,463 ha y Nicaragua con 12,276 ha.

Se estima que el tipo de cacao plantado en Centro América proviene en un 43% de materiales híbridos, en un 32% de criollos establecidos por semilla y en un 25% establecido por injerto. La utilización de germoplasma de alta calidad fue introducida hasta hace unos 15 años y su difusión ha sido muy baja (Veco Mesoamérica, 2018).

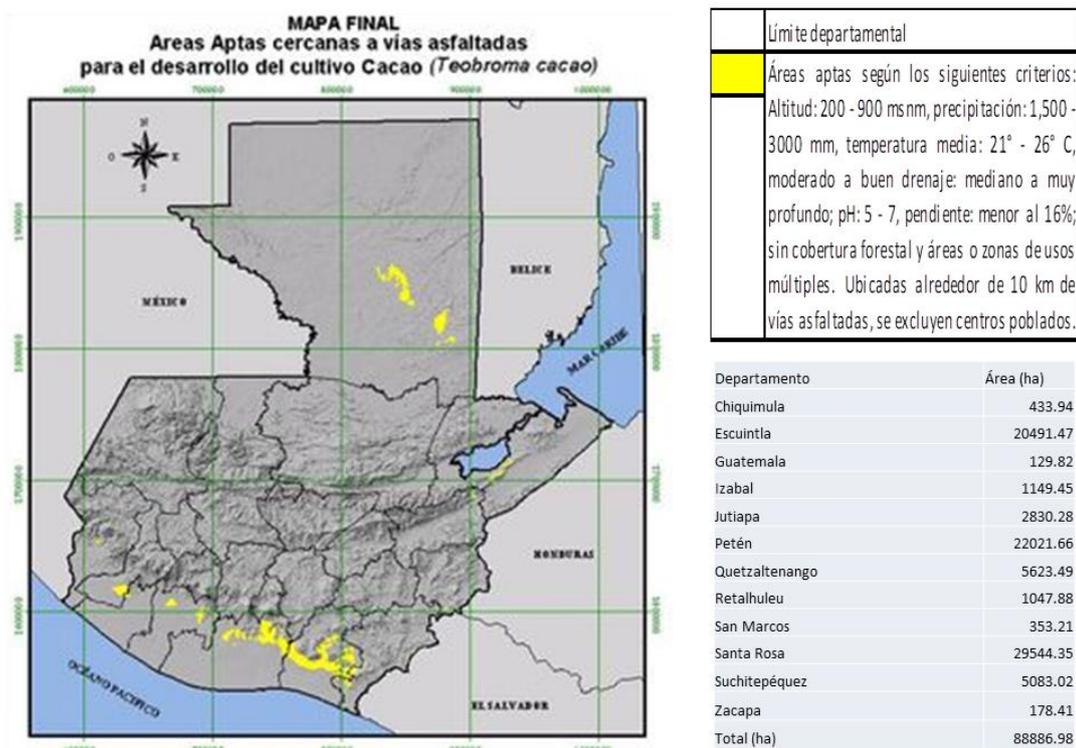


Figura 2. En amarillo áreas aptas para el cultivo de cacao en Guatemala (88,886.98 ha, MAGA, 2010).

## 4. CONSUMO

A pesar de que el cacao se produce en los países en desarrollo, se consume principalmente en los países desarrollados. Los compradores en los países consumidores son los transformadores y los productores de chocolate. Unas pocas compañías multinacionales dominan tanto la transformación como la producción de chocolate.

Europa demanda la mayor parte de los granos molidos de cacao, para la producción de licor de cacao (pasta de cacao), manteca de cacao y polvo de cacao. Estos granos serán procesados en polvo de cacao y chocolate. Los países europeos representan el 58% de las importaciones netas de cacao, seguido por Norte América con 27%, Asia con 14% y África con 2%. Estados Unidos es el mayor importador a nivel mundial, representa el 20% de las importaciones globales netas, seguido por Alemania con 13%, Bélgica con 7%, Francia y Federación de Rusia con 6% cada uno. Europa es por mucho, el mayor importador de granos de cacao y la gran mayoría de

importaciones de cacao proviene de África Occidental (93%). Las importaciones procedentes de Latinoamérica y del Sureste de Asia son de importancia secundaria y terciaria, respectivamente (ICCO, 2012).

El mercado de cacao en grano, a nivel mundial se distingue por dos categorías: 1) el cacao “fino de aroma” y 2) el cacao “básico u ordinario”. De acuerdo a la ICCO, la cuota a nivel mundial de cacao fino de aroma es de alrededor de 5-7% aproximadamente, lo que presenta 100,000 – 170,000 toneladas provenientes de Ecuador, Indonesia, Papúa Nueva Guinea, Colombia, Venezuela, Trinidad y Tobago, entre otros. Por otra parte, el cacao “básico u ordinario” que procede de África, Asia, América Central y América del Sur representa alrededor del 93-95% de la producción mundial (ICCO, 2012).

Las características del cacao “fino de aroma” son distintivas por su aroma y sabor, las que son demandadas principalmente por los fabricantes de chocolates finos. Los consumidores tradicionales de este tipo de cacao son Europa Occidental (Bélgica, Luxemburgo, Países Bajos, Francia, Alemania, Italia, Suiza y Reino Unido), quienes representan los mercados de mayor consumo.

Cuadro 3. Consumo de chocolate en varios países. Equivalencias en unidades de barras estándar de 70 gramos.

<b>Pais</b>	<b>Consumo anual de chocolate por persona (kg)</b>	<b>Equivalencia en barras anuales (barra de 70 gramos)</b>	<b>No de barras al mes</b>
Suiza	11.9	170	14
Irlanda	9.9	141	12
Reino Unido	9.5	136	11
Austria	8.8	126	10
Bélgica	8.3	119	10
Alemania	8.2	117	10
Noruega	8	114	10
Dinamarca	7.5	107	9
Canadá	6.4	91	8
Francia	6.3	90	8
Polonia	6.1	87	7
Rusia	5.9	84	7
Australia	5.9	84	7
Suecia	5.7	81	7
EE.UU.	5.5	79	7
Holanda	5.4	77	6
Finlandia	5	71	6
República Checa	4.9	70	6
Nueva Zelanda	4.8	69	6
Ucrania	4.2	60	5
Brasil	2.5	36	3
China	1.2	17	1
India	0.7	10	1

Fuente: Retomado de Jiménez, 2015.

Cuadro 4. Consumo de chocolate en América Latina. Equivalencias en unidades de barras estándar de 70 gramos.

Pais	Consumo de chocolate por persona (kg)	Equivalencia en barras anuales (barra de 70 gramos)	No de barras al mes
Uruguay	3.1	44	3.7
Argentina	2.9	41	3.5
Chile	2.2	31	2.6
Brasil	1.7	24	2.0
México	0.7	10	0.8
Perú	0.6	9	0.7
Bolivia	0.6	9	0.7
Costa Rica	0.5	7	0.6
República Dominicana	0.5	7	0.6
Guatemala	0.4	6	0.5
Venezuela	0.4	6	0.5
Ecuador	0.3	4	0.4
Colombia	0.3	4	0.4

Fuente: Retomado de Jiménez, 2015.

Sin embargo, Alemania ocupa el primer lugar de manufactura, segundo Estados Unidos y el tercer lugar lo ocupa Francia.

## 5. ORIGEN, DISPERSIÓN Y GRUPOS DE CACAO

### 5.1 Orígenes del cacao

El cacao (*Theobroma cacao* L.) es una planta cultivada comercialmente en una angosta franja del trópico, comprendida entre los 15°N y 15°S. Es originaria de América tropical, probablemente de la vertiente oriental de los Andes colombianos y ecuatorianos, situada entre los ríos Caquetá, Putumayo y Napo. Geográficamente su centro primario se ubica entre los 18°N y 15°S y entre los 45° a 80°W, por debajo de los 400 msnm. Un centro secundario de diversidad genética se ubica al Sur de México y en América Central (Smith, *et al.*, 1998; Leal, Avilán, Valderrama, 1998; citados por Cartay, 1999).

No obstante, nada es definitivo al respecto. Sobre el origen y la distribución del *Theobroma cacao* L. en América existen dos hipótesis. Una postula que el cacao es originario de América Central y que fue llevado en las migraciones indígenas precolombinas hacia el Sur, probablemente bajo la influencia de los mayas (Stone, 1984). Es la hipótesis de la dispersión Norte-Sur. La otra hipótesis, de mayor aceptación, señala que el origen biogeográfico de la especie es la Amazonía. De allí se dispersó por el Neotrópico, hacia el Norte, para ser domesticada por los Mayas, en América Central. Esta es la hipótesis de la dispersión Sur-Norte (Cartay, 1999).

A la primera hipótesis se adhieren, entre otros, Sánchez y Jaffé (1992a, 1992b), para quienes el cacao fue introducido en la Amazonía y los Andes suramericanos por migraciones humanas procedentes de América Central. Ellos atribuyen a los Yanomami el papel central en tal introducción (Cartay, 1999).

La determinación cierta del origen se complica porque, de acuerdo con Cuatrecasas (1968), el género *Theobroma* está formado por 22 especies, 19 de los cuales se encuentran en América del Sur. De éstas, 13 están representadas en la región Orinoco-Amazonas, siendo 10 exclusivas de esa área. El cacao tiene dos subespecies (el *Theobroma cacao* subsp. *cacao* y el *T. cacao* subsp. *sphaerocarpum*), que al parecer tuvieron, desde tiempos remotos, vías de dispersión

distintas desde la zona amazónica, junto con otras especies. La primera, llamada “cacao criollo”, se dispersó a través de los Andes hacia el Norte de América : Venezuela, Colombia, Ecuador, Panamá, América Central y México. La segunda, conocida como “cacao amazónico”, o “forastero”, se dispersó hacia las zonas bajas del valle amazónico, ubicadas en la parte Norte de Brasil, Guyana y las tierras del Orinoco. Esas dos poblaciones de *Theobroma cacao* evolucionaron separadamente y se dispersaron de manera distinta. Los “cacaos criollos”, por ejemplo, se originaron como mutaciones de una población ancestral muy reducida (Motamayor, *et al.*, 1997), debido al relativo aislamiento geográfico y a las manipulaciones selectivas hechas por Mayas y Aztecas, para los cuales el cacao jugó un importante rol social y económico (Thompson, 1956; Harwich, 1992). Algunas de estas plantas parecen haber constituido el material genético de base para las siembras de cacao realizadas en Venezuela, tanto en las zonas adyacentes al lago de Maracaibo (Mérida, Zulia y Táchira) y en las partes norcentral y nororiental de Venezuela (Leal, 1993; citados por Cartay, 1999).

A falta de pruebas concluyentes sobre el particular, es posible, sin embargo, sostener que: 1) el cacao (*Theobroma cacao* L.) es una planta del trópico americano, originada con mucha probabilidad en la cuenca amazónica; 2) que sus dos subespecies principales (*Theobroma cacao* subsp. *cacao* y *T. cacao* subsp. *sphaerocarpum*) se dispersaron y evolucionaron separadamente; 3) que el hombre participó decisivamente en tal difusión, porque la germinación de la semilla no supera los quince días; 4) que el *T. cacao* subsp. *cacao*, el llamado “cacao criollo”, fue domesticado en América Central y México; 5) que los Mayas jugaron un papel fundamental en la domesticación y difusión del cacao criollo; 6) que el cacao jugó un papel central en la sociedad Maya y Azteca, particularmente en su economía y cosmogonía, como atestiguan el Codex Fejervary-Mayer, el Chilam Balam y los escritos de los Cronistas de Indias; 7) que el nombre de “cacau” es común a todas las lenguas y dialectos del territorio Maya; 8) que, hacia el siglo III a.C., el cacao estaba integrado estrechamente a la sociedad y la economía mayas; 9) que la bebida de chocolate, “chacau haa”, mezcla derivada del grano seco, tostado y molido, con agua, se debe a la inventiva Maya, que la utilizaban como una bebida ritual. Esta bebida se extendió al Norte de México, por la dominación y expansión de los grupos toltecas y aztecas al Sur, con el nombre Nahuatl de Xocoatl, de donde provinieron luego, las voces chocolate, chocolat, etc., empleadas en otras lenguas (Cartay, 1999).

## 5.2 Dispersión del cacao

El cacao se cultivó inicialmente, y de manera exclusiva, en su continente de origen. Domesticado por los Mayas y encontrado por primera vez por los españoles en México en 1519, donde era cultivado por los Aztecas, su cultivo se fue expandiendo progresivamente, por efecto de las migraciones humanas en el continente, durante la época precolombina en los territorios americanos ecológicamente apropiados. En la época colonial americana los mayores centros de producción eran Soconusco, en América Central; Guayaquil, en el Ecuador y las regiones costeras del Norte de Venezuela (Cartay, 1999).

Al inicio del siglo XX, la producción americana concentraba todavía el 78% del total de la producción mundial, pero esa relación cambió notablemente durante las décadas de 1920 y 1930, cuando África representó el 47 y el 64%, respectivamente, de la producción mundial. En la década de 1930 la supremacía americana del cultivo se había perdido (Cartay, 1999).

El cultivo del cacao se extendió desde 1822 al continente africano, particularmente al África Occidental, y más intensivamente desde 1870. A finales del siglo XIX, hacia 1890, en África se cultivaba sólo el 5% del cacao del mundo, mayormente en las islas de Guinea Ecuatorial. Para 1920 en proporción alcanzaba el 47% y para 1930 el 64%, convirtiéndose África en la mayor región productora de cacao en el mundo (Cartay, 1999).

Visto desde la perspectiva histórica de un período de larga duración, se han producido, en el escenario de la producción mundial del cacao, tres grandes cambios.

El primer cambio se dio en el transcurso de la década de 1920, cuando la producción cacaotera africana desplazó a la producción americana como principal región productora de cacao en el mundo (Cartay, 1999).

El segundo cambio se produjo en otro terreno, en el del material genético empleado para la siembra. La producción y la exportación, centradas básicamente hasta el siglo XIX en el cacao criollo, que produce un grano de cacao fino o de aroma, fue sustituido por la producción y la exportación basadas mayormente en el cacao forastero, que produce un cacao corriente u ordinario (Cartay, 1999).

El tercer cambio se refiere a la geografía de la producción, al igual que el primero. A finales de la década de 1990, Asia y Oceanía, vistos en conjunto, se convierten en la segunda región productora de cacao del mundo, después de África. La otrora supremacía americana en la producción de cacao pertenece a un pasado ya lejano, y de todas las regiones productoras de cacao en el mundo, América es ahora la de menor importancia (Cartay, 1999).

Estos cambios se observan con mayor detalle, al reducir la escala geográfica de observación, al pasar del continente al país productor. Venezuela, y específicamente su región de la costa, en el Norte del país, desde Chuao, en Aragua, hasta la península de Paria, en el extremo oriental, pasando por Barlovento y algunos centros productores del occidente, tuvo la hegemonía mundial como productor de cacao desde 1620 hasta finales del siglo XVIII, cuando desaparece la Compañía Guipuzcoana, que estimuló fuertemente la producción y la exportación de cacao en el país. Surgen, entonces, otros líderes en la producción de cacao como Ecuador, un productor tradicional, y las regiones emergentes de Brasil y São Tomé. El siglo XIX es la época dorada de Ecuador como productor y exportador, hasta que en la primera década del siglo XX es desplazado por Ghana, que se mantiene como líder hasta la década de 1970. Después vendrá la supremacía de Côte d'Ivoire, que continúa hasta el presente y continuará durante buena parte del siglo XXI. Actualmente las tres cuartas partes de la producción mundial en grano se concentran en apenas cinco países (Côte d'Ivoire, Brasil, Ghana, Malasia e Indonesia) (Cartay, 1999).

Con base a estos desarrollos cacaoteros a escala mundial, que se comportan como grandes ciclos, está lo que François Ruf (1995) ha llamado la "rente forêt" (La renta bosque), que refleja las ventajas económicas de producir cacao tras talar el bosque. Pero, al perderse la fertilidad asociada a la presencia del bosque, al cabo de unos años, sobreviene la crisis: vienen las enfermedades, se elevan los costos, envejecen las plantaciones, y las nuevas plantaciones en esas áreas ya no son tan productivas y son más costosas. La "renta bosque" existe porque no es económicamente viable reemplazar viejos árboles por otros nuevos en la misma tierra o plantar cacaoteros en tierras dedicadas a otros cultivos, mientras existan tierras con bosques para deforestar y plantar. Así, el desplazamiento del cultivo va eliminando el bosque de las tierras vírgenes, pero, ¿hasta cuándo durará esa posibilidad de desplazamiento?. Al agotarse las existencias de esas tierras, declinará inevitablemente la supremacía del país como productor (Cartay, 1999).

Una vez eliminado el bosque, sigue el desarrollo, pero luego sobreviene, brutalmente, una recesión. Estos desarrollos cacaoteros se realizan, según Ruf (1987), a costa de los frentes pioneros, que son grupos de migrantes que conquistan los bosques tropicales (Cartay, 1999).

Sobre la base de estas consideraciones, Ruf avanza su hipótesis central de que los ciclos del cacao tienen un carácter endógeno y repetitivo, sobre los cuales la historia local se implanta. La historia de un país puede reducir o acelerar los ciclos, pero no modificarlos en su esencia. La recesión cacaotera es debida casi a una constante: emigración y escasez de trabajo, en asociación con la deforestación y el envejecimiento de las plantaciones. En esos ciclos de la producción vinculados estrechamente con los ciclos de precios, intervienen factores ecológicos (deforestación y envejecimiento de las plantaciones), sociológicas (apropiación de la tierra y formación de la propiedad) y económicos (caída de los precios internacionales del cacao y de sus

productos, así como los cambios en la demanda). No olvidemos que, además, el cultivo del cacao es de carácter cíclico, caracterizado por períodos prolongados de sobreproducción y subproducción. Estos ciclos están ligados a la extrema rigidez de la oferta, dada por una fuerte inelasticidad de la oferta a corto plazo en relación con los cambios en los precios. La existencia de estos ciclos de larga duración es una característica propia de los cultivos “permanentes” como el cacao y el café. Esos ciclos de producción (ligados a la naturaleza del cultivo: un retraso de cuatro a cinco años en la entrada de la planta a la producción comercial, y luego la perennidad relativa de las plantaciones, que duran produciendo hasta unos cincuenta años, aunque con un escaso vigor productivo) originan una cierta dinámica de la producción y los precios, en la que la sobreproducción prepara la penuria de mañana, y viceversa (Daviron, 1996; Jouve, Milly, 1990). Pero la oferta no reacciona de inmediato al cambio en los precios, sino que lo hace con unos diez años de retardo (Cartay, 1999).

Por otro lado, los trabajos realizados por Motamayor (1995), analizando la variabilidad genética del criollo mediante las más modernas técnicas con marcadores moleculares y otros sofisticados análisis, permitieron establecer que los criollos son genéticamente muy próximos (Criollo Andino, Guasare, Porcelana, Chuao y Pentágona) sugirieron que es muy probable que sea ésta la cuna del criollo.

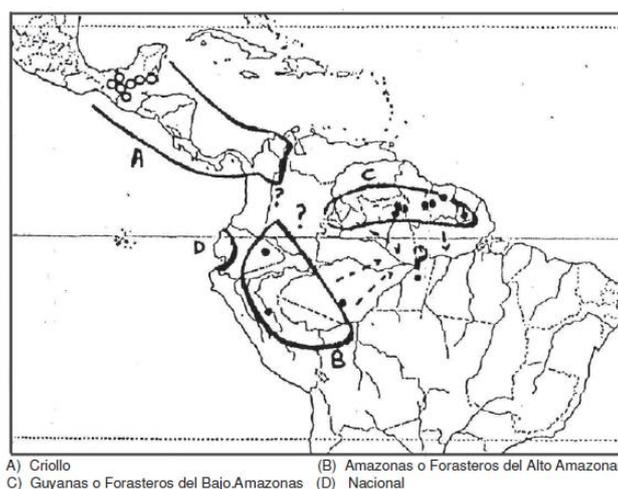


Figura 3. Zonas de origen del cacao (Lachenaud, 1997).

Los descubrimientos arqueológicos son testimonio de la expansión del cultivo del cacao desde las tierras bajas del Sur de Mesoamérica. En una tumba que data del período Clásico Temprano (500 dC), encontrada en 1984 en Río Azul, Petén, Guatemala, la inscripción glífica hallada en la tapa de un recipiente con asa de estribo (figura 4) sirvió de base a la afirmación de que este recipiente fue utilizado para contener chocolate (Coe, 2000). Residuos materiales tomados de este recipiente y analizados por la empresa Hershey Foods Corporation confirmaron que éste y otros recipientes encontrados en el sitio contenían la bebida de chocolate. Con base a ello, el hallazgo de este recipiente es una aportación muy notable en la investigación sobre el cacao, ya que fue el punto de partida para un análisis científico que comprobó la existencia de residuos de cacao en dicho recipiente (Andalón, 2010).

En los glifos está la palabra *kakaw* compuesta por tres signos: el primero es una estilización de la aleta del pez y corresponde al valor silábico de *ka* (pez); el segundo es la representación de un pez de perfil, con el valor silábico *ka*; el tercer signo representa el valor silábico *waaj* (tortilla, maíz), según la interpretación de David Stuart (1988). A partir de esta lectura (de Stuart), se han hecho otras lecturas en vasos y recipientes de cerámica. El glifo se encuentra también en el Códice de Dresde en forma de doble aleta de pez con el signo correspondiente a tortilla (Andalón, 2010).



contribución que realiza este estudio es que confirma una vez más que en cacao existe amplia variabilidad genética y que mucha de esta variabilidad genética de cacao no ha sido ampliamente utilizada por los programas de investigación y que a su vez puede no estar bien representada en las colecciones de germoplasma de cacao. Estos resultados a su vez, son de gran importancia para los investigadores y productores de cacao debido a que esta amplia variabilidad genética del cultivo es posible encontrar materiales con características útiles para mejorar el cultivo, como fuentes de resistencia para las principales enfermedades que afectan al cultivo como la escoba de bruja, moniliasis y mazorca negra.

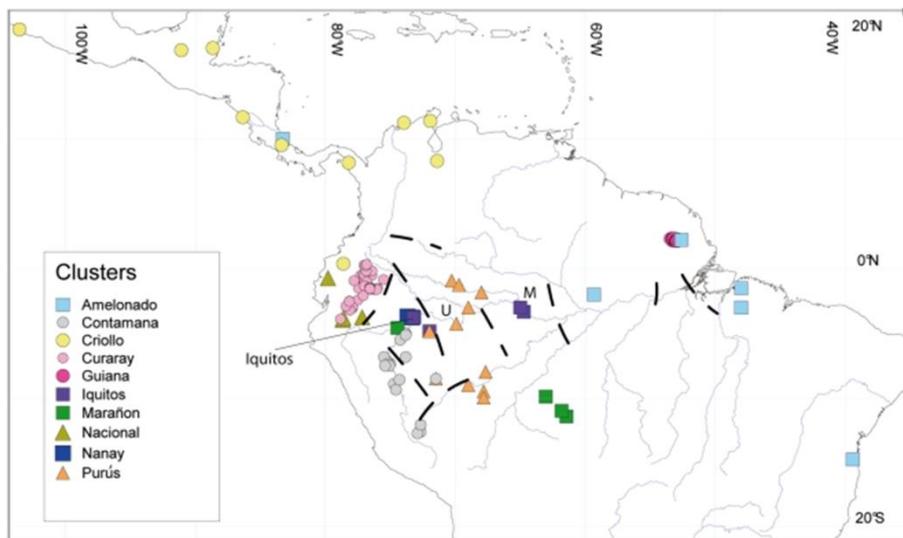


Figura 7. Diez grupos genéticos-geográficos de cacao.

Motamayor, J. C., Lachenaud, P., e Mota, J. W. D. S., Loor, R., Kuhn, D. N., Brown, J. S., & Schnell, R. J. (2008). Geographic and genetic population differentiation of the Amazonian chocolate tree (*Theobroma cacao* L). PLoS One, 3(10), e3311.

### 5.3 Como moneda

En todas las culturas a través del tiempo el ser humano ha tenido la necesidad de intercambiar sus objetos con otros grupos. Diferentes objetos han sido utilizados como moneda, entre ellos se encuentran vacas, conchas, pieles, sal y semillas. A la utilización continua de estos objetos como intermediarios para adquirir las mercancías deseadas entre distintas personas se le ha llamado “moneda primitiva”, “moneda de transición” o “moneda-objeto”. Estudiosos de distintas disciplinas como la Historia, la Antropología y la Economía, se han ocupado de este tema (Aranda, s.f.). Es decir que un objeto determinado, además del valor intrínseco que posee, funciona como moneda en la medida en que se trata de una “convención social”.

Los primeros españoles que llegaron a América en el siglo XVI en búsqueda de materiales preciosos encontraron que en algunos lugares de estas tierras los indígenas utilizaban determinados objetos como moneda, y al confrontar sus necesidades con las creencias que componían esta nueva realidad dominada por dioses desconocidos para ellos, entendieron el valor que para los nativos tenían estos objetos y comenzaron a utilizar como moneda mantas de algodón, cacao, hachuelas de cobre, plumas rellenas con polvo de oro, hierba mate y ganado, entre muchos otros. Algunos de aquellos objetos continuaron siendo utilizados como moneda en la época colonial, satisfaciendo las necesidades de españoles y nativos, creando un sistema de intercambio que integró ambos sistemas monetarios, el cual resultó conveniente a las autoridades españolas, debido a la escasez del metal en algunas ocasiones o a su interés por extraerlo de las minas y embarcarlo a España (Aranda, s.f.).

Las características que tiene el cacao para ser utilizado como moneda en la época prehispánica radica en que no todos podían tener acceso a él, sólo la nobleza, los principales y los mercaderes,

también se podía fraccionar y transportar de una manera fácil, así como conservar y almacenar (Aranda, s.f.).

Conforme se fue integrando la sociedad de la Nueva España, el cacao se siguió utilizando como principal moneda fraccionaria en las relaciones de intercambio, y debido a que se podían adquirir mercancías con cacao en los mercados se pagaba el trabajo de los nativos con esta moneda. En Acatlán, por ejemplo, el día de trabajo de un nativo en la cementera se pagaba a 25 cacaos por día, en Cuauhtinchan se debía pagar 40 cacaos por no caer en la cárcel (Aranda, s.f.).

El cacao conservó su rango de moneda fraccionaria que tenía en la época prehispánica cuando las mantas blancas o quauchtli eran utilizadas como moneda principal, mientras que las mantas fueron sustituidas finalmente por la moneda metálica. Los beneficios que en la sociedad colonial trajo el cacao como moneda, una moneda que “crecía en los árboles” (Aranda, s.f.).

Cuadro 5. Medidas y fluctuación del grano de cacao como moneda.

Época (año)	Moneda (medida)	Equivalencia
1555 (orden virreinal)	1 real	40 granos de cacao
1575	1 real	100 granos de cacao
Finales siglo XVI	1 real	80-100 granos de cacao
	1 zontle	40 granos de cacao
	1 xiquipil	8,000 granos de cacao
	1 carga	24,000 granos de cacao
	1 conejo	100 granos de cacao
	1 esclavo	100 granos
	2 zapotes	1 grano de cacao
	1 chompipe	120 granos
	1 chompipa	100 granos
	1 pato	20 granos
	1 ayote	4 granos
	1 aguacate	3 granos
	1 paloma	2 granos
	1 tomate	1 grano
	1 navaja de obsidiana	5 granos
	1 hachuela de cobre	500 granos
	1 jornal	100 granos
	Ocupación prostituta	20 granos
	1 quauchtli	65-100 granos de cacao
	20 quauchtli	1 carga de cacao (24,000 granos de cacao)

Fuente: Aranda, s.f.; Castellanos, 2019.

El cacao funcionó como moneda en la época prehispánica porque cumple con los requisitos que debe tener un objeto para ser utilizado como moneda. Desde el punto de vista físico del objeto el cacao se cultiva en condiciones especiales, por lo tanto no cualquiera podía tener acceso a él, lo que facilitó su regulación por un grupo social privilegiado; es fragmentario, se puede contar, almacenar, transportar, comer y ofrecer a los dioses, es decir que cuenta con un valor intrínseco en aquella sociedad (Aranda, s.f.).

Debido a sus características y propiedades este “objeto precioso” se sacraliza en la época prehispánica, y al estar vinculado el cacao con los dioses, la nobleza (que es representante de los dioses) encuentra en él un medio de poder eficaz (Aranda, s.f.).

El cacao fue utilizado como moneda por toda la población en la época colonial, su pervivencia, a diferencia de las mantas, se debió en buena medida a que su producción podía seguir siendo regulada por las autoridades españolas, y porque en realidad cumplía cabalmente con su función como moneda, además de que seguía siendo valorado por los indígenas como medio de intercambio, y porque la casa de moneda tenía como prioridad acuñar los metales para controlar su exportación a España (Aranda, s.f.).

#### 5.4 Como llegó el cacao a España

El cacique Aj Pop O´Batz nació en el año 1500. Era un guerrero que fue designado gobernante del territorio Kekchí a los 30 años por el consejo de señoríos y caciques del área que llegó a ser llamada Tezulután (área de guerra), hoy Alta Verapaz. Dirigió a un formidable ejército que resistió los embates de los conquistadores españoles quienes a pesar de tener refuerzos de tlaxcaltecas no lograron avanzar (Estrada, s.f.).

El 24 de junio de ese año, después de fundarse el poblado de San Juan Chamelco, el gran cacique aceptó el bautismo cristiano y tomó el nombre de Juan Matalbatz, una conversión que marcó también el surgimiento de un nuevo nombre para aquella región: la Vera Paz, verdadera paz lograda sin guerra (Estrada, s.f.).

El 19 de mayo de 1544 el padre Angulo le propuso a Matalbatz y a otros principales Kekchíes viajar a España, para visitar al Emperador Carlos V (Carlos I de España). Aceptaron y se embarcaron en una travesía de más de cinco meses (Estrada, s.f.).

Llegaron a suelo español el 4 de febrero de 1545. El 12 de febrero fueron recibidos en la Corte. Fue el primer cacique de América que se encontró con un monarca español (Estrada, s.f.).

Cuando a Matalbatz le indicaron que se hincara o se inclinara ante el rey y el príncipe (Felipe II), se negó diciendo: “entre principales no nos hincamos uno frente a otro”, lo cual sorprendió al rey quien dejó seguir el encuentro. Llevaban regalos: cerámica, frutas, jícaras, **chocolate**, chile, zarzaparrilla, maíz y copal. En cajas de madera iban finos tejidos y cientos de plumas de quetzal. Se quedaron siete meses en España. En agradecimiento por su colaboración con la evangelización, Carlos V le dio a Matalbatz el título de Don (Estrada, s.f.).

El retorno ocurrió en 1546. Traían regalos de España: utensilios sagrados de oro y plata, candeleros, lámparas, incensarios, ciriales, estandartes, banderas de terciopelo, imágenes religiosas y campanas. También aperos de labranza y apoyo para edificar las iglesias de San Juan Chamelco, Cobán, Cahabón y Santa Cruz Verapaz, todas las cuales se mantienen en pie (Estrada, s.f.). Con base a lo anterior, se considera que fue este personaje el primero en llevar el chocolate a Europa.

#### 5.5 Grupos de cacao

##### 5.5.1 Criollo

El apelativo “*Criollo*” (indígena) fue en su origen atribuido por los españoles al cacao cultivado inicialmente en el sur de México, Centroamérica, Venezuela y Colombia; sin embargo, en este sentido lo correcto es “*cacao autóctono o nativo*” (oriundo del lugar) cuyos granos de cotiledones blancos proporcionaban un chocolate de superior calidad (Braudeau, 1970; citado por July, 2007). El cacao autóctono se caracteriza por tener estaminodios rosados, mazorcas verdes o rojas de tipo cundeamor, de superficie rugosa y surcos profundos; posee entre 20 y 30 semillas de color blanco o crema, alto contenido de grasa, sin astringencia y bastante aroma; son usados en la industria cosmética. Los principales cacaos autóctonos incluyen cacao Pentágono, cacao Real y cacao Porcelana (Argüello *et al.*, 2000; citados por July, 2007).

Este cacao se dispersó desde México y Centro América hacia otras partes del mundo. Se le llama de alta calidad, es de sabor muy agradable; es el cacao que da el buen sabor al chocolate o de alta calidad que se elabora en las fábricas, ya que la base del chocolate es de cacao común o llamado ordinario, que generalmente viene de algunos tipos forasteros (Enríquez, 2009).

Son plantas de poco vigor y bajo rendimiento, destacándose la alta calidad de sus semillas. Los frutos son de superficie rugosa, forma alargada y puntiaguda, surcos bien pronunciados, predominan los colores verde y rojo, la forma se asemeja a los designados como angoleta y cundeamor. Este tipo de cacao posee cotiledones de color blanco, con un olor a cacao dulce unido a un aroma delicado característico, no son astringentes debido al bajo contenido de taninos, el mucílago es azucarado y tiene bastante aroma después del fermentado, el sabor es frutal y floral.

El Centro de Comercio Internacional (1991) define el cacao criollo así: "cacao Criollo" como el cultivado originalmente en las selvas húmedas de México, América Central y el Norte de América del Sur, produce granos medianos o grandes (90 granos por 100 gramos) con cotiledones de color entre marfil pardusco a castaño claro y un olor de cacao dulce. Entre ellos tenemos el Porcelana, el Mérida, Guasare y Chuao original.

Las culturas nativas de Guatemala, por ejemplo los Olmecas, los Mayas y los Xincas, ya lo conocían y lo utilizaban, lo consideraban como "el alimento de los Dioses". En particular, los granos de cacao eran utilizados como moneda por los Aztecas y los Mayas quienes también lo disfrutaban como bebida.



Figura 8. Fruto de cacao criollo de Guatemala.

Respecto al cacao criollo, en todas las regiones, las poblaciones no son genéticamente las mismas, porque difieren en su origen genético y procedencia geográfica (nativa o introducida).

Con base a esto, en la Costa Norte de Perú (Piura), existe una variedad de cacao que los cotiledones de las semillas son de color blanco, produce cacao fino, pero es un cacao forastero del Alto Amazonas, llamado Porcelana. También en Venezuela (Maracaibo), existe un cultivar llamado Porcelana, que produce granos grandes, blancos y un cacao fino. En Brasil está el cultivar Catongo (mutación ocurrida en Bahía), cultivar del Bajo Amazonas, que produce cotiledones blancos. Por lo que, se debe tener claro que este albinismo de las semillas no es un distintivo único de los cacao autóctonos.

En Ecuador, está el cacao del Alto Amazonas llamado Nacional, produce cacao fino parecido al criollo (aroma floral fuerte, que se conoce mundialmente como sabor *Arriba*), la denominación arriba viene desde el año 1600 a partir de los cacaoteros cultivados aguas arriba del río Guayas, cualidad altamente apreciada para producir chocolates finos, exclusivos del Ecuador pero las almendras son de color ceniza, morado pálido u oscuro o marrón (Verdesoto, 2009).

Este tipo de cacao se lo reconoce por tener una fermentación muy corta y dar un chocolate suave de buen sabor y aroma, por lo que es reconocido a nivel mundial con la clasificación fino o de aroma. Así mismo, desde el siglo XIX el cacao era cultivado en zonas de la cuenca alta de los ríos

Daule y Babahoyo, los cuales forman el río Guayas y era transportado hasta el puerto de Guayaquil para su exportación, razón por la cual se le dio el nombre de “cacao arriba”. Se siembra a una altitud máxima de 1,200 metros sobre el nivel del mar, como se estableció en la denominación de origen, para obtener la certificación de cacao arriba en el Instituto Ecuatoriano de Propiedad Intelectual (PROECUADOR, 2013).

El 70% de la producción mundial de cacao fino de aroma se encuentra en Ecuador, convirtiéndose en el mayor productor de cacao fino o de aroma del mundo. Esto ha generado una fama importante y favorable para el país. Este tipo de cacao, tiene características individuales distintivas, de toques florales, frutales, nueces, almendras, especias que lo hace único y especial, sobresaliendo su conocido sabor arriba. Todos estos detalles de sabor y aroma están en el origen genético del grano, que se logra con el correcto tratamiento poscosecha, sumado a condiciones naturales de suelo, clima, temperatura, luminosidad que convergen en un solo punto (PROECUADOR, 2013).

Al cacao Nacional, por muchos años, se le ha considerado como un tipo de cacao forastero, debido a que el árbol y la mazorca, semejan a lo que en Venezuela y Trinidad y Tobago se llamó forastero (Enríquez, 2009).

En Bolivia también existe un cultivar Nacional, es un cacao forastero llamado criollo.

### **5.5.2 Forastero**

El cacao forastero se subdivide en forastero del Alto Amazonas y forastero del Bajo Amazonas. El del *Alto Amazonas* es conocido como salvaje o semisalvaje; su centro de origen es la parte alta de la cuenca del río Amazonas, área comprendida entre los ríos Napo, Putumayo y Caquetá (cerca de los límites entre Perú, Ecuador, Colombia y Venezuela). Son clones que se caracterizan por poseer alta diversidad genética, son autoincompatibles, son plantas vigorosas, precoces y de mayor tolerancia a las enfermedades que el cacao criollo; sus frutos son de cáscara dura y leñosa, de forma esférica o calabacillo, cáscara lisa, surcos apenas visibles, de color verde pálido o blanquecino antes de la madurez. Granos aplanados, pequeños de color morado y sabor amargo (sabor tradicional frutal) por su alto contenido de taninos, mucílago ácido; producen un chocolate de calidad corriente o básico.

Dentro del grupo del *Bajo Amazonas* están comprendidos clones autocompatibles; en este grupo se destacan distintos cultivares como Cundeamor, amelonado, sambito, calabacillo y angoleta. Los frutos amelonados son de color verde, superficie lisa y sin arrugas, sin constricciones basales y sin ápice pronunciado. Se ubican en la Amazonia oriental (Brasil), río Orinoco y Guyanas; incluye clones como Iquitos, Nanay, Parinari, Catongo y Scavina (July, 2007). Las almendras son generalmente pequeñas e intermedias; de color de cotiledón morado y excepcionalmente, blanco como la variedad `Catongo` de Brasil.

El grupo de cacao forastero, posee alta astringencia y bajo contenido de grasa; pertenecen los cacaos comerciales de Brasil, Oeste africano y Este de Asia, así como el cacao Nacional de Ecuador. Proporcionan el 80% de la producción mundial (July, 2007).

Requieren un intenso tueste, de donde proceden el sabor y el aroma a quemado de la mayoría de los chocolates. Los mejores productores usan granos forasteros en sus mezclas, para dar cuerpo y amplitud al chocolate, pero la acidez, el equilibrio y la complejidad de los mejores chocolates proviene del criollo.



Figura 9. Cacao forastero.

### 5.5.3 Trinitario

Según Motamayor *et al.* (2001), los cacaos trinitarios están conformados por híbridos que comprenden las mezclas entre criollo y el forastero tipo amelonado, que aparentemente se mezclaron naturalmente en el Caribe, siendo los genotipos típicos de Granada, Jamaica, Trinidad y Tobago. Este grupo aparentemente se originó cuando un genotipo criollo se cruzó naturalmente con un genotipo amelonado de Brasil. Por esta razón, estos materiales presentan características morfológicas y genéticas de ambas razas. Ocupan del 10 al 15% de la producción mundial. Presentan granos de tamaño mediano a grande y cotiledones de color castaño; en su mayoría son autoincompatibles.



Figura 10. Diferentes formas y colores de frutos de cacao trinitario.

Cuadro 6. Características genéticas entre grupos de cacao.

Carácter	Criollo (autóctono)	Forastero	Trinitario
<b>Semilla:</b>			
Color cotiledones.	Blanco o violeta.	Morado, excepcionalmente blanco.	Morado
Forma (transversal)	Redondeada	Aplanada o intermedia.	Variable
<b>Fruto:</b>			
Color inmaduro.	Rojo o verde.	Verde o verde pigmentado.	Rojo o verde.
Rugosidad.	Rugoso.	Liso o medio.	Variable.
Constricción basal.	Ausente o ligero.	Variable.	Variable.
Grosor de cáscara.	Delgada-media.	Gruesa o media.	Delgada-media.
Número de semillas.	20-40	20-60	30-45
<b>Agroindustrial:</b>			
Inicio de producción.	3º - 5º año.	3º - 4º año.	2º - 3º año.
Período fermentación.	3-5 días.	5-9 días.	5-7 días.

Sabor y aroma. Contenido de grasa.	Extrafino-fino. Bajo (<54%).	Corriente. Variable (45-60%).	Fino-medio. Variable (45-57%).
---------------------------------------	---------------------------------	----------------------------------	-----------------------------------

Mediante el uso de marcadores moleculares; se ha comprobado que los individuos considerados criollos antiguos, constituyen el verdadero grupo autóctono compuesto de genotipos de cacao cultivados antes de la introducción de los individuos de cacao forastero. Se ha demostrado también que el cacao del Alto Amazonas (AA), Bajo Amazonas (BA), trinitario, Nacional del Ecuador (aparentemente con cierto parentesco al autóctono); presentan diferencias genéticas (N' Goran, *et al.*, 1994).

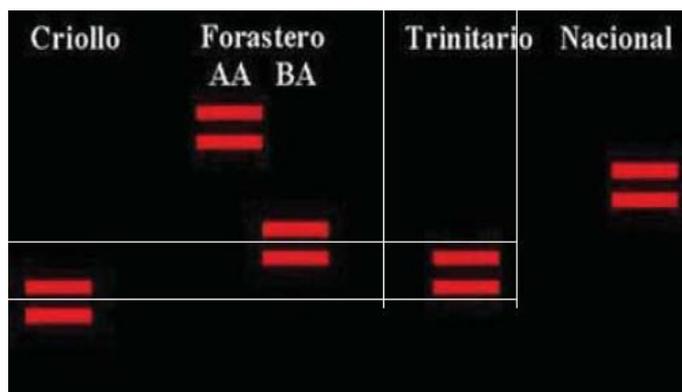


Figura 11. Confirmación del origen genético de cuatro grupos de cacao, mediante marcadores moleculares (N'goran, *et al.*, 1994).

## 5.6 Variedades de México y Centroamérica

### 5.6.1 Autóctonos de México

Poseen las características comunes de los criollos, con una mayor frecuencia de mazorcas verdes. A la fecha, casi ya no existen plantaciones puras de cacao autóctono, ni en México ni en Guatemala (solamente plantas aisladas) (Enríquez, 1985).

En México se encuentran pequeñas plantaciones viejas, sobre todo en el estado de Chiapas; donde es posible observar una gran variabilidad de formas y tamaños de mazorca y semilla, conservando siempre el carácter de semillas blancas, como indicación de que se trata de una población auténtica de criollos. Las mazorcas varían de tamaño, desde aproximadamente 15 a 25 cm de largo; en su forma, se observan mazorcas predominantemente típicas de angoletas y pocas cundeamores; siempre está presente en las mazorcas la punta, aunque no es predominante en la mayoría de los casos; las puntas recurvadas menos frecuentes que las rectas. La variación de la rugosidad de la cáscara también es notoria, yendo desde prominencias muy abultadas a una rugosidad fina. El color de la cáscara es otro carácter muy variable, que inicia con el color verde claro con superficie blanquecina, al verde normal, al rojo claro y a los intermedios entre los diferentes tonos de verde. El grosor de la cáscara también varía desde aproximadamente 8 a 20 mm; siempre es suave y fácil de romper cuando madura, a presión de la mano. Los granos, aunque todos blancos, varían grandemente en tamaño y forma, desde grandes redondos y ovalados, hasta pequeños casi aplanados y alargados (Enríquez, 1985).



Figura 12. Cacao criollo de México.

## 5.6.2 Autóctonos de Guatemala

### 5.6.2.1 Cacao Pentágona

Este tipo de cacao representa un material genético ancestral, caracterizado especialmente por la forma de sus frutos de textura irregular con aspecto de verrugas y filos pronunciados. Estos materiales son de gran interés desde el punto de vista del mejoramiento genético.

En Guatemala, en lugares muy recónditos se encuentra con cierta dificultad árboles solitarios del cacao llamado “pentágona”, de cinco lomos angulosos, formados por las suturas de los carpelos del ovario. Las semillas son grandes y redondeadas de color blanco con varios tonos de coloración, hasta el morado. La cáscara es muy delgada y rugosa, roja o intermedia y con menor frecuencia de verde, se considera un cacao primitivo, posiblemente sea el ancestro de *Theobroma cacao*.



Figura 13. Fruto y semillas de cacao pentágona.

### 5.6.2.2 Cacao Lagarto

Se encuentran plantas con más frecuencia en los departamentos de Retalhuleu y Suchitepéquez, la mazorca es de regular tamaño, los granos en su mayoría son blancos, su calidad es superior como la del autóctono (Pentágona).



Figura 14. Cacao lagarto.

El Programa Cacao de Excelencia (CoEx) es el punto de entrada para que los productores de cacao a nivel mundial participen en los Premios Internacionales del Cacao, esta competencia reconoce y celebra la diversidad y calidad del cacao.

De esa cuenta, tres muestras de cacao guatemalteco sobresalientes por sus atributos sensoriales fueron seleccionadas y enviadas a Europa para competir en representación de Guatemala. Derivado de esto dos empresas guatemaltecas participantes fueron galardonadas durante la entrega de los “International Cocoa Awards” llevada a cabo en el mes de octubre 2017, en el marco del Salón de Chocolate de París.

En la competencia internacional participaron un total de 166 muestras de cacao, procedentes de 40 países productores así mismo un panel de 41 chocolateros y expertos en evaluación sensorial evaluaron el total de muestras y seleccionaron a ciegas las mejores 50 muestras, para ser procesadas a chocolate y de esta forma únicamente 18 muestras recibieron el “Premio Internacional del Cacao”. Para el caso de Guatemala fueron premiadas la Asociación Waxaquib Tzikin de San Luis, Petén y la empresa Kacaou de Puerto Barrios, Izabal.

### 5.6.3 Autóctonos de El Salvador: Cacahuatique

Variedad de cacao colectado en ciertas localidades de la cordillera Cacahuatique, que comprende municipios de los departamentos de San Miguel y Morazán. Tiene todas las características de cacao autóctono, mazorcas medianas, punta recurvada, granos blancos, mucílago dulce, fermentación corta y produce cacao fino.



Figura 15. Frutos y almendras de cacao Cacahuatique.

### 5.6.4 Autóctonos de Honduras

Con base a prospecciones efectuadas por investigadores de la FHIA de Honduras, han localizado criollos antiguos en los departamentos de Copán, Santa Bárbara y Olancho.



Figura 16. Cacaos autóctonos de Honduras (Durán, 2014; López, 2016).

Honduras gana el premio internacional (International Cocoa Award) como productor de cacao fino y de aroma representando a la región Centroamericana y del Caribe, durante la edición “Cocoa of Excellence 2015” celebrada en el Salón del Chocolate en París, Francia.

El premio por Honduras fue recibido por Aroldo Dubón, investigador asociado de la Fundación Hondureña de Investigación Agrícola (FHIA) y encargado del Centro Demostrativo y Experimental de Cacao Jesús Alfonso Sánchez (CEDEC-JAS).

### 5.6.5 Cacao autóctono de Nicaragua o cacao real

La característica más sobresaliente de esta variedad es la mayor frecuencia de colores rojos intensos en las mazorcas y el cuello de botella; sin embargo, se encuentran también formas angoletas; siempre está presente la punta recurvada o recta. Los demás caracteres son similares a los otros autóctonos. Para 1958 (Enríquez, 1986), reporta que esta variedad está casi extinguida del cultivo y ha sido reemplazada por forasteros y trinitarios. Solamente en ciertas áreas pequeñas o grupos de árboles aislados de esta variedad. También se encuentran entre las plantaciones de autóctonos, árboles de cacao pentágona, generalmente de mazorcas verdes o rosadas (Enríquez, 1985).



Figura 17. Cacao criollo de Nicaragua.

#### 5.6.5.1 Clon pacayita

Producto del trabajo de fitomejoramiento de 5 años de técnicos del INTA, efectuado en la comunidad de Pacaya, departamento de Masaya, posiblemente sea un lagarto mejorado, resistente a variabilidad climática, con alto rendimiento, considerado un cacao extrafino, fue lanzado comercialmente en el año 2017.

### 5.6.6 Cacao de Costa Rica (Matina)

En la costa Atlántica de Costa Rica se cultiva la variedad llamada “Matina”, nombre del primer sitio donde se cultivó este cacao a finales de 1700. Esta variedad es muy semejante a la llamada “Común” en Bahía, Brasil y los cacaos de República Dominicana. Es un forastero bastante uniforme, de mazorcas amelonadas de tamaño mediano, de cáscara verde blanquecina cuando tiernas, gruesas o medianas, semillas moradas, medianas o pequeñas. Tiene buena capacidad de producción y es autocompatible en general; es susceptible a *Phytophthora* spp. (Enríquez, 1985); es la variedad de cacao que en el departamento de Suchitepéquez le llaman criollo.



Figura 18. Cacao Matina.

No se conoce el origen de esta variedad, pero hay muchas razones para creer que fue introducida de alguna parte de América del Sur, posiblemente de Brasil o Surinam. Sus características son de un forastero suramericano (Enríquez, 1985).

## 5.7 Variedades de América del Sur

### 5.7.1 Cacao autóctono de Colombia

Esta variedad ha sido cultivada en ciertas áreas pequeñas y localizadas de los valles altos (600-1,200 msnm) del valle del Cauca, Caldas, Antioquía y el Huila (Enríquez, 1985).

Este cacao se asemeja al cacao autóctono mexicano por sus características de mazorcas, generalmente angoletas, predominantemente verdes, punta con cinco ángulos recurvada o recta, semillas gruesas, claras o blancas. De acuerdo a Patiño, en los valles altos de Colombia no había cacao nativo (Enríquez, 1985).

El cacao en grano colombiano ha recibido importantes distinciones a nivel internacional entre las cuales destaca el ser reconocido tres veces en los International Cocoa Awards como "Cacao de excelencia" en 2010, 2011 y 2015 (PROCOLOMBIA, 2018).

Colombia tiene condiciones agroecológicas óptimas y excelentes materiales genéticos para la producción de cacao, ofreciendo atractivas condiciones de sabor y aroma para el mercado internacional. La variedad del cacao colombiano es reconocida y altamente demandada en Europa (PROCOLOMBIA, 2018).

La Organización Internacional de Cacao (ICCO), clasificó el 95% del cacao colombiano de exportación como cacao fino y de aroma, atributo otorgado solo al 5% de los granos exportados a nivel mundial (PROCOLOMBIA, 2018).

### 5.7.2 Cacao autóctono de Venezuela

#### 5.7.2.1 Guasare

Autóctono de Venezuela (márgenes del río Guasare a 750 msnm): fruto rugoso fuerte, cáscara delgada intermedia, color de la semilla blanco cremoso (100%), tamaño del fruto grande, contenido de grasa 49%, calidad extrafino. Frutos oblongos con ápice agudo, más de 100 frutos por árbol, índice de mazorca es de 18 e índice de grano de 1.6. También se considera un cacao ancestral.



Figura 19. Cacao autóctono de Venezuela: Guasare.

### 5.7.2.2 Cacao porcelana de Venezuela

Este cacao es una variedad, es un cacao autóctono de mazorcas angoletas o casi amelonadas, surcos muy superficiales, cáscara lisa, delgada y suave, de color predominantemente rosado brillante y cierta proporción de color blanco mate; la punta corta termina casi invariablemente en cinco ángulos como en los autóctonos, las semillas son en su mayoría blancas o ligeramente rosadas, gruesas, redondas o aplanadas. Los árboles son muy similares a los de cacao autóctono, pequeños, de hojas pequeñas y de crecimiento lento. Las almendras secas en el mercado internacional son consideradas como de calidad extra fina, como los mejores autóctonos (Enríquez, 1985).

Esta variedad está localizada en un área muy reducida, en el borde Sur Oeste del lago Maracaibo, en Venezuela, a orillas de los ríos Catatumbo y Escalante. En esta región la producción es calificada como buena con 309 kg/ha. Plantas de semillas de Porcelana plantadas fuera de esta área, han crecido con dificultad en sitios como Ocumare, Barlovento y Turrialba, Costa Rica. A los cinco años de edad aún no han florecido (Enríquez, 1985).

Las plantaciones originales de cacao Porcelana del río Escalante abajo prácticamente han desaparecido por cambios en el uso de la tierra, las plantaciones remanentes de cacao Porcelana del río Catatumbo, deben haber sufrido los embates de los derrames petroleros procedentes de Colombia. Además, existen unas plantaciones jóvenes de mayor tamaño de cacao Porcelana, producto de la iniciativa de medianos y grandes productores en el área de influencia de la Estación Experimental "Chama" del FONAIAP, donde existe además una plantación de cacao Porcelana puro con unas 6 hectáreas (Ramos y Gómez, 2014).



Figura 20. Cacao criollo Porcelana.  
Créditos: Portillo, 2012.

### 5.7.2.3 Criollo de Chuao

Esta variedad se caracteriza por tener mazorcas cundeamores grandes, alargadas, de punta recurvada, de color morado a rojo sangre preferentemente; aunque se encuentra cierta proporción de verdes; cáscara con rugosidad y surcos variables; almendras gruesas y de color blanco o violeta pálido; índice de semilla 1.5 (Ramos y Gómez, 2014).

También se encuentran en menor proporción mazorcas angoletas. Son muy parecidos a los 'Criollos Mérida'. Se comercializa como un cacao extrafino y su fama tiene alcance mundial (Ramos y Gómez, 2014).



Figura 21. Frutos y semillas de Chuao.

### 5.7.3 Cacao Nacional o Arriba de Ecuador

Variedad que pertenece a los forasteros amazónicos de mazorcas amelonadas, grandes, casi ovales, con un ligero estrangulamiento en el cuello, cáscara gruesa verde, surcos profundos, notoriamente rugosa, punta roma. Semillas de medianas a gruesas y de color violeta a morado. Árboles altos, robustos, troncos gruesos, hojas grandes. Las flores tienen pedicelo de estambre rosado (Enríquez, 1985).

Es un tipo de cacao fino y de aroma único en el mundo, conocido en el país con el nombre de “cacao arriba” que posee características de sabor y aroma muy distintivas y valoradas a nivel mundial, como notas florales, frutales y a nuez (González, 2011).

Pero la calidad del “cacao arriba” que es demandado (Organización Internacional del Cacao, 2011) por el mercado de Estados Unidos y países de Europa como Alemania, Francia, Bélgica y otros, ha mantenido su cultivo, siendo el proveedor del 61% de este tipo de cacao en el mundo. Obteniendo dos premios a nivel mundial en el Salón Du Chocolat en París, Francia, como el mejor grano de cacao por región geográfica, y otro, al mejor cacao por su calidad floral (Agrytec, 2012; citado por León, Calderón y Marda, 2016).

Esta variedad aparentemente proviene de los declives orientales de la cordillera de los Andes, en la hoya amazónica de Ecuador. Se ha observado en Tena, Archidona y Macas. El cacao Nacional comenzó a cultivarse en la costa Oeste de Ecuador a principios del siglo XVIII y es muy posible que fué transportado en forma de frutos, de un lado al otro de los Andes, en el mismo país, originando de pocas mazorcas la nueva variedad, que hasta la fecha tiene un lugar prominente en el mercado mundial. La pulpa es dulce y fermenta en 2-3 días. Es susceptible a escoba de bruja (Enríquez, 1985).



Figura 22. Árbol y frutos de cacao Nacional de Ecuador.  
Créditos: Portillo, 2012.

### 5.7.4 Variedades de cacao de Brasil

El cacao forastero del Brasil tiene dos denominaciones, del Alto Amazonas, que comprende la parte alta de la cuenca amazónica: los ríos Caquetá, Napo y Putumayo. Los frutos de este cacao presentan diversas formas y tamaños. Cacao del Bajo Amazonas, produce frutos amelonados, color verde cuando tiernos y amarillos cuando maduran, superficie lisa, corteza gruesa.

Casi toda la producción de Brasil, proviene del Estado de Bahía. Estas plantaciones están constituidas por las variedades: Común, Pará, Parazinho y Marañón (liso, rugoso y gigante) (Vello y García, 1971).

Miranda (citado por Vello y García, 1971), sostiene que el cacao Común fue introducido en el Sur de Bahía en 1746 y el Marañón 128 años después, resultado de la hibridación entre Común y Pará.

#### 5.7.4.1 Marahao

Fue introducida del Amazonas, a finales del siglo XIX. Las mazorcas son de forastero amazónico, de forma amelonada alargada con constricción en el cuello, color verde, grandes, diez surcos evidentes y superficie notoriamente rugosa, terminan en punta roma. Las semillas son moradas, medianas, planas o ligeramente redondeadas (Enríquez, 1985).

Esta variedad es poco frecuente en estado puro en las poblaciones actuales en Bahía y crece mezclado con “Común”, sobre todo en ciertas áreas cercanas a Itabuna. No está muy extendida en toda la zona cacaotera de Bahía (Enríquez, 1985).

#### 5.7.4.2 Cacao común

Es la variedad más cultivada en Bahía; quizá constituye el 80%, proviene del Bajo Amazonas. Es un forastero amazónico, de mazorcas amelonadas típicas, verde blanquecinas cuando tiernas, diez surcos evidentes, cáscara lisa o ligeramente rugosa, delgada, en muchos casos con un pequeño estrangulamiento en la base, semillas moradas, pequeñas o medianas, planas bastante rústicas y de alta producción (Vello y García, 1971; Enríquez, 1985).

La variedad Matina de Costa Rica, la Ceylán o Costa Rica de México y Guatemala, se asemejan a “común” de Brasil. Desafortunadamente no se conocen claramente las fechas de introducción en cada área o sus orígenes (Enríquez, 1985).

#### 5.7.4.3 Catongo

Este cultivar se originó de una mutación ocurrida en Bahía, caracterizada por la ausencia de pigmentación antocianica en sus almendras, frutos, flores y hojas jóvenes, que son los lugares donde este pigmento puede manifestarse, cuando está presente. El carácter es recesivo, gobernado por un par de genes con casi completa dominancia para la pigmentación y de acción pleiotrópica (Vello y García, 1971).

Plantado en alta proporción en Bahía; obtenido de una planta encontrada en 1937 de la variedad “Común”. Se caracteriza por tener las semillas, las partes normalmente pigmentadas de la flor y los brotes jóvenes, de color blanco. Por eso se le conoce también como “*cacau branco de Bahía*”. En las condiciones de Bahía muestra resistencia a *Phytophthora palmivora* y ha sido calificado de calidad suave y de alta producción (Enríquez, 1985). Está presente en Guatemala.



Figura 23. Fruto de Catongo mostrando semillas blancas.

#### 5.7.4.4 Pará

Produce frutos de tamaño mediano, de forma arredondeada, sin constricción en la parte basal, cáscara lisa, suave al tacto, de grosor mediano, con surcos superficiales no pareados (Vello y García, 1971).

#### 5.7.4.5 Parazinho

Frutos con características idénticas a las de Pará, pero de tamaño pequeño, cáscara delgada y semillas pequeñas (Vello y García, 1971).

#### 5.7.4.6 Marañón liso

Frutos grandes, de forma amelonada, elongado, constricción bien prolongada en la parte basal, cáscara lisa y gruesa, suave al tacto, con surcos poco profundos, pareados (Vello y García, 1971).

#### 5.7.4.7 Marañón rugoso

Frutos con las mismas características del marañón liso, solo difiere ligeramente con lo rugoso de la cáscara, aunque suave al tacto (Vello y García, 1971).

#### 5.7.4.8 Marañón gigante

Frutos con las mismas características del marañón liso y el marañón rugoso, difiere en el tamaño y mayor grosor de la pulpa debajo de la cáscara (Vello y García, 1971). Esta variedad está presente en Guatemala, principalmente en el departamento de San Marcos.



Figura 24. Marañón gigante, clon M-17, produce semillas blancas y violetas; presente en Guatemala.

## 6 CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DEL CACAO

El cacao es una especie diploide ( $2n=20$  cromosomas), de ciclo vegetativo perenne. Linneo en 1753, primero ubicó el género *Theobroma* en la familia *Tiliaceae*. Después consideró que podría ser incluido en la familia *Esterculiaceae* y actualmente es ubicado en la familia *Malvaceae*. *Theobroma cacao* es una de las 22 especies del género *Theobroma* (Hardy, 1960), originaria de Sudamérica y partes de Centroamérica (Ogata, 2007; citado por Avendaño *et al.*, 2011). La clasificación taxonómica es la siguiente:

Reino: *Plantae*  
División: *Magnoliophyta*  
Clase: *Magnoliopsida*  
Sub clase: *Eurosidas*  
Orden: *Malvales*  
Familia: *Malvaceae*  
Género: *Theobroma*  
Especie: *Theobroma cacao* L.

## 6.5 Morfología

### 6.5.1 Árbol

Es un árbol de tamaño mediano (5-8 metros) aunque puede alcanzar alturas de hasta 20 metros cuando crece libremente bajo sombra intensa. Su corona es densa, redondeada y con un diámetro de 7 a 9 metros. Tronco recto que se puede desarrollar en formas muy variadas, según las condiciones ambientales.

Emite su primera ramificación (molinillo) entre 0.80 a 1.20 metros (cuando proviene de semilla), emite de 3 a 5 ramas. Si se deja crecer libremente, emite chupones que cerca del molinillo forma un segundo piso.



Figura 25. Planta proveniente de semilla.



Figura 26. Planta injertada.

### 6.5.2 Raíz

La raíz principal es pivotante de 1.5 a 3 metros de longitud, dependiendo de las características del suelo. Las raíces secundarias son abundantes en los primeros 30 centímetros de profundidad. Las terciarias y raicillas se desarrollan muy cerca de la superficie del suelo.

El cacao establece una simbiosis obligada (más que facultativa) con hongos micorrízicos: ***Scutellospora calospora*** y ***Glomus mosseae***. Las micorrizas le confieren ventaja competitiva sobre todo en los suelos con un pobre aporte de nutrientes.

### 6.5.3 Hojas

Las hojas son simples, enteras de color verde variable y de pecíolo corto. Las hojas tiernas son pigmentadas, que pueden llegar a ser de color café claro, morado o rojizo. Las más pigmentadas se encuentran entre los cacaos criollos y trinitarios y los menos pigmentados se encuentran en los amazónicos. También el ápice y la parte basal de la hoja varían considerablemente en la especie, pero se mantienen constantes en un mismo clon y por lo tanto ayudan a identificarlo.

El tamaño de la hoja puede variar mucho, pero esta variación está influenciada por el ambiente donde se desarrolla. Las hojas del tronco ortotrópico comúnmente poseen un pecíolo largo (7 a 9 cm) con dos pulvinos, uno en la inserción del tallo y otro inmediatamente debajo de la lámina, lo cual permite que la hoja se oriente respecto a la luz. Las hojas de las ramas de abanico son de pecíolo corto con un pulvino menos marcado. La distribución de las hojas en el tronco tiene una filotaxia de 3/8, es decir, que a la tercera vuelta, la primera y la octava están en el mismo plano; mientras que las de las ramas, están en espiral (Bradeau, 1978; citado por Avendaño *et al.*, 2011).

#### 6.5.4 Inflorescencia

Las inflorescencias se localizan en el tallo y ramas principales (cauliflor) en la base de las hojas, alrededor de la cicatriz y de la yema axilar que deja una hoja al caer. Con el transcurso del tiempo, en los sitios de origen se produce un engrosamiento secundario que recibe el nombre de cojín floral. El número de flores formadas por cojín varía dependiendo del genotipo y del sistema de cultivo (Bradeau, 1978; citado por Avendaño *et al.*, 2011).

Las flores son pequeñas y se producen, al igual que los frutos, en racimos pequeños sobre el tejido maduro mayor de un año del tronco y de las ramas, alrededor en los sitios donde antes hubo hojas. Las flores son pequeñas, se abren durante las tardes y pueden ser fecundadas durante todo el día siguiente. El cáliz es de color rosado con segmentos puntiagudos; la corola es de color blancuzco, amarillo o rosado. Los pétalos son largos.

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 (Avendaño *et al.*, 20011).



Figura 27. Cojines florales.

##### 6.5.4.1 Flor

Las flores están sostenidas por pequeños pedicelos, unidos al eje en una cima monoaxial o bípara por medio de una zona de abscisión, que permite el desprendimiento de la flor cuando no ha sido fecundada. El pedicelo que sostiene la flor es pequeño (de 1 cm a 2 cm) y puede variar en pigmentación, contenido de vellos y glándulas laterales.

La flor de 0.5 cm a 1.5 cm de diámetro, es hermafrodita, pentámera y de ovario súpero. La fórmula floral es: S5, P5, E5 + 5, G5, que significa cinco sépalos libres, cinco pétalos libres, 10 estambres en dos verticilos, uno fértil y otro infértil, que reciben el nombre de estaminodios, ubicados alrededor del pistilo a manera de protección, y un ovario súpero de cinco carpelos unidos (Bradeau, 1978; citado por Avendaño *et al.*, 2011).



Figura 28. Biología de la flor.  
Fuente: Gómez y Ramos, 2014.

El pistilo está formado por un ovario constituido por la fusión de cinco lóbulos, cada uno de los cuales puede contener de cinco a 15 lóbulos, dependiendo del genotipo. El estilo es de unos 5 centímetros de largo, y termina en un estigma compuesto de cinco filamentos. La flor inicia su apertura generalmente por la tarde, aproximadamente a las 17 horas; la velocidad de apertura depende del ambiente, así, entre más seco y con luz brillante es más rápida. Las anteras se abren por la mañana, pero la dehiscencia realmente se inicia a partir de las 24 horas (Avendaño, 2011).



Ovario con óvulos

Fuente: Gómez y Ramos, 2014.

Figura 29. Flor de cacao y ovario con óvulos.

### 6.5.5 Fruto

El fruto es el resultado de la maduración del ovario, que una vez fecundado es una baya indehiscente con tamaños que oscilan de 10 cm a 42 cm, de forma variable (oblonga, elíptica, ovada y esférica); de superficie lisa o rugosa y de color rojo o verde en estado inmaduro, característica que depende de los genotipos. El número de semillas por fruto es un carácter muy variable y al parecer está altamente influenciado por el ambiente; el número máximo de semillas es el número de óvulos por ovario (Hardy, 1961; citado por Avendaño *et al.*, 2011).



Figura 30. Frutos de cacao.

El fruto es sostenido por un pedúnculo leñoso, resultado de la maduración del pedicelo de la flor. El pericarpio está formado por tres partes: a) el exocarpo o sección exterior, formado por un tejido esponjoso, con o sin pigmentaciones, de espesor variable; b) el mesocarpo, es una capa de células semileñosas, dura, cuya característica puede variar según el genotipo, así en los cacaos criollos es suave mientras que en los forasteros es dura, y c) una capa interior o endocarpio carnosa y suave, que tiene continuidad con el mucílago de la semilla.



Figura 31. Partes del fruto.

### 6.5.6 Semilla

Las semillas o almendras son de tamaño variable (1.2 a 3.0 cm), cubiertas con un mucílago o pulpa de color blanco cremosos, de diversos sabores y aromas (floral, frutal) y grados de acidez, dulzura y astringencia. En el interior de la almendra se encuentran los cotiledones, que pueden ser de color blanco, rosado, morado o violeta, según el genotipo (Avendaño *et al.*, 2011).



Figura 32. Diferentes tipos y colores de almendra, según genotipo.

Créditos: Amores, 2006; INIAP.

## 6.6 Fisiología

Los procesos fisiológicos que se desarrollan en el árbol de cacao son altamente influenciados por los estímulos del medio ambiente como temperatura, humedad, luminosidad, otro; los cuales provocan que se promueva la síntesis o inhiban las sustancias reguladoras del crecimiento vegetal como son hormonas y vitaminas, según el genotipo.

*Transpiración:* la planta evapora gran cantidad de agua; haciendo una estimación, la transpiración equivale a cerca de 900 mm de lluvia al año; obviamente esta cantidad varía de acuerdo a los diferentes climas. La transpiración se reduce considerablemente cuando el contenido de humedad en el suelo está por debajo de 30% de la humedad aprovechable (Avendaño *et al.*, 2011).

*Fotosíntesis:* cuando ocurre la máxima actividad fotosintética es necesario mantener la humedad del suelo. El cierre de estomas se provoca al disminuir el contenido de humedad y es posiblemente la causa principal de la reducción de la fotosíntesis, pues la vía de entrada de CO<sub>2</sub> a la planta se reduce (Avendaño *et al.*, 2011).

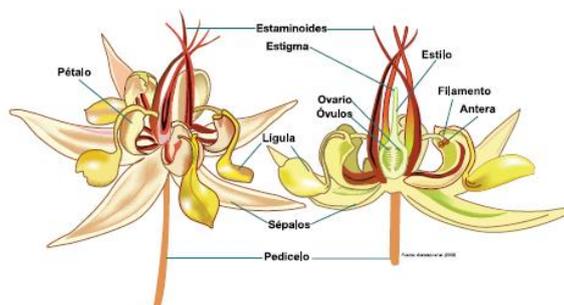
## 6.7 Reproducción

Las flores del cacao son pequeñas y se producen en racimos pequeños llamados cojines florales (entre 14 y 48 flores), que brotan sobre el tronco y ramas principales, sostenidas por un pedúnculo, de donde está pegada la flor de uno a tres centímetros de largo. Típicamente el cacao es cauliflor, es decir que sus flores se desarrollan en el tronco principal.

Los primordios florales nacen endógenamente del floema. El período desde el momento que emerge el botón floral, por sobre la corteza, hasta la apertura de la flor, es de aproximadamente 30 días y este fenómeno está altamente influido por el ambiente predominante.

Las flores tienen el color de acuerdo a la variedad del cacao. Las hay desde el rosado, púrpura y blancas. La forma es de una estrella de cinco puntas. Estas puntas son los pétalos que son estrechos en la base y se encuentran en su extremo formando un pequeño capuchón de un centímetro de ancho. Tiene de dos a dos y medio centímetros de largo. Luego de los pétalos siguen cinco agujas alargadas de color rojizo llamados estaminodios, que sirven también para atraer a los insectos. Luego están los cinco estambres, que son unos bastoncitos que tienen en la punta un saco llamado antera.

El botón maduro inicia su apertura desde las 14:00 horas, generalmente con movimientos muy lentos de los sépalos, los cuales se pueden ver ligeramente separados. La hora en que la mayoría de los botones inician su apertura es a las 17:00 horas. El tiempo que tardan en abrir es muy variable y depende del ambiente. Con más luz y menos humedad ambiental, la apertura es más rápida. La apertura de los botones continúa por toda la noche y permiten ser polinizadas durante el día siguiente (72 horas). Desde que la flor se poliniza, el tiempo requerido para cosechar los frutos es de 6 meses.



Fuente: Somarriba *et al.*, 2010.

Figura 33. Partes de la flor de cacao.

### 6.7.1 Polinización

La reproducción sexual en las plantas es un proceso que inicia con la transferencia de polen proveniente del estigma (parte masculina) hacia el gineceo, la parte femenina (Abrol, 2012). Este proceso permite la fertilización de los óvulos y posteriormente la formación de las semillas (Raskin y Vuturro, 2012). Es decir, primero ocurre la polinización, posteriormente la fertilización de los gametos femeninos por los masculinos y por último maduración de semillas (Kearns y Inouye, 1993). Vectores abióticos como el agua y viento o bióticos como vertebrados e invertebrados, facilitan el proceso de polinización. En muchos casos la variabilidad genética de las plantas depende del fenómeno de polinización cruzada donde los vectores entran a jugar un rol clave; como es el caso del cacao. En *T. cacao* hay muchas variedades con autoincompatibilidad e incluso, incompatibilidad entre variedades. Billes (1941) fue el primero en mencionar que la polinización de *T. cacao* era realizada por *Ceratopogonidae*. Desde ese momento su presencia y eficacia como polinizador se ha confirmado en África (Kaufmann, 1974; Winder 1978), Costa Rica (Young, 1982, 1986; Bravo *et al.*, 2011), Panamá (Córdoba, 2011; Córdoba *et al.*, 2013), Venezuela (Narváez y Marín, 1996), Brasil (Winder y Silva, 1972; Winder, 1978; Soria, Wirth, y Besemer, 1978), Bolivia (Chumacero de Schawe *et al.*, 2016), Indonesia (Groeneveld *et al.*, 2010), Ecuador (Ríos, 2015) y Colombia (Soria, 1971; De la Cruz y Soria, 1972; citados por Gómez, 2018).

El grano de polen es pegajoso y en general sale del saco en forma de grumos, que contienen algunos cientos de granos.

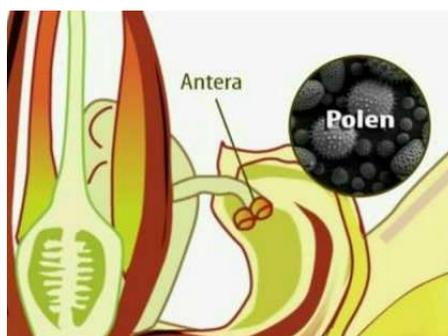


Figura 34. Ovario y granos de polen (Somarriba *et al.*, 2010).

### 6.7.1.1 Polinizadores de cacao

La polinización de la flor del cacao es estrictamente realizada por insectos (entomófila), en este caso, por dípteros pertenecientes a la familia **Ceratopogonidae** (Glendinning, 1972). Los géneros más importantes son **Forcipomyia**, **Dasyhelea** y **Atrichopogon**; siendo **Forcipomyia** el más efectivo (Glendinning, 1972; Bravo, Somarriba y Arteaga, 2010; Córdoba, Cerda, Deheuvels, Hidalgo y Declerck, 2013; Mavisoy, Cabezas, Ballesteros y Somarriba, 2013; Martínez, Narváez y Spinelli, 2000; citados por Gómez, 2018).

Sin embargo, el porcentaje de flores polinizadas por árbol es muy bajo. Se poliniza solamente el 0.01% del total de flores producidas por el árbol y éste puede producir entre 6.000 y 10.000 flores por año (Somarriba *et al.*, 2010; Orozco-Aguilar y López, 2017). Lo anterior genera una gran limitante para la producción de cacao en todos los países productores en África y Suramérica (Winder, 1978; citado por Gómez, 2018).

El bajo porcentaje de polinización en cacao se debe a que (1) las flores son de unos 2 centímetros, (2) las anteras de los estambres se encuentran ocultas bajo los pétalos, (3) las flores no se pueden autopolinizar, (4) las flores solo están abiertas en horas de la mañana y si no son polinizadas, se caen (5) los granos de polen sólo son viables 3 días (6) algunas variedades de cacao son auto incompatibles (Córdoba, 2011; Somarriba *et al.*, 2010; Mavisoy *et al.*, 2013; Orozco- Aguilar y López, 2017; citados por Gómez, 2018).

Las anteras de la flor de **T. cacao** están protegidas por los pétalos de tal forma que solamente un organismo de un tamaño menor a 4 mm pueda pasar por el espacio donde está el polen. Las especies menores a 2 mm no son polinizadoras efectivas, pues su cuerpo no queda impregnado de polen ya que no tocan el estilo cuando pasan por el estaminodio (Somarriba *et al.*, 2010; Córdoba, 2011). Adicionalmente, muchas variedades de cacao son auto incompatibles lo cual hace necesario la presencia de un vector, como los dípteros para poder hacer exitosa la transferencia de polen (Toledo-Hernández, Wanger, Tscharrntke, 2017; citados por Gómez, 2018).

En las flores de cacao hay muchos visitantes pero no todos son polinizadores, un visitante se vuelve polinizador si: sus alas miden de 0.3 a 0.9 mm de tal manera que su cuerpo quede impregnado de polen cuando pasa por las anteras; su cuerpo debe tener pelos o escamas de donde se pegue el polen; sus picos de actividad deben estar sincronizados con la receptividad de las flores y el polen adherido a su cuerpo debe ir a otras flores (Willmer, 2011; Chumacero de Schawe *et al.*, 2016; citados por Gómez, 2018).

El tamaño de los ceratopogónidos varía entre 2 mm a 3 mm de largo. Aquellas especies menores a 2 mm no son efectivos polinizadores pues no tocan el estilo cuando se ubican sobre el estaminodio (Kaufmann, 1975). El tórax de **Forcipomyia spp.** mide 0.16 mm de ancho y 1.0 mm de largo, éste puede acomodarse con muchos granos de polen, cada uno de los cuales mide 16 micras de diámetro. Una gran transferencia de polen se necesita, porque menos de 35 granos de polen en el pistilo puede causar aborto (Kaufmann, 1975 citado por Ghani, 1987; citados por Ramos, 2011).

Los ceratopogónidos llevan el polen en sus cerdas torácicas lo arrastran al interior del estaminodio, se detienen a probar su superficie y, si el estaminodio está paralelo al pistilo, los granos de polen son puestos en el estilo y/o estigma pues el tórax roza contra ellos. Si el estaminodio está oblicuo al pistilo, el polen se deposita solamente en la base del estaminodio. Como el interior del estaminodio es veloso en la base, es imposible para el insecto salir sin frotarse. Además los granos de polen los llevan en toda la superficie del cuerpo, incluyendo antenas, tórax, abdomen y patas, todos ellos cargados de cerdas (Kaufmann, 1975; citado por Ramos, 2011).

Los ceratopogónidos polinizadores pueden visitar entre 300 y 7000 flores en un día (Winder, 1978) cargando en su cuerpo más de 40 granos de polen, número necesario para la exitosa fecundación (Gómez, 2018).

#### a) Familia *Ceratopogonidae*

Hasta la fecha existen 1095 especies de la familia *Ceratopogonidae* reportados en la región Neotropical (Borkent y Spinelli, 2007). Dípteros de esta familia están presentes en casi todas las latitudes y en los ambientes donde haya un poco de humedad. Son de tamaño pequeño, aproximadamente 4 milímetros (Borkent, Spinelli y Grogan, 2009). Las larvas son depredadoras, detritívoras se alimentan de bacterias, hongos y microorganismos presentes en los sustratos en descomposición (Soria, Wirth y Besemer, 1978), viven en ambientes acuáticos y semiacuáticos. Por otro lado, los adultos son herbívoros, succionan néctar de flores, hemolinfa de invertebrados de mayor tamaño o sangre de vertebrados (Ronderos *et al.*, 2011). Con relación a lo anterior, algunas hembras de los géneros *Leptoconops*, *Culicoides* y *Forcipomyia* (subgénero *Lasiohelea*) son hematófagas de vertebrados y necesitan la sangre para el desarrollo de sus huevos (Borkent y Spinelli, 2007). Los ceratopogónidos y nematóceros en general, se alimentan de fluidos, de néctar o de los desechos de los insectos chupadores de plantas (Marshall, 2012). Dentro de la familia hay 4 subfamilias: *Leptoconopidae*, *Dasyheleidae*, *Forcipomyiidae* y *Ceratopogonidae* (Borkent y Spinelli, 2007; citados por Gómez, 2018).

En total hoy en día se reconocen 5639 especies (Roskov, *et al.*, 2017) distribuidas en todas las regiones del mundo. En la Afrotropical hay 916 registradas, en la Neártica 614, en la Oriental 876, en la Paleártica 1537, en Australasia 839 (Pape *et al.*, 2009) y por último en la Neotropical hay 1095 especies registradas (Borkent y Spinelli, 2007; citados por Gómez, 2018).

Borkent y Spinelli (2000), en su catálogo sobre *Ceratopogonidae* del Nuevo Mundo, enumeraron 33 especies del género *Forcipomyia* para la región Neotropical, en donde indican que el grupo de *Forcipomyia argenteola* es el mayormente distribuido en Centro América y el Norte de Sudamérica (Marion & Spinelli, 2008). Por esto, los insectos del género *Forcipomyia* son calificados como los principales agentes polinizadores del cacao, dentro de éste, se ha encontrado que las especies de *F. euorojoannisia*, *F. squamipennis*, *F. ashantii*, y *F. castanea*, son las más efectivas, pues exhiben hábitos eficientes y estructuras adaptadas para tal fin, al contrario de otros insectos ceratopogónidos (Brew, 1984; citado por Ramos, 2011).

Se cree que los *Ceratopogonidae* son más abundantes en la temporada de lluvia (Kaufmann, 1975; Narváez y Marín, 1996) pero se desconoce cómo se desarrollan en temporada seca (Borkent y Spinelli, 2007; citados por Ramos, 2011).

Las características principales de los ceratopogónidos son no tener ocelos; antenas largas generalmente con 13 flagelomeros; casi todos los machos tienen antenas plumosas y las hembras tienen partes bucales prominentes para morder; las venas radiales 1-2 de las alas llegan hasta el margen anterior y usualmente hay una ramificación que llega hasta el margen del ala. Las alas se sobrepone una sobre la otra cuando están descansando (Borkent *et al.*, 2009; Borkent y Spinelli, 2007; citados por Gómez, 2018).

El huevo dura de 3 a 4 días, la larva de 10 a 17 días, la pupa de 3 a 4 días y el adulto de 12 a 16 (Córdoba, 2011; Borkent y Spinelli, 2007). Es decir, el tiempo de vuelo disponible de un adulto para polinizar son solamente 10 días. Las flores pentámeras contienen un ovario que tiene 40 óvulos y éstas puedan tener 4 o 3 moscas dentro de ellas, lo cual garantiza el intercambio genético y la exitosa polinización de los múltiples óvulos (Córdoba, 2011; Córdoba *et al.*, 2013; Bravo *et al.*, 2011; citados por Gómez, 2018).



Hembra

Macho

Figura 35. Mosca polinizadora del cacao *Forcipomyia* spp.

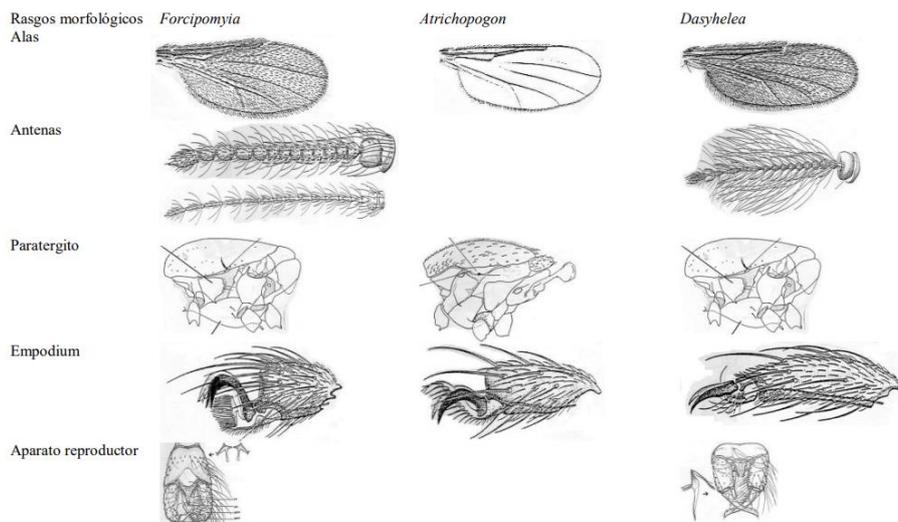


Figura 36. Rasgos morfológicos de adultos de 3 géneros de Ceratopogónidos.

Fuente: retomado de Ramos, 2011.

## I. Hábitos

En lo referente al periodo del día de actividad de los insectos en la labor polinizadora, se conviene en decir que las horas de actividad de *Forcipomyia* son limitadas (Decazy, 1979; Fontanilla, 1961, 1962; Kaufmann, 1975; Masaux, 1976; Winder, 1978 citados por Boussard, 1980). Estos insectos trabajan sobre todo en la mañana y al final de la tarde, prevaleciendo entre las 6 y las 11 de la mañana y después de las 5 de la tarde, periodos que corresponden a las horas de buena receptividad de polen (Boussard, 1980; citado por Ramos, 2011).

Según Winder (1978) las condiciones climáticas del día y las características de las plantaciones del cacao, que probablemente influyen en el microclima, afectan la cantidad de ceratopogónidos en las flores. Algunas especies prefieren condiciones de sombra y frías, mientras que otras requieren condiciones soleadas y abiertas (Hernández, 1965; Jillison, 1980 citados por Elizondo *et al.*, 1988; citados por Ramos, 2011).

Las poblaciones de ceratopogónidos fluctúan mensual y anualmente, pero en general las poblaciones son mayores en la época lluviosa y menores en el periodo seco, debido a los requerimientos de humedad para el crecimiento de los estados inmaduros (Kaufmann, 1974b, citado por Kaufmann, 1975; citados por Ramos, 2011).

Durante la estación lluviosa, los moscas se expanden, pues cualquier vegetal en descomposición es un sitio de cría, pero en época seca, abandonan los lugares abiertos y recurren a las áreas con sombra (Kaufmann, 1974b), por tanto en el cacaotal, el número de especies aunque no el número de individuos, es mayor en época seca que durante lluvias (Kaufmann, 1975; citado por Ramos, 2011).

Las larvas de *Dasyhelea* son acuáticas y semiacuáticas, viven en pequeños cuerpos de agua así como en epífitas, agujeros de los árboles, en bambúes partidos o dañados, en tallos podridos de banano, cáscaras de frutas y en pequeños cuerpos de agua de piedras cerca de los arroyos y ríos, unos pocos son comunes en pantanos del mangle y salinos, también pueden encontrarse en material vegetal muy húmedo (Borkent, 2008; citado por Ramos, 2011).

## II. Alimentación de larvas

Las larvas se alimentan principalmente de bacterias (Besemer, 1978), viven de la biomasa de los microorganismos relacionados con la descomposición del material, y no de la biomasa de las mazorcas en descomposición (Besemer, 1978), también de madera en descomposición, tallos de banana, cáscaras de cacao y otros desechos en estado semilíquido (Kaufmann, 1974). Según Winder y Silva (1972) el alimento de las larvas son hongos, para Saunders (1956) bacterias y levaduras, para Mayer (1934) algas y diatomeas, más que los desechos como tal (Kaufmann, 1974), se alimentan de levaduras, bacterias o hifas de hongos saprofitos (Dessart, 1961; Kaufman, 1973, 1975; Posnette, 1958; Soria, 1973, 1974, 1978; Winder, 1977, 1978, 1972 citados por Boussard, 1980). En laboratorio, las más altas tasas de crecimiento de larvas de *Forcipomyia*, pueden encontrarse alimentándolas con *Pseudomonas sp.* y *Xanthomonas sp.* (1.1 mm/día). Tasas más bajas de crecimiento se observaron en cultivos de *Mucor sp.*, el único hongo en el cual pudieron crecer las larvas (Besemer, 1978). Las larvas de *Dasyhelea* se alimentan de detritos y algunas de carroña (de insectos muertos) (Borkent, 2008; citado por Ramos, 2011).

## III. Alimentación de adultos

Los adultos necesitan de una alimentación de fluidos vegetales para sobrevivir (Dessart 1961; Kaufman 1973, 1975; Posnette 1958; Soria 1973, 1974, 1978; Winder 1977, 1978, 1972 citados por Boussard, 1980). Una fuente adicional de azúcar aparte de la provista por las flores de cacao, es necesaria para la supervivencia de los adultos de *Forcipomyia spp.* (Besemer, 1978). En laboratorio, la más alta longevidad ocurre si las hembras de *Forcipomyia spp.* son alimentadas con 20 % de sacarosa solamente (Besemer, 1978; citado por Ramos, 2011).

El hecho de que la maduración de los ovarios en la hembra de *F. inornatipennis* alimentadas con soluciones de azúcar solamente, sugiere que esta especie es principalmente un chupador de néctar, aunque no se puede descartar la posibilidad de que sea chupador de sangre (Kaufmann, 1974; citado por Ramos, 2011)

#### IV. Enemigos naturales y hospedantes alternos de ceratopogónidos

Los principales enemigos naturales reportados para *F. squamipennis* incluyen ácaros, colémbolos, hormigas, dermápteros y quilópodos, los últimos tres son activos depredadores de larvas y pupas. Los colémbolos se alimentan cuando no hay resistencias. Se menciona también a nemátodos y esporozoos como entomoparásitos de ceratopogónidos (Mayer 1934 citado por Kaufmann, 1975; citado por Ramos, 2011).

El ácaro trombiculido puede succionar grandes masas de huevos (hasta 80 en 20 minutos), también pueden atacar adultos (Kaufmann, 1975). La mayor parte de los dermápteros o tijeretas tienen hábitos carroñeros, aunque algunas especies son omnívoras. Pueden alimentarse de insectos de cuerpo blando como pulgones (Urbaneja, 2005 citado por Mavisoy y Cabezas, 2009; citados por Ramos, 2011).

Algunos de los ceratopogónidos polinizadores del cacao son atraídos también por otras plantas como: flores de *Plumbago zeylanica*, *Galphimia glauca*, *Duranta pruri*, y hojas de *Citrus sp.* y *Alternanthera sp.*. La presencia de éstas en las plantaciones reduce la cantidad de moscas volando en las flores del cacao (Kaufmann, 1975; citado por Ramos, 2011).

##### 6.7.1.2 Incompatibilidad en cacao

La incompatibilidad sexual es un fenómeno genético regido por un proceso químico en el momento del reconocimiento, aceptación o rechazo del polen, lo cual se produce en el tubo polínico de la flor receptora y en algunos casos en el estigma. La compatibilidad sexual se expresa en términos de porcentaje de flores que presentan amarre de fruto en un proceso de polinización manual o artificial (Wood y Lass, 1985; citados por Avendaño *et al.*, 2011).

Cuando las flores de una planta son debidamente polinizadas, con una efectividad mayor de 30%, por polen de ella misma o por polen de flores del mismo árbol, la planta es autocompatible. Cuando la flor no acepta su propio polen o polen del mismo árbol se le denomina autoincompatible. Cuando las flores de una planta generalmente autoincompatible son fecundadas con polen de otra planta, se dice que es un cruce compatible con ella y se reconoce como intercompatible. Cuando la flor no puede ser fecundada con polen de otra planta se dice que es un cruce inter incompatible. La no fusión de los gametos puede ocurrir en 25%, 50% o 100% de los óvulos, que en cacao fluctúa entre 50% y 60%. Cuando una flor de cacao recibe menos de 25 granos de polen o son fecundados menos del 50% de los óvulos de la flor, ocurre la marchitez del chilillo debido a factores genéticos (marchitez diferencial) (Avendaño *et al.*, 2011).

Con base a lo anterior en cacao se consideran varias situaciones de compatibilidad:

##### a) Autocompatible

Capacidad que tiene una planta o un grupo de plantas genéticamente idénticas (clon) de fecundar sus propias flores y lograr la producción de frutos. Ejemplo de clones que se autopolinizan: CATIE-R1, CC-137, ICS-95, ICS-6, ICS-1, CCN-51, Indio rojo, EET-544, ETT-558, EET-575, EET-576, UF-221, UF-654, UF-668, UF-296, UF-29, UF-650.



Figura 37. Flor autocompatible: polinización entre la misma flor o flores del mismo árbol (Somarriba *et al.*, 2010).

## b) Autoincompatible

No se polinizan flores del mismo árbol. Ejemplo: CATIE-R4, CATIE-R6, PMCT-58, IMC-67, UF-613, EET - 400, ICS-78, ICS-60, ICS-39, TSH-565, UF-667, SPA-9, Pound-7.



Figura 38. Plantas autoincompatibles (Somarriba *et al.*, 2010).

## c) Intercompatible

Capacidad que tiene una planta o clon de fecundar las flores de otra planta o clon genéticamente distinto. Razón por la cual deben mezclarse varios clones dentro de una plantación. Ejemplo: CATIE-R1, CATIE-R4, CATIE-R6, EET-544, EET-558, EET-575, EET-576.

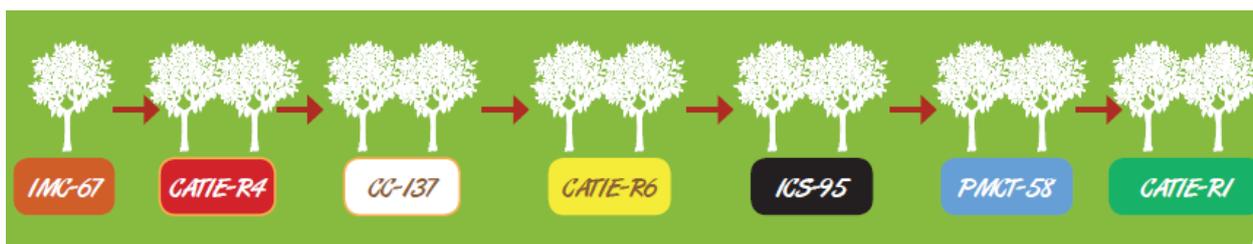


Figura 39. Modelo de intercalar clones propuesto por CATIE (CATIE, 2016).

### 6.7.1.3 Polinización cruzada (manual)

Este proceso lo debe realizar personal debidamente capacitado, para obtener un alto porcentaje de cuaje de frutos. Se seleccionan flores vigorosas de diferentes árboles, tanto la que se polinizará como la que proporcionará el polen.

A la flor que se polinizará se emascula (se eliminan los estambres) y se deja solo el ovario con el pistilo. La flor proveedora de polen la que fue cortada de otros árboles, se le corta el ovario para que facilite la extracción del polen, lo cual consiste en frotar las anteras sobre el estilo del pistilo.



Estaminodios y estambres



Ovario listo

Figura 40. Proceso de polinización artificial (manual).

Cuadro 7. Compatibilidad de clones.

<b>Clon</b>	<b>Compatibilidad</b>	<b>Intercompatibilidad</b>	<b>Interincompatibilidad</b>
CATIE-R1	Autocompatible	CATIE-R4, CATIE-R6, ICS-95, PMCT-58, IMC-67	CC-137
CATIE-R4	Autoincompatible	CATIE-R1, CATIE-R6, ICS-95, PMCT-58, IMC-67	CC-137
CATIE-R6	Autoincompatible	CATIE-R1, CATIE-R4, ICS-95, PMCT-58, CC-137, IMC-67	
ICS-95	Autocompatible	CATIE-R1, CATIE-R4, CATIE-R6, PMCT-58	CC-137, IMC-67
PMCT-58	Autoincompatible	CATIE-R1, CATIE-R4, CATIE-R6, ICS-95, PMCT-58	ICS-95, IMC-67
CC-137	Autocompatible	CATIE-R1, CATIE-R4, CATIE-R6, PMCT-58	ICS-95, IMC-67
IMC-67	Autoincompatible	CATIE-R1, CATIE-R4, CATIE-R6	ICS-95, PMCT-58, CC-137

Clones considerados como donadores universales de polen: IMC-67, Catongo, P-7, P-12, UF-29, SCA-6, SCA-12, CCN-51, Porcelana, SPA-9, PA-121, UF-613, EET-400, EET-575, EET-576, EET-111, EET-103, EET-116, ICS-95, CC-137, CC-9.

## 7. REQUERIMIENTOS EDAFOCLIMÁTICOS Y RELIEVE

La temperatura y la lluvia son consideradas como los factores climáticos críticos para su desarrollo y pueden por lo tanto, restringir las zonas de cultivo.

Las condiciones climáticas que demanda el cacao han concentrado su cultivo en un área bastante específica. Sin embargo, bajo condiciones excepcionales, como las del estado de Sao Paulo (Brasil) el cultivo se encuentra en una latitud ligeramente más meridional de lo que tradicionalmente se considera como límite del cultivo, que ha sido denominado "límite frío". Dentro del área del Ecuador terrestre, el límite de frío puede estar determinado por la altitud del lugar, la cual variará al alejarse o acercarse a la línea equinoccial. En algunos lugares de la república del Ecuador se puede encontrar cacao en condiciones relativamente buenas a unos 1300 metros; lo mismo sucede en Venezuela. En el Valle del Cauca (Palmira, Colombia) se cultiva a 1000 metros, con buenos resultados económicos. En el Salvador se obtiene buena cosecha y cacao de buena calidad a altitudes de 1,200 metros.

### 7.1 Temperatura

Según la localidad en que se cultive, el cacao puede crecer económicamente en lugares donde la temperatura no baja de 15 a 15.5° C. En muchos lugares donde se produce cacao la temperatura media fluctúa entre 25 y 28° C, pero se pueden encontrar plantaciones comerciales con buenos rendimientos en lugares cuyo promedio es de 23° C. Los 21° C se consideran como el "límite medio anual de temperatura", ya que es difícil cultivar cacao satisfactoriamente con una media más baja.

El desarrollo de las yemas y el número de emisiones foliares producidas a lo largo del año, se manifiestan con más intensidad durante los períodos en que la temperatura del aire es superior a los 26° C. En los países donde se cultiva cacao se observan dos períodos equinociales, en los que la intensidad de la radiación solar es considerable (Avendaño, *et al.*, 2011).

Se ha observado que la formación de flores se reduce considerablemente cuando la temperatura media es inferior a 23° C, mientras que cuando alcanza 25° C las flores se forman normalmente, siempre y cuando la temperatura nocturna no sobrepase los 27° C. Una temperatura constante de 31° C de día y noche impide la floración. Durante los meses más calurosos, los frutos generalmente maduran entre los 140 y 175 días, mientras que cuando los frutos maduran en los meses más frescos tardan entre 167 y 205 días (Avendaño, *et al.*, 2011).

Técnicamente se maneja una fórmula para estimar el número de días necesarios para la maduración del cacao:

$$N = \frac{2500}{T-9}$$

Donde:

N= Número de días de maduración.

T= Temperatura media diaria, después de la polinización.

## 7.2 Precipitación

La planta de cacao es muy sensible tanto a la escasez como al exceso de humedad en el suelo. La cantidad y distribución de la cosecha de cacao está regulada a menudo más por la lluvia que por cualquier otro factor ecológico. El riego en las áreas de baja precipitación y obras de drenaje donde existen excesos de humedad en el suelo, son prácticas que generalmente pueden aumentar la producción y expandir el cultivo a otras regiones. Para Vásquez *et al.* (2004) y Olivera (1997), la cantidad de lluvia que requiere el cultivo de cacao oscila entre 1,500 – 2,500 mm en las zonas de trópico húmedo y de 1,000 a 1,500 mm en las zonas más templadas, la precipitación más adecuada es la que oscila entre 1,200 y 2,500 mm bien distribuida durante todo el año. Para Rodríguez (2001), el mínimo anual de precipitación requerida o necesaria se sitúa alrededor de los 1,200 mm, siendo preferible una media superior a 1,500 mm (Avendaño, *et al.*, 2011).

## 7.3 Pendiente del terreno

La pendiente juega un papel determinante en el cultivo del cacao, pues no son recomendables aquellas mayores a 30% (Vásquez *et al.*, 2004); son adecuados los suelos planos a ligeramente planos, mientras que en terrenos con pendiente se deberán realizar prácticas de conservación de suelo y agua (Avendaño, *et al.*, 2011).

Por lo general, en pendientes mayores de 15%, las actividades agrícolas se realizan manualmente, en tanto que en pendientes menores se puede hacer con maquinaria agrícola (Paredes, 2003; citado por Avendaño, *et al.*, 2011).

## 7.4 El viento

Ante la presencia de vientos permanentes, las hojas de cacao pierden agua, dejan de trabajar, se secan y mueren. Cuando la velocidad es mayor a 13.6 km/h, provoca la caída prematura de las hojas. En estas condiciones el uso de barreras rompevientos es lo más común y recomendado; si la velocidad no es mayor de 3.6 km/h, los árboles de sombra protegen adecuadamente la planta de cacao para que no sufra daños mecánicos (Avendaño, *et al.*, 2011).

## 7.5 Humedad relativa

La humedad relativa alta, es una condición necesaria para el desarrollo del cacao y especialmente deseable cuando la humedad aprovechable en el suelo es insuficiente, ya que permite disminuir las pérdidas por transpiración. Sin embargo, no existen evidencias experimentales que demuestren que una humedad atmosférica menor pudiera ser perjudicial. En los lugares donde además se presentan períodos prolongados de neblina y nubosidad, los árboles son víctima de ataque de hongos (Avendaño, *et al.*, 2011).

## 7.6 Sombreamiento

Se le considera típicamente humbrófilo (que necesita sombra). Debido a ello, en la mayoría de áreas cacaoteras es muy difícil establecer un cacaotal a plena exposición, debido a los grandes problemas con la maleza y otras plagas (insectos y enfermedades).

El propósito de la sombra al iniciar la plantación no sólo es reducir la luz para reducir la actividad de la planta sino también reducir el movimiento de aire que la perjudica. Una vez que el crecimiento da lugar al auto sombreamiento, la sombra abundante ya no será tan necesaria y podrá iniciarse una reducción gradual hasta alcanzar un buen punto de equilibrio; es decir que no haya ni exceso ni falta de sombra.

La interacción de la luz con la fertilidad es importante ya que, bajo una sombra intensa, una fertilización alta no aumenta mucho la producción; en cambio, con un sombreamiento ligero, el aumento de la fertilización incrementa considerablemente los rendimientos. Por lo tanto, en cada lugar se hace necesario encontrar la relación óptima de estos factores, considerando siempre el factor agua como importante.

En Ghana la evidencia experimental demuestra que los árboles de cacao a plena luz solar, después de algunos años de buena producción, comienzan a disminuir su rendimiento. En otros países también se ha podido observar que la eliminación completa de la sombra, en cacaotales de alguna edad, da por resultado un rápido decremento del rendimiento.

Es necesario mantener un número de árboles permanentes de sombra capaces de producir de un 30 a un 35% de sombreamiento, según los factores ambientales.

## 7.7 Latitud

La mayoría de plantaciones de cacao están localizadas entre los 10° de latitud Norte y Sur de la línea ecuatorial; no obstante algunas se han extendido hasta los 20°. Para López *et al.* (1996), los paralelos más apropiados para cacao son entre 22° Norte y 21° Sur (Avendaño, *et al.*, 2011).

## 7.8 Altitud

La planta se adapta desde los 4 metros sobre el nivel del mar a los 800 metros, considerándose idónea aquella entre los 10 metros y los 400 metros sobre el nivel del mar. El cacao no debería cultivarse por arriba de una altura de 700 metros; sin embargo, existen plantaciones situadas entre 1,000 metros y 1,300 metros con buenos resultados económicos. Parece ser que las temperaturas bajas son la principal dificultad de altitudes elevadas. Aunque el cultivo, se desarrolla en algunas zonas con altitudes de hasta 1,000 metros límite superior sobre el nivel del mar (Benacchio, citado por Ruiz *et al.*, 1999; Ecoprop, 2008), su potencial óptimo se encuentra por debajo de los 600 metros (Olivera, 1997; Menda, 2007; Leal *et al.*, 2007; citados por Avendaño, *et al.*, 2011).

## 7.9 Suelos

El cacao es bastante exigente en cuanto a la calidad del suelo; requiere suelos ricos, profundos, franco arcillosos, con buen drenaje y topografía regular. La parte más valiosa de un suelo de bosque es la delgada capa húmica, con su cobertura compuesta principalmente de hojas, ramas, flores, frutos, otro, en varios grados de descomposición. Esa capa se pierde rápidamente cuando la superficie del suelo queda expuesta a pleno sol, al viento y a la lluvia directa.

Las características principales que se deben examinar al evaluar un suelo para cacao son:

- a) La cantidad de hojarasca de la capa superficial.
- b) El espesor de la capa húmica.
- c) El espesor y la porosidad de capa inferior.
- d) El origen del suelo.

Para plantar árboles de cacao en el suelo debe tener un mínimo de un metro de profundidad, lo que proporciona suficiente espacio para el crecimiento y desarrollo de las raíces.

Un suelo es bueno cuando no tiene factores limitantes para el desarrollo de las plantas, es decir, es profundo, sin mucha piedra, fértil, bien drenado, con poca pendiente. Un suelo es regular, cuando tiene algún factor limitante, pero no muy serio, que pueda modificarse a bajo costo. Un suelo es pobre cuando tiene más de dos factores limitantes para el crecimiento del cacao. Para corregir esas limitaciones será necesario hacer una fuerte inversión, por lo que los suelos pobres son poco recomendables. Un suelo es inadecuado cuando los factores limitantes son graves y muy difíciles o imposibles de corregir.

Otro factor muy importante es el de la retención de agua por el suelo. El agua puede infiltrarse rápidamente o permanecer en la superficie mucho tiempo; los dos extremos son peligrosos para el cacao. En el primer caso, un adecuado sombreado y una buena capa húmica (muchas hojarasca) puede mejorar la retención del agua. En el segundo caso, un buen sistema de drenaje (zanjas) será necesario para eliminar el exceso de agua. En ambos casos el nivel freático debe modificarse adecuadamente.

Por lo tanto, no es recomendable sembrar cacao en:

- a) Suelos pantanosos o anegadizos
- b) Suelos con pendientes muy fuertes
- c) Suelos muy pedregosos
- d) Suelos poco profundos y pobres
- e) Suelos arenosos cercanos al mar

### 7.9.1 Condiciones ideales de humedad del suelo

Un régimen de lluvias ideal, no significa necesariamente una distribución uniforme durante todo el año, sino una distribución de acuerdo con los cambios en las condiciones climáticas que afectan la demanda de humedad del suelo por parte de la planta.

Para una producción óptima de cacao, la provisión de agua al suelo, ya sea por la lluvia o el riego, debe ser tal que mantenga la humedad aprovechable entre los niveles de 50% a 70%. En zonas con precipitaciones superiores a los 4,000 mm anuales, el cultivo de cacao solo es económicamente rentable en suelos bien drenados, ya que la inundación por unos días provoca asfixia de las raíces y la muerte del árbol. Cuando la época de sequía no es muy prolongada se pueden tener cosechas permanentes durante todo el año, mientras que si esta época se prolonga, la cosecha se concentra en períodos cortos (Avendaño, *et al.*, 2011).

Debido a que el cacao desarrolla 95% de sus raíces en los primeros 60 cm de profundidad del suelo (Cadima, citado por Ruiz *et al.*, 1999) en los primeros 30 cm es donde se encuentra el mayor porcentaje de raíces fisiológicamente activas encargadas de la absorción de agua y nutrientes (Zúñiga, 2008). Se consideran como áreas no aptas aquéllas cuyos suelos presentan fases físicas líticas, ya que contienen pedregosidad en sus primeros 50 cm de profundidad, característica que impide el favorable desarrollo de la planta. Es común observar muerte de árboles de cacao debido a que la raíz pivotante encuentra estratos con rocas, una capa dura o una capa impermeable de arcilla. El cacao raras veces prospera en terrenos poco profundos (Vásquez *et al.*, 2004; citados por Avendaño, *et al.*, 2011).

El sistema radical del cacao alcanza aproximadamente 1.5 m, por ello se ha planteado que dentro de las condiciones óptimas del suelo, es necesario tener en cuenta profundidades de más de 1.5 m (Vásquez *et al.*, 2004; Ecocrop, 2008); el suelo debe tener una profundidad mínima de 80 cm, pero es mucho más apropiada cuando alcanzan 1.5 metros. Las propiedades físicas del suelo son consideradas como las más importantes para el cacao, a pesar de la relevancia de las propiedades químicas en la nutrición del árbol (Rodríguez, 2001; citado por Avendaño, *et al.*, 2011).

## **8. VIVERO**

Uno de los puntos más importantes que el agricultor debe considerar, es que el vivero y las semillas certificadas tienen que recibir la mejor atención posible, para proporcionar plantas sanas y vigorosas.

Enríquez (1986), menciona que existe la dificultad de no predecir la capacidad productiva de las plantas resultantes, ya que varía considerablemente aún entre las descendencias de un mismo fruto. El éxito de una plantación de cacao depende de la calidad de las plantas que se llevan al campo definitivo, por lo que es importante brindarles los cuidados necesarios (Avendaño *et al.*, 2011).

### **8.1 Instalación del vivero**

El vivero debe construirse teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

- ✓ El tamaño estará de acuerdo con el número de hectáreas que se vaya a cultivar.
- ✓ En áreas grandes es conveniente hacer varios viveros, distribuidos de tal manera que facilite el acarreo de las plantas a los sitios definitivos de siembra.
- ✓ Debe de estar cerca de una fuente de agua, con el fin de aplicar riegos suplementarios a las plantas.
- ✓ Deben escogerse terrenos planos, que no presenten peligro de inundación. Alrededor del área deben construirse pequeñas zanjas de drenaje.
- ✓ El vivero debe de estar protegido contra vientos fuertes y bien cercado para evitar los daños que ocasionan los animales.
- ✓ Debe tener una sombra apropiada, que proporcione como mínimo un 50% de sombreado, esto se logra (con hoja de palma, con caña brava o con sarán).

## **8.2 Cajas de germinación**

Cuando el cacao es fresco las semillas tienen el mucílago, lo que dificulta la identificación de la raicilla. A los pocos días de sacadas de las mazorcas, las semillas emiten una radícula, que debe tratarse cuidadosamente. En este caso la semilla se debe depositar con la raicilla hacia abajo, procurando no lastimarla. Si no se puede distinguir la raicilla, debido a que los extremos son aparentemente iguales, las semillas deben colocarse horizontalmente, cubriéndolas luego con aserrín.

Las cajas se hacen de madera y deben estar provistas de una capa gruesa de aserrín (10 centímetros) sobre suelo suelto, con buen drenaje. Las semillas se colocan sobre aserrín para que emitan sus primeras raicillas. Este método facilita el proceso de germinación. Las semillas se ponen a una distancia de 3 centímetros unas de otras y se introducen por su parte más ancha o por la raicilla, procurando que el extremo puntiagudo apenas se pueda notar en la superficie.

Las semillas que se reciben de los centros de producción, sobre todo híbridos, deben ser sembradas lo más pronto posible, pues el poder de germinación de la semilla de cacao se pierde rápidamente. No se deben enterrar mucho para que puedan brotar robustas y rápidamente. Si la semilla que se recibe estuviera ya germinada, se deben separar cuidadosamente para no romper sus raicillas y sembrarlas directamente en las bolsas con tierra preparada.

Para mejorar la tierra de la caja, que debe de ser de buen suelo superficial (broza), se debe hacer una mezcla con arena o aserrín y agregarle un poco de abono orgánico (lombricompost), a razón de una carretilla de lombricompost por cada dos carretillas de broza.

El tiempo de permanencia de las plántulas en las cajas de germinación es de 8 a 10 días, pues tienen una raíz pivotante bastante larga; por lo que deben ser trasplantadas a bolsas.

Los clones que se pueden utilizar como patrones son: EET-400, EET-162, EET-95, EET-399, EET-96, EET-62, UF-29, UF-613, UF-654, UF-667, UF-668, P-12, P-7, ICS-6, IMC-67, PA-67, PA-46, PA-121, PA-150, IMC-60, CCN-51, SPA-9, SPA-12; clones que muestran buena aptitud combinatoria y tolerancia a mal de machete: IMC-67, EET-400, EET-399, UF-613, SPA-9, PA-12, PA-121 y PA-132.

## **8.3 Eras o semilleros**

Son eras o camellones, de terreno que ha sido bien removido y levantadas sobre el nivel del suelo. El ancho no debe ser mayor de 1.20 metros para facilitar los trabajos de siembra, limpieza de maleza y riego. No hay límite respecto a su longitud. Las eras deben estar protegidas contra los vientos fuertes y disponer de una buena sombra. Con el propósito de evitar daños por salpique, en la época de lluvia es aconsejable cubrir el suelo del semillero con una capa con cinco centímetros de aserrín.

La profundidad del suelo de los semilleros debe ser de 40 centímetros para facilitar un normal desarrollo de las plántulas. Cuando se verifique el trasplante, la estructura del suelo debe proteger el sistema radical, en especial la raíz pivotante.

A las eras también se les debe agregar broza cernida, arena blanca y lombricompost.

## **8.4 Bolsas**

Las bolsas de polietileno son las de mayor uso en la actualidad, ya que ofrecen ventajas: durabilidad y manipuleo. Existe gran variedad de tamaños; se recomiendan las de 8"x10"x2.5 milésimas de pulgada por lado. Deben estar con agujeros para el drenaje, tanto en la base como

en los lados. El suelo debe estar bien preparado, con base de una parte de buen suelo, una parte de broza cernida, una parte de gallinaza tratada o lombricompost y una parte de arena pómez.

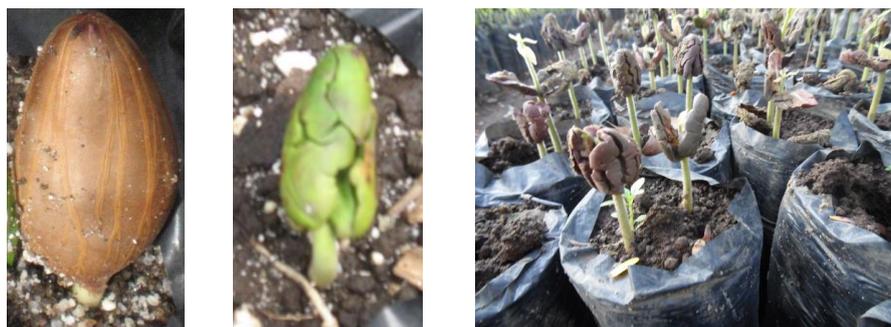


Figura 42. Colocación de semillas y germinación.

### 8.5 Siembra en el vivero

En el vivero las bolsas que contienen las plántulas se arreglan en bloques de 2 o 3 filas para facilitar las labores culturales y el proceso de Injertación.



Figura 41. Vivero con sarán y con sombra de árboles.

### 8.6 Cuidados del vivero

Durante la época seca, el vivero se debe regar diariamente por las mañanas, tratando de mojar bien las hojas y la tierra. La maleza debe eliminarse cada semana, procurando arrancarlas a mano. No se recomienda el uso de herbicidas. Las plantas enfermas o muertas deben mandarse al laboratorio de fitopatología para examinarse y diagnosticar la presencia del patógeno.

Si hay presencia de antracnosis, causada por el hongo *Colletotrichum gloeosporioides*, es necesario controlarla, aumentando la sombra y aplicando caldo bordelés, caldo visosa o biofertilizante.

Si los daños en el follaje se deben a *Phytoththora palmivora*, el tratamiento es el mismo que el anterior.

Se pueden presentar ataques de insectos, como cortadores del tallo, hormigas o pulgones. Para cortadores aplicar *Bacillus thuringiensis* (BST-88) a razón de 50 centímetros cúbicos por mochila de cuatro galones; para hormigas y pulgones aplicar aceite mineral a razón de 200 centímetros cúbicos por mochila de 4 galones.

Las plántulas deben permanecer en el vivero de 2 ½ a 3 meses. No se recomienda sembrar plantas de más edad, debido a los problemas radicales, pues al trasplantarlas, las raíces estarán muy afectadas, y se deberán podar fuertemente.

## 9. TRASPLANTE

Para el trasplante en el campo debe hacerse ante todo el trazado en el terreno. Se puede usar el método de 3-4-5, en el cuál se forma un triángulo con un ángulo recto cuyos lados de 3 y 4 metros forman un ángulo recto, lo que permite hacer una alineación a escuadra.

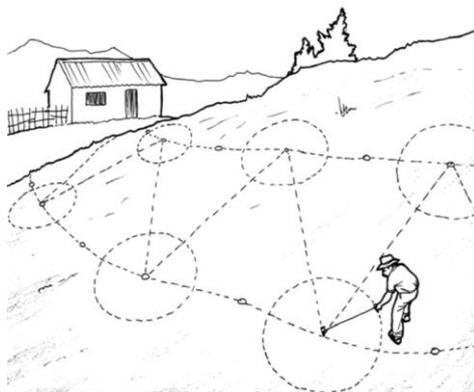


Figura 43. Trazo al tresbolillo.

Se puede usar también el método del triángulo isósceles, es decir, de tres lados iguales; se debe partir de una línea o base principal, para luego proceder a estaquillar y hacer los hoyos.

### 9.1 Distancias de siembra del cacao

De acuerdo con muchas experiencias, se sabe que la distancia de 2m x 2m es adecuada para sembrar cacao híbrido, con la condición de que se eliminen a partir del sexto año todos los árboles débiles o que no producen. De esta manera, se siembran de 1666 a 1111 plantas por hectárea.

Aunque se pueden utilizar distanciamientos de 4x4m, 4x3m o 3x3m. Generalmente al agricultor no le gusta cortar sus árboles cuando los ve algo crecidos.

La ventaja de sembrar a espaciamiento corto es que se aprovechen los altos rendimientos tempranos de los híbridos, pues mientras el cacao común produce a los tres o cinco años, el cacao híbrido comienza a producir desde el segundo año de vida.

La siembra en triángulo o tresbolillo permite un mejor acomodo de las plantas y se coloca en el campo 15% más de plantas por área. En este caso lo recomendable es que el lado del triángulo tenga 3.5 metros, lo cual permite sembrar algo más de 1200 plantas por hectárea.



Figura 44. Siembra al tresbolillo.

### 9.2 Hoyado

Para que las plantas de cacao se desarrollen bien, se recomienda hacer hoyos de 40 cm x 40 cm x 40 cm. Al momento de hacer el hoyo la primera mitad de la tierra se coloca a un lado y la segunda parte que comprende de la mitad del agujero hasta el fondo se coloca al otro lado; antes de colocar la planta en el fondo del hoyo se aplican de 5-8 libras de bocashi, gallinaza, estiércol

bovino o lombricompost, colocar 3 onzas de 10-50-0, luego se aplica la tierra que se extrajo primero, después se completa con la otra parte de la tierra. Con esto, se favorece un buen sistema radical. Al terminar de llenar el hoyo con tierra, se presiona ligeramente alrededor de la planta, para que quede bien compactada con el resto del suelo.



Figura 45. Separación de capas de suelo y aplicación de bocashi.

Para la siembra de una buena plantación de cacao, en el vivero se deben seleccionar las plantas; para ello deben agruparse de acuerdo a su desarrollo. Se pueden utilizar dos criterios: la altura de la planta y el grosor del tallo. Generalmente se debe preferir el segundo criterio. Es aconsejable separar las plántulas en dos o tres grupos: gruesas, medianas y delgadas, o simplemente gruesas y delgadas. Cada grupo se debe sembrar por separado, pues se ha probado que las plantas compiten mejor y producen más cuando tienen un crecimiento inicial más uniforme.

## 10. SISTEMAS AGROFORESTALES CON CACAO (SAF)

El cambio climático representa una de las amenazas más preocupantes para el medio ambiente global, debido al gran impacto negativo que está causando en la salud humana, la seguridad alimentaria, la economía mundial, los recursos naturales y la infraestructura física.

El cambio climático es un fenómeno reflejado en el calentamiento global, causado por el aumento en las concentraciones de efecto invernadero, principalmente el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). EL CO<sub>2</sub> es el responsable del 61% del calentamiento global. Gases de efecto invernadero son: CO<sub>2</sub> (dióxido de carbono), CO (monóxido de carbono), CH<sub>4</sub> (metano), N<sub>2</sub>O (óxido nitroso), CFCS (clorofluorocarbonados), otros. De éstos el CO<sub>2</sub> interviene en la fotosíntesis; por lo tanto, es necesario desarrollar y promover sistemas agroforestales, en este caso cacao con diferentes especies forestales y frutales.

Una forma de mitigar estos efectos y reducir las emisiones, es secuestrándolo, fijándolo o capturándolo y manteniéndolo el mayor tiempo posible en la biomasa vegetal y principalmente en el suelo. El primer caso se logra a través de la fotosíntesis y en el segundo a través de la descomposición y mineralización de la materia orgánica.

Cuadro 8. Biomasa y carbono total en plantaciones de cacao (Perú, 2000).

Edad (años)	Biomasa total (t/ha)	Carbono total (t/ha)
3	3.51	1.75
6	20.83	10.42
10	61.80	30.90

Según Alegre *et al.*, (2002), Lapeyre (2004) los sistemas de plantación van incrementando su edad a través del tiempo, son más vigorosos y por lo tanto, se produce mayor acumulación de

biomasa; es decir, los sistemas con mayor crecimiento e incremento de la biomasa presentan los valores más altos de acumulación de carbono.

Los árboles, base de los sistemas agroforestales, juegan un papel esencial en el ciclo global del carbono, porque cuando una planta crece, progresivamente acumula CO<sub>2</sub> y lo convierte en biomasa (Corral, *et al.*, 2006).

Cuadro 9. Estimación de biomasa y carbono de hojarasca de cacao (Perú, 2000).

<b>Edad (años)</b>	<b>Biomasa total (t/ha)</b>	<b>Carbono total (t/ha)</b>
3	0.31	0.16
6	0.65	0.23

Los contenidos de carbono almacenados en el suelo, son el producto del constante flujo de materia orgánica aportado por la biomasa vegetal (Corral, *et al.*, 2006).

Además el asocio de árboles y cultivos (banano, plátano, cítricos, aguacate, otros) en la plantación de cacao, da lugar a numerosas interacciones ecológicas, agronómicas y económicas, que incluyen la conservación de biodiversidad, suelos, agua y la generación de servicios ambientales como secuestro de carbono. Además cultivos como maíz, plátano o yuca, permite aprovechar mejor los nutrientes del suelo y proveer sombra temporal a las plantas jóvenes de cacao.

El cultivo de cacao con prácticas amigables con la biodiversidad, es una de las alternativas productivas ideales para: recuperación de hábitats, restauración de ecosistemas, protección de especies en peligro y conexión entre bosques nativos. Las especies de fauna y flora nativos, algunas en vías de extinción, encontrarán en el cultivo de cacao un refugio para su desarrollo. Un agroecosistema de estas características eleva el potencial de conservación de una región porque al colocarlo entre reservas naturales y/o bosques remanentes, permite ampliar las áreas en donde la biodiversidad puede existir (Moreno, 2004).

Las plantas tienen la capacidad de captar CO<sub>2</sub> atmosférico y mediante procesos fotosintéticos metabolizarlo para la obtención de azúcares de su ciclo y otros compuestos que requieren para el normal desarrollo de su ciclo vital la fotosíntesis, en general, a través de la fotosíntesis, extraen el carbono de la atmósfera (en forma de CO<sub>2</sub>) y lo convierten en biomasa. La biomasa al descomponerse se convierte en parte del suelo (en forma de humus) o en CO<sub>2</sub> (a través de la respiración) de los microorganismos que procesan la biomasa (Carbajal, 2008).

Con base a lo anterior, los sistemas de cacao con especies forestales maderables y frutales, presentan una mayor acumulación de carbono almacenado en la biomasa aérea arbórea (compuesta por árboles, la vegetación arbustiva y la vegetación herbácea), a su vez, éstos favorecen de manera constante la presencia de abundante hojarasca, funcionando como principal agente de conservación del suelo y agua (almacena carbono orgánico e inorgánico) y excelente controlador de maleza.

La sombra proporcionada al cacao se puede clasificar en cuatro categorías:

- Artificial.
- Inicial o provisional.
- Transitoria.
- Permanente o definitiva.

### 10.1 Sombra artificial

De hojas de plátano, banano o palmas apoyadas en uno o más soportes o estacas. Se pueden usar cuando es la época de lluvia y el suelo destinado a la plantación de cacao está sin ninguna planta de sombra.

### 10.2 Sombra inicial o provisional

Con base de cultivos de subsistencia como yuca, maíz, gandul, que servirán el primer año; mientras se desarrollan las plantas para sombra definitiva (forestales o frutales).



Figura 46. Sombra provisional con gandul.

### 10.3 Sombra transitoria

De bananos, plátanos, gandul, higuerrillo; sembradas con 6 a 9 meses de anticipación al trasplante del cacao, cumplirán su objetivo de protección, y luego su cosecha dará suficientes ingresos para pagar buena parte de los gastos de establecimiento, ya que permanecerán durante los primeros 3 a 5 años.



Figura 47. Sombra transitoria con plátano.

### 10.4 Sombra permanente o definitiva

Este arreglo se debe concebir desde el punto de la agroforestería: sistema sustentable de manejo de cultivos y tierra que procura los rendimientos en forma continua, combinando la producción de cultivos forestales arbolados (forestales y frutales) con cultivos de campo o arables y/o animales de manera simultánea o secuencial sobre la misma unidad de tierra, aplicando además prácticas de manejo que son compatibles con las prácticas culturales de la población local (ICRAF).

Con los sistemas agroforestales se pretende optimizar los efectos benéficos de las interacciones: cacao, maderables y frutales; como alternativas para la conservación de los recursos naturales renovables (agua y suelo) (ICRAF).

La sombra permanente debe estar constituida por árboles que son más altos que el cacao; por tradición se han elegido leguminosas como el pito (*Erythrina spp.*), el cuje, cushin, chalún (*Inga spp.*), madre cacao (*Gliricidium sepium*). Con la posibilidad de elegir especies maderables, como laurel (*Cordia alliodora*), el cedro (*Cedrella odorata*), el palo volador (*Terminalia oblonga*), otros, además de árboles frutales como: aguacate (*Persea americana* Miller), naranja (*Citrus sinensis*) y paterna (*Inga paterna*).



Figura 48. Sombra permanente.

Créditos: Dubón, 2014; VII foro nacional de cacao, Honduras.

La elección de los árboles para sombra permanente debe estudiarse con cuidado, con el propósito de que en el futuro constituyan una ayuda y no un problema a largo plazo.

#### 10.4.1 Distancias de siembra de la sombra

La distancia de siembra de la sombra puede variar mucho, de acuerdo con la especie que se use; se pueden sembrar a distancias de 9m x 9m, 12m x 12m, 15m x 15m y de 18m x 18m.

#### 10.4.2 Regulación de sombra

Los árboles de sombra (llamados dosel de sombra) permanente deben recibir los mismos cuidados que se proporciona al cacao para que brinden una sombra adecuada.

El adecuado control de la sombra es muy importante para la obtención de buenos rendimientos del cacao. La sombra regulada también evita mantener ambientes demasiados húmedos o secos que favorecen el ataque de plagas (insectos, hongos).

Durante el establecimiento de la plantía el porcentaje de sombra debe estar entre 50 y 60%, proporcionado por especies temporales y permanentes. En cambio la plantación adulta, a medida que se va autosombreado con su desarrollo, exige más luz, eliminando la sombra temporal y la permanente, hasta obtener un sombreado entre 30 y 35%.

Cuando hay exceso de sombra, el ambiente se vuelve húmedo y la temperatura baja favoreciendo el ataque de enfermedades como la mazorca negra (*Phytophthora spp.*) y la moniliasis (*Moniliophthora roreri*); igualmente se favorece el ataque de algunos insectos plaga como pulgones y chinches.

Por el contrario, la ausencia de sombra ocasiona serios problemas que deprimen la estabilidad del árbol, alterando el rendimiento.

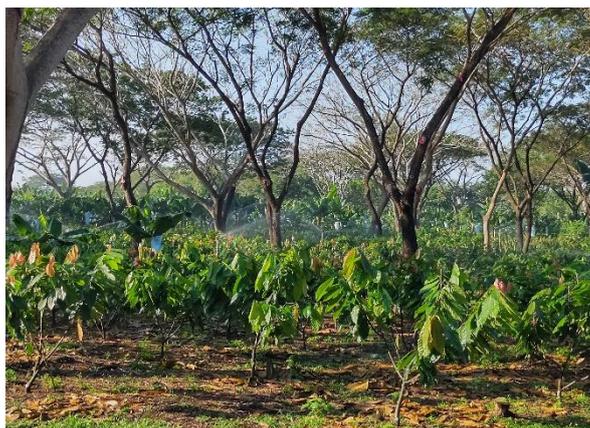


Figura 63. Regulación de sombra.

#### 10.4.3 Beneficios de los árboles de sombra

- ❖ Aumentan la materia orgánica del suelo y protegen contra la acción destructiva del sol permanente y la fuerza de la lluvia que despedaza y arrastra a las partículas, deteriorándolo con la erosión.
- ❖ Ayudan notablemente al control de maleza, sobre todo gramíneas (zacates).
- ❖ Previenen los daños mecánicos del árbol de cacao, causado por los vientos fuertes, porque sirven como cortinas amortiguadoras de su velocidad.

#### 10.4.4 ¿Cómo se calcula cuánta sombra necesita un cacaotal según su edad?

La cantidad de sombra que debe tener el cacao en una plantación, en las distintas etapas de su vida, se toma en cuenta lo siguiente: se delimita una hectárea típica del cultivo y se toman en cuenta tres cosas: 1) El número de árboles de sombra en esa hectárea. 2) El diámetro de copa de cada árbol. 3) La densidad de copa de cada árbol. Una manera más práctica de hacer la medición (aunque un poco menos exacta) es trabajar con un “árbol promedio”, que tenga un diámetro y una densidad de follaje promedio (tomado “al ojo”) de los árboles de la hectárea examinada. Una parcela cuadrada de 100 metros de lado tiene 10.000 metros cuadrados, es decir, 1 hectárea (Orozco y López, 2016).

Cuadro 10. Porcentaje de sombra de un cacaotal según edad.

Edad de las plantas de cacao	Porcentaje de sombra recomendada
Año 1	70
Año 2	60
Año 3	50
Año 4	50
Año 5	40
Año 6	40
Año 7	40
Año 8	30-40
Después del año 8	30-35

Fuente: Orozco y López, 2016.

#### 10.4.4.1 Ejemplo de cómo se calcula el porcentaje de sombra de un cacaotal

Se ha delimitado una hectárea típica de un cacaotal de 10 años de edad y se encontró 120 árboles de sombra, con copas cuyo diámetro promedio es de 8 metros y su densidad de follaje promedio es del 70%. Calcular si la cantidad de sombra está por encima o por debajo de lo que recomienda la tabla (Orozco y López, 2016).

#### Respuesta

Si proyectamos verticalmente cada copa sobre el suelo, obtenemos una sombra circular de 8 metros de diámetro, equivalente a 4 metros de radio. El área de esta sombra circular se calcula multiplicando 3.14 (pi) por el cuadrado del radio (16), lo cual nos da 50.24 m<sup>2</sup>, multiplicando esta cantidad por el número de árboles obtenemos 120 x 50.24 = 6.028.80 m<sup>2</sup>. Ahora comparamos esta área con la de la parcela de muestra, que es 1 hectárea, haciendo la división: 6.028.80 / 10 000 = 0.6, que expresado en porcentaje representa el 60% (0.6 x 100= 60) de sombra (Orozco y López, 2016).

Pero aún no se ha tomado en cuenta la densidad promedio del follaje. Un 70% de densidad de follaje significa que el 70% de los rayos de luz que inciden sobre la copa son bloqueados y que el restante 30% pasa a través de la misma. Multiplicando ambos porcentajes 60% y 70% y dividiendo entre 100 obtenemos: 60 x 70 / 100 = 42%, que representa el porcentaje de sombra en el cacaotal (Orozco y López, 2016).

Según la tabla, a partir del año 8 el porcentaje de sombra debe ser del 30%-40%. Puesto que 42% está por encima de esta cantidad, se concluye que hay que ralear o podar la sombra o hacer ambas cosas (Orozco y López, 2016).

### 11. MANEJO DE LA PLANTACIÓN

El rendimiento del cacao generalmente depende de los cuidados que reciba el cacaotal durante los primeros años de su vida.

Las plántulas deben salir del vivero lo más sanas y vigorosas que sea posible, y de ahí la importancia de atender los viveros con mucho cuidado.

#### 11.1 Limpieza del suelo

Durante el primer año, la labor más costosa y delicada es la eliminación de malas hierbas. En forma general, se dice que el suelo de un cacaotal debe estar limpio todo el tiempo; en la práctica eso es difícil, aunque es posible mantener bastante limpio el cacaotal con 4-6 chapias anuales. Sin embargo, conforme crecen los árboles de cacao, botan hojas que se convierten en broza, que a la vez, además de ser fuente de nutrimentos, evita el desarrollo de maleza.

Un medio recomendado de mantener el área limpia es hacer otros cultivos intercalados, aprovechando los espacios libres. Se puede cultivar frijol, gandul, maíz o cualquier otro de ciclo corto. Si se aplica un poco de abono a estos cultivos, el cacao también puede aprovecharlo. En ese caso las deshieras pueden ser en menor número. Cuando la sombra es adecuada, las malas hierbas no tienen oportunidad de crecer. Las deshieras deben hacerse con machete; al hacerlo con azadón no se debe raspar el suelo, para no dañar la raíz del cacao y no provocar la erosión del suelo.

Durante el primer año de plantío es muy difícil el combate de plagas (maleza, insectos y enfermedades). Hay que tener mucho cuidado, sobre todo con los zompopos, los cuales pueden afectar gravemente las plantas de cacao al deshojarlas o dañarlas.



Figura 49. Control de maleza con machete. (Plantación de 1 año).



Figura 49. Control de maleza con hojarasca de cacao. (Plantación de 6 años).

## 11.2 Fertilización

Antes de iniciar cualquier tipo de fertilización es preciso conocer el nivel de fertilidad natural del suelo. Este diagnóstico se hará por medio de análisis de suelo y análisis foliar. Este último es importante para detectar deficiencias de elementos menores. Sobre la base de esta interpretación se elabora el programa de fertilización (Borrero, 2009).

Una cosecha de cacao seco de 1,000 kg/ha, extrae 44 kg de Nitrógeno, 10 kg de fosfato ( $P_2O_5$ ), 77 kg de Potasio ( $K_2O$ ), 4 kg de Calcio y 5 kg de Magnesio. Por lo tanto, todo suelo que se explota tiende a empobrecerse y a reducir su capacidad de alimentar a las plantas, en consecuencia decae la producción de frutos. Por lo que es necesario mejorar los suelos adicionando oportunamente abonos orgánicos o fertilizantes químicos (Winowiecki, 2007; Borrero, 2009).

En Ecuador con plantaciones a pleno sol, para obtener rendimientos de más 1,300 kg de cacao seco por hectárea es necesario aplicar 150 kg de Nitrógeno, 90 kg de Fósforo y 200 kg de Potasio (Uribe *et al.*, 1998).

Como se mencionó anteriormente, al momento de hacer el hoyo para plantar el cacao se debe colocar gallinaza o lombricompost en el fondo y adicionar fertilizante químico con base al análisis de suelo. Seguidamente a los 3 meses de la siembra, cuando el arbolito está creciendo, es conveniente abonar nuevamente con lombricompost o gallinaza razón de dos libras por árbol, más fertilizante químico.

Durante el segundo año es recomendable poner cinco libras de abono orgánico por planta, esparcidos en un diámetro de 1.50 metros, más fertilizante químico.



Figura 51. Fertilización química, primer año.

Del tercer año en adelante, la recomendación de aplicación de abonos orgánicos se debe incrementar a 10 libras por árbol, en dos aplicaciones por año, más el fertilizante químico.

La fertilización foliar se puede efectuar con biofertilizantes, a razón de 300 centímetros cúbicos por mochila de cuatro galones, cada 21 días. Con esto se nutre la planta y se fortalece el sistema inmunológico, haciéndola más resistente al ataque de enfermedades, principalmente moniliasis y mazorca negra

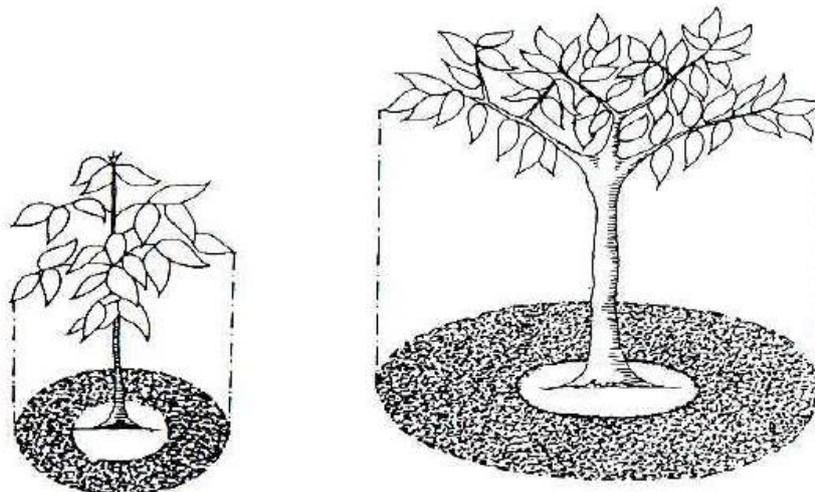


Figura 52. Área de abonado (zona de goteo).

En el siguiente cuadro, se presentan los requerimientos nutrimentales del cacao.

Cuadro 11. Requerimientos nutrimentales del cultivo de cacao.

<b>Etapas fenológicas (kg/ha)</b>	<b>N</b>	<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	<b>K</b>	<b>Ca</b>	<b>Mg</b>	<b>Mn</b>	<b>Zn</b>
Vivero	136	14	151	113	47	3.9	0.5
Primera fertilización	212	23	321	140	71	7.1	0.9
Producción	438	48	633	373	129	6.1	1.5

Fuente: Cocoa growers bulletin, 1980.

Tener presente efectuar por lo menos dos fertilizaciones en la época de lluvia: la primera al inicio de lluvia (mayo-junio) y la segunda en los meses de julio-agosto.

El orden de extracción de los nutrimentos por las plantas de cacao es la siguiente: K>N>Ca>Mg>P>Mn>Zn. Se ha verificado que el potasio, calcio y el nitrógeno son removidos en mayor cantidad por las plantas con edad de 5 años en adelante.

**Cuadro 12. Síntomas de deficiencia de nutrimentos en el cacao.**

<b>Deficiencia</b>	<b>Observación</b>
Nitrógeno	La carencia o deficiencia de nitrógeno se manifiesta en reducción de la velocidad de crecimiento de las plantas. Una planta sometida a condiciones de deficiencia detiene su crecimiento en pocas semanas y rápidamente presenta enanismo. Los requerimientos de nitrógeno están estrechamente relacionados con la intensidad de la luz bajo la cual crecen las plantas: al aumentar la luminosidad aumenta la intensidad del síntoma.
Fósforo	Cuando existe deficiencia de fósforo la planta crece lentamente por falta de raíces absorbentes (pelos absorbentes) y las hojas, especialmente las más pequeñas no desarrollan. Las hojas maduras desarrollan un color pálido en la lámina y en las puntas, mientras que las hojas jóvenes se tornan más pálidas que las venas. Más tarde se queman la lámina de las hojas. El crecimiento nuevo tiene internudos cortos y las hojas se posicionan en ángulo agudo con relación a la rama. Las hojas maduras desarrollan un color verde muy oscuro. Las estipulas permanecen luego de que las hojas han caído.
Potasio	Los síntomas de deficiencia de potasio aparecen inicialmente en las hojas más viejas y se acentúan con el desarrollo de brotes como consecuencia de la translocación del nutriente viejo a tejido joven. La translocación es de tal naturaleza que para el momento en que el brote joven se expande totalmente, las hojas viejas se caen. En las hojas maduras los síntomas se inician como parches intervenales de color verde amarillento pálido ubicados cerca de los márgenes de las hojas, particularmente en la mitad distal. Luego estos parches se necrosan y permanecen en áreas pequeñas aisladas por cierto tiempo y luego se unen para formar un área continua en el borde de la hoja. A medida que la deficiencia se acentúa, las hojas de los brotes y chupones son cada vez más pequeños.
Calcio	Los síntomas de deficiencia de calcio aparecen en las hojas más jóvenes, las cuales presentan parches necróticos que se inician como manchas blancas en la región cerca de los márgenes. Posteriormente estos parches pueden fusionarse para formar áreas necróticas marginales, las cuales son más extensas en las hojas de mayor edad. En casos de deficiencia severa ocurre una caída prematura de las hojas y muerte de los brotes y yemas. En las hojas más viejas la quemazón apical y marginal progresa rápidamente, dejando áreas sanas dentro de la zona necrosada. La deficiencia de calcio, causa disminución de crecimiento de la raíz.
Magnesio	El síntoma típico de la deficiencia de magnesio, aparece como una clorosis que comienza en las áreas cercanas a la nervadura central de las hojas más viejas luego de un tiempo el síntoma se difunde entre las nervaduras hacia los bordes de la hoja.
Azufre	Los síntomas de deficiencia de azufre son a menudo difíciles de distinguir, debido a que se confunden con los síntomas de deficiencia de nitrógeno. Los síntomas se presentan inicialmente en las hojas nuevas que desarrollan un color amarillento brillante incluyendo las nervaduras, sin embargo, no existe reducción marcada del tamaño de las hojas. En las hojas viejas se presentan parches amarillentos de tono pálido, mientras que en las nuevas son inicialmente de color amarillo brillante e incluyen las nervaduras, las cuales pueden ser aún más claras, rasgo este que la diferencia de la deficiencia de nitrógeno.
Zinc	Los síntomas de deficiencia de zinc pueden observarse en la hoja en un estado temprano de su desarrollo y consisten principalmente en deformaciones foliares, cuya gravedad aumenta con los brotes sucesivos.
Hierro	Los síntomas de deficiencia de hierro aparecen primero en las hojas jóvenes. Primero se observa una clorosis intervenal marcada, mientras que las nervaduras permanecen marcadamente verdes. Cuando estas hojas maduran son más delgadas de lo normal y tienen consistencia similar al papel.
Boro	La deficiencia de boro afecta los puntos de crecimiento activo de la planta, por esta razón, los síntomas característicos se presentan en los tejidos más jóvenes, mientras que los tejidos de las hojas maduras aparecen sanos. Uno de los primeros síntomas en aparecer es una reducción en el tamaño de los entrenudos, acompañado de la formación profusa de chupones y de hojas encrespadas en las cuales se curva la lámina hacia el exterior y el ápice se enrosca.

Fuente: INPOFOS, 2007.

A continuación se presentan fotografías de hojas de cacao con deficiencia nutrimental.



Deficiencia de nitrógeno.



Deficiencia de fósforo.



Deficiencia de calcio.



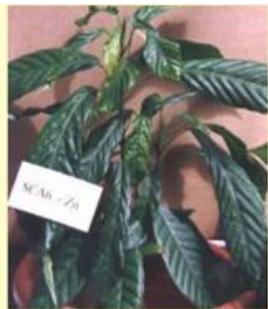
Deficiencia de potasio.



Deficiencia de magnesio.



Deficiencia de azufre.



Deficiencia de zinc.



Deficiencia de manganeso.



Deficiencia de cobre.



Deficiencia de boro.

Figura 53. Deficiencias nutrimentales en cacao (Da Silva *et al.*, 2001).

### **11.3 Poda**

Es la práctica que tiene por objeto cortar o eliminar las partes poco útiles o innecesarias de los árboles. El propósito es mantenerlo sano con buena facilidad de manejo y capacidad productiva.

#### **11.3.1 Objetivos de la poda**

- a) Estimular el desarrollo de las ramas primarias, para equilibrar el conjunto foliar del árbol.
- b) Formar un tronco limpio, con ramas secundarias y terciarias adecuadas.
- c) Controlar la altura del árbol, de modo que la horqueta o molinillo quede aproximadamente entre 1.00 y 1.40 metros de altura; cuando las plantas se originan por semilla (no son plantas injertadas).
- d) Eliminar toda la madera muerta, los chupones o ramas mal dirigidas.
- e) Regular el crecimiento del árbol que en estado silvestre crecería muy alto.
- f) Facilitar las labores de chapia, y las aspersiones para el control de plagas.
- g) Facilitar la cosecha y el acarreo de las mazorcas.
- h) Facilitar el control de las enfermedades por regulación de la luz que entra al centro del árbol y áreas de aspersión.

#### **11.3.2 Cuidados para una buena poda**

La poda es una práctica que en mayor o menor proporción modifica el estado físico y fisiológico del árbol, según el medio ambiente que lo rodea. Así, siempre que se poda, se causa una o varias heridas, es decir, se hace una intervención a su estructura, la que debe ser insignificante. Por eso se debe actuar con cuidado para no excederse en los cortes; no hacerlo al pulso, sino utilizar machete corto o cuta con la ayuda de un mazo.

El árbol que no recibe este manejo comúnmente se llena de excesiva cantidad de ramas y chupones que dificultan las labores de asistencia y favorecen deformaciones que afectan su buena sanidad y rendimiento.

#### **11.3.3 Normas y principios para la poda**

Con el fin de obtener un árbol de cacao bien conformado, para una vida productiva prolongada es necesario tener presente las siguientes normas y principios:

- Es mejor podar en forma suave y con la frecuencia necesaria porque de esta manera casi no se reciente el árbol.
- Debe evitarse la poda fuerte o drástica porque afecta la floración y los frutos pequeños.
- Entre mayor exposición solar tenga la plantación, más cuidadosa debe ser la poda, restringiéndose a deschuponar, eliminación de plumillas y ligeros despuntes.
- Como período normal para la poda puede establecerse cada seis meses, cuando ha pasado la cosecha y en tiempo relativamente seco.

- Cuando la distancia de siembra es corta, la poda debe hacerse más frecuente (cada tres meses).
- Todos los chupones deben eliminarse para que no se formen tallos múltiples o de alturas inmanejables.
- Efectuar cortes limpios, es decir, a ras e inclinados sin dejar tocones que dan mal aspecto al árbol, porque se pudren y facilitan la entrada de hongos y comejenes.
- Simultáneamente con la labor de poda deben eliminarse las plantas parásitas que sean visibles, como matapalos, musgos, otro. A la vez, se debe retirar los trozos de ramas desprendidas de más arriba, pseudotallos de guineo y demás cuerpos extraños, que estén pasando en la copa o ramificación del árbol.
- Las herramientas deben desinfectarse cuando se termine de podar algún árbol enfermo, lo que puede hacerse con Virkon S (disolución de 10 gramos por litro, durante 10 segundos).
- La poda se hace con el fin de alcanzar mayor estabilidad y mayor producción, por esto debe ser bien orientada.
- La poda con un corte o herida mayor de 1.5 centímetros (un poco más de media pulgada) de diámetro debe protegerse con pasta cicatrizante (caldo bordelés).

#### **11.3.4 Clases de poda**

- ✓ De formación, que se hace en los primeros años (1-3) de vida de la planta.
- ✓ De mantenimiento, que se efectúa varias veces en el año; debe hacerse una poda liviana.
- ✓ De rehabilitación, que permite mejorar cacaotales viejos poco productivos o abandonados.
- ✓ Fitosanitaria, que se debe realizar en los tiempos de cosecha, para eliminar hojas, frutos y ramas indeseables.

##### **11.3.4.1 Poda de formación**

Se efectúa entre los 6 y 12 meses después del trasplante de la planta, con el objeto de dejar tres, cuatro o más ramas principales o primarias para que formen el armazón y la futura copa del árbol. Estas ramas principales serán la futura madera donde se formará la mayoría de las mazorcas, lo mismo que en el tronco principal.

Cuanto más tierno sea el material podado, mejores resultados se obtienen. En el segundo y tercer año se eligen las ramas secundarias y así sucesivamente, hasta formar la copa del árbol. Se eliminarán las ramas entrecruzadas muy juntas, y las que tienden a dirigirse hacia adentro.

Es muy común que algunos árboles tengan la tendencia de formar las ramas hacia abajo, debido al sombreado, las ramas son débiles y se doblan hacia el suelo, o por ser una característica genética, como sucede con muchos de los tipos criollos. En esos casos la poda de formación debe ser mucho más cuidadosa, eliminando las ramas o partes que caen en el suelo (despuntada), lo cual estimula el crecimiento de ramas laterales fuertes y hacia arriba.

La poda de formación, especialmente la eliminación de los chupones, debe hacerse con bastante frecuencia, pues cuando más jóvenes se eliminan los chupones, menos se lastimará el tronco. Si el deschuponado se hace cada 15 días o cada mes, entonces la labor puede hacerse a mano o con una cuchilla bien afilada, y la pueden llevar a cabo jóvenes, abaratando así la labor y

produciendo un mínimo de daño al árbol. En la mayoría de los casos no es necesario proteger las heridas con pasta cicatrizante.



Figura 54. Formación del molinillo (Planta originada por semilla).



Figura 55. Poda de formación (planta injertada).

#### 11.3.4.2 Eliminación de chupones

Son tallos que hacen crecer el árbol hacia arriba y terminan formando una horqueta de cuatro a cinco ramas primarias. Debajo de esta horqueta, salen nuevos chupones que vuelven a crecer hacia arriba y forman una nueva horqueta, pero más alta. Si no se cortan los chupones, el árbol tendrá varios niveles o pisos de 15 a 20 metros de altura. Las hojas nacen dándole vuelta hacia arriba al chupón, en forma de caracol.



Figura 56. Eliminación de chupones.

#### 11.3.4.3 Poda de mantenimiento

Desde los dos o tres años de edad los árboles deben ser sometidos a una poda ligera por medio de la cual se mantenga el árbol en buena forma y se eliminen las ramas muertas o mal colocadas.

Esta poda por lo regular puede hacerse varias veces al año; es una poda liviana y se aconseja hacerla en la época seca, para que cuando vengan las lluvias, se estimule el crecimiento de las ramas bien dirigidas.

La cantidad de material que se elimine no debe ser muy grande, por cuanto las mazorcas formadas en el árbol deben ser alimentadas por las hojas; en consecuencia, las podas muy fuertes pueden alterar la producción regular y normal del árbol. Al año siguiente de una poda fuerte puede haber una producción muy alta, pero posteriormente disminuye. Se deben suprimir todos los hijos, chupones o mamones que hayan crecido en el tronco y sobre las ramas primarias.



Figura 57. Poda de mantenimiento.

#### 11.3.4.4 Poda fitosanitaria

Se deben eliminar todas las ramas defectuosas, secas, enfermas, desgarradas, torcidas, cruzadas y las débiles que se presenten muy juntas.

Esta poda también incluye la eliminación de todos los frutos enfermos, o con síntomas de alguna enfermedad, como mazorca negra, moniliasis, otro.



Figura 58. Poda sanitaria (eliminar frutos enfermos).

#### 11.3.4.5 Poda de rehabilitación

Generalmente después de 10 años, y según el plan de manejo, un cacaotal se torna improductivo, ya sea porque se descuidó la poda y creció libremente o porque fue abandonado. En estos casos se puede hacer poda de rehabilitación, que consiste en regenerar estos árboles mal formados o viejos con podas parciales, conservando las mejores ramas, o podando el tronco para estimular el brotamiento de chupones, eligiendo el más vigoroso y mejor situado, próximo al suelo. En esta poda parcial se eliminan las ramas mal dispuestas o caídas al suelo, y todo el material atacado por insectos y enfermedades, madera muerta, otro; dejando un 25% de las ramas en mejor estado. Los árboles reaccionan muy bien si este proceso se acompaña con fertilización y un buen programa de manejo de plagas (insectos, enfermedades y malas hierbas); pueden aumentar los rendimientos de forma permanente por varios años más.



Figura 59. Poda de rehabilitación.

### 11.3.5 Herramientas para efectuar podas

- Machete corto o cuta.
- Mazo de madera.
- Cola de zorra (serrucho curvo pequeño).
- Tijera.
- Gancho u horquilla.
- Escalera.



Figura 60. Herramientas para podar.

#### 11.3.5.1 Machete corto o cuta y mazo

Son útiles para cortar ramas y chupones gruesos. Cuando el grosor es considerable, se recomienda hacer, por el lado de abajo, un pequeño corte antes de cortar por arriba, para evitar desgarres. El corte debe quedar pulido como si fuera de navaja.

El mazo debe ser un trozo de madera o leño macizo, de dos pulgadas de grosor y 30 centímetros de largo.



Figura 61. Forma de podar con machete y mazo. Créditos: Haroldo Dubón.

### 11.3.5.2 Cola de zorra

Se utiliza, cuando es difícil utilizar el machete.



Figura 62. Corte a bisel con cola de zorra.  
Créditos: Haroldo Dubón.

### 11.3.5.3 Tijera

Para podar ramas y chupones delgados, también para cortar las mazorcas y no desgajarlas.

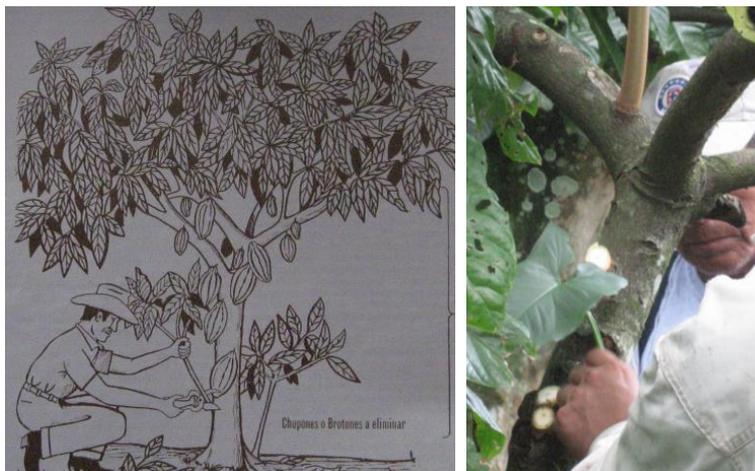


Figura 63. Poda con tijera.

### 11.3.5.4 Gancho u horquilla

Se ajusta en el extremo de una vara larga, recta y liviana para despuntar o cortar y para cosechar partes altas.

#### **11.3.5.5 Escalera**

Escalera liviana, para casos en que el podador no pueda actuar desde el suelo. No debe treparse al árbol porque perjudicaría cierta cantidad de flores y frutos pequeños. Además algunas ramas podrían correr el riesgo de deformarse o romperse por el peso.

#### **11.3.6 Pasta cobre cortes**

Se hace con sulfato de cobre, a un kilogramo agregar agua y 30 centímetros cúbicos de aceite vegetal. Para favorecer la cicatrización y evitar el ingreso de hongos.

## **12. INJERTACIÓN DEL CACAO**

La injertación es un método de propagación vegetativa o asexual. Es una multiplicación de tejidos de la planta con madurez intermedia, que permite dar origen a otra planta con las mismas características del árbol del cual se tomó la yema o tejido; es decir, el árbol obtenido por vía vegetativa conserva las cualidades de producción, tolerancia a plagas (insectos y enfermedades) y otras características de la planta madre.

Las plantas propagadas por injerto son uniformes morfológica y fisiológicamente por poseer las mismas características de la planta madre, población que recibe el nombre de "clon". Para conservar estas plantas se seleccionan yemas o ramas maduras que permiten obtener las características deseables en las nuevas plantas, utilizando cualquiera de los métodos de injertación.

Se describen de forma sencilla y práctica todos los pasos que se deben tomar en cuenta para tener éxito en el proceso de injertación del cacao.

### **12.1 Injerto de parche**

Este método de propagación consiste en injertar una sola yema adherida a una sección de corteza. Es el método más utilizado en cacao.

Después de dos a cuatro meses de haber sembrado la semilla en las bolsas, las plantas alcanzan una altura de 30 a 60 centímetros y sus tallos un centímetro de diámetro (grosor de un lápiz), es el momento de iniciar la injertación siguiendo los pasos que se describen a continuación:

Dos o tres días antes de iniciar la injertación es conveniente regar los patrones para que la corteza se desprenda fácilmente.

Se prepara cada patrón limpiando el tallo con una toalla, para quitar la tierra se eliminan las hojas que están localizadas hasta una altura de 15 centímetros.

Una vez seleccionada la vareta, se escoge la yema preferiblemente del segundo crecimiento de la rama de un diámetro igual al del patrón.

Se toma el patrón y a una altura de 10 centímetros se hacen dos cortes verticales de dos centímetros de largo separados por 1 o 1.5 centímetros, evitando lastimar el leño; posteriormente, en la parte de abajo se hace un corte horizontal para unir los dos verticales, formando una U, con los tres cortes.

Luego con la punta de la navaja se levanta cuidadosamente el pedazo de corteza formado por los tres cortes anteriores. Inmediatamente se toma la vareta y en la yema seleccionada se hacen dos cortes longitudinales y dos verticales alrededor de la yema, de las mismas dimensiones a las realizadas en el patrón, de tal manera que coincidan todos los lados.

La yema obtenida tendrá forma de rectángulo, que al colocarla sobre el corte hecho en el patrón, da la forma de un parche de donde deriva su nombre. Es importante que no quede por debajo de la yema tiras de madera.

Los cortes en el patrón y la yema se deben realizar con el máximo cuidado, rapidez y precisión.

Al extraer el parche portador de la yema se deja parte del pedúnculo de la hoja, lo mismo que la lengüeta en el patrón, con el fin de protegerla al amarrarla.

Una vez colocada la yema, se procede al amarre con una cinta plástica, que tiene 30 centímetros de largo por 1 o 2 centímetros de ancho, asegurando una de las puntas al tallo del patrón en la parte baja de la yema y con el resto de la cinta, se dan dos o tres vueltas al tallo hasta cubrir el pecíolo que protege la yema.

Luego se pasa la lengüeta por encima de la yema y se dan 3 o 4 vueltas hasta llegar a la parte superior del corte y se remata la última con un nudo.

El amarre de la yema se debe hacer de abajo hacia arriba, ajustando regularmente la cinta, la cual debe ser de cualquier color menos negro. Después se traslada la planta injertada a un sitio bajo techo por periodo de 20 días para protegerla de la lluvia y posteriormente se pasa a la zona de endurecimiento con sombra regulada.

En casos extremos cuando haya necesidad de regar después de realizado el injerto, se debe tener cuidado de no mojar la parte donde se hizo el injerto y que está amarrado con la cinta, porque si se llega a humedecer, existe la posibilidad de que se presente pudrición de tejidos.

A los 10 o 12 días se suelta la cinta del injerto y se observa el prendimiento; si la yema ha comenzado a soldar presenta un color igual al del tallo y un aspecto turgente, en caso contrario se habrá perdido. Hay yemas donde la brotación es tan rápida que lo harán antes de los 10 días, como otras que podrán demorar hasta 20 días.

Normalmente una yema bien injertada debe brotar en una o dos semanas (después de la soldadura). Mientras permanezcan verdes, habrá posibilidades de prendimiento pero cuando se secan es necesario reinjertar.

Si el injerto está prendiendo se agobia el patrón en la parte terminal hacia el lado contrario del injerto.

Cuando el injerto haya alcanzado una altura de 10 centímetros, se corta el patrón por encima del injerto, aplicando pasta cicatrizante en el corte del patrón.

Una vez el injerto esté plenamente asegurado es decir, cuando haya alcanzado una altura de 20 a 30 centímetros (a partir del injerto), estará en condiciones de sacarlo del vivero y llevarlo al campo.

Es importante hacer observaciones cada 15 o 20 días, para suprimir los brotes que salgan del patrón, con el propósito de inducir el vigor de la yema injertada o corregir alguna equivocación con el material seleccionado.

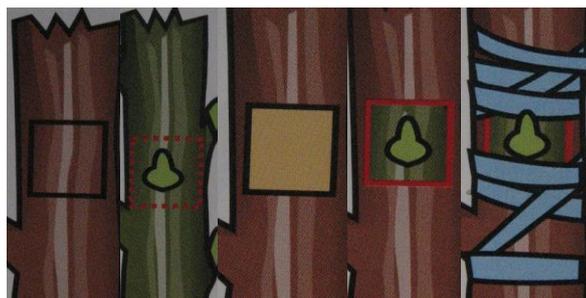


Figura 64. Injerto de parche.



Figura 65. Proceso del injerto de parche pegado y brotado.

### 12.1.1 Modalidades del injerto de parche

#### 12.1.1.1 Microinjertación

Consiste en efectuar injerto de parche, solo que con yemas tiernas que se extraen de la parte terminal de las ramas portayemas (se extraen con bisturí), el patrón también debe ser tierno con 25 a 40 días de haber germinado. El pegue es más seguro y se ahorra tiempo en el desarrollo del patrón.



Figura 66. Yemas terminales.

#### 12.1.1.2 Injerto temprano

El patrón debe estar entre 4 a 5 meses de edad, las yemas que se utilizan son las que están en la parte inferior (las que no les pega el sol) de la rama portayemas.



Figura 67. Yemas inferiores.

### 12.1.1.3 Injerto tradicional

Es la injertación tradicional, se utilizan patrones de 5 a 6 meses de edad y las yemas se extraen de la parte superior (las que les pega el sol) de la rama portayemas.



Figura 68. Yemas superiores.

### 12.1.2 Ventajas

El injerto de parche se efectúa con más rapidez que otros métodos de injertación, por lo tanto se hacen más injertos en el día.

Debido a la escasez de material biológico cada yema es potencialmente apta para producir una planta; por lo tanto, de una vareta se injertan más de cinco patrones.

Este injerto cicatriza más rápido y produce una unión más fuerte, de tal manera que es menos probable que las ramas sean desgarradas por el viento o por el peso.

#### Para un buen pegue se recomienda:

- El injertador debe operar con las manos limpias y la herramienta bien desinfectada, empleando Virkon S (disolución de 10 gramos por litro de agua).
- Utilizar patrones y yemas de la misma edad y como práctica se debe podar el árbol que se va a propagar y al mismo tiempo sembrar la semilla para patrones. De esta forma, las varetas seleccionadas tendrán la misma edad del patrón.

- Mantener los injertos bajo techo durante los primeros 15 días, correspondientes a la etapa de prendimiento y posteriormente bajo sombra moderada en su fase de endurecimiento.

## 12.2 Injerto lateral o de aproximación

Este método consiste en colocar un pedazo de vareta que tiene tres o cuatro yemas en estado latente, sobre un patrón con buenas características para lo cual, se deben seleccionar los patrones y las yemas de acuerdo con las características descritas para el injerto de parche.

El primer corte se realiza horizontalmente en la parte media del tallo del patrón con una inclinación aproximada de 45 grados y un segundo corte a unos 3 o 5 centímetros arriba del primero y se sigue hacia abajo hasta que se intercepta el primer corte y se remueve el pedazo de corteza.

Inmediatamente se reemplaza la porción del tallo cortada en el patrón por el pedazo de vareta procedente del árbol deseado, que tiene entre dos y tres yemas, obtenido mediante un corte similar al del patrón.

Para sostener las yemas adheridas a la vareta, se utiliza una cinta plástica con la cual se hace el amarre de toda el área correspondiente a las yemas y se mantiene por 12 o 15 días.

Cuando se forme el callo y el injerto haya pegado se puede cortar el patrón por encima de la unión para estimular el crecimiento de las yemas, aplicando un fungicida para asegurar la sanidad y evitar el daño por patógenos.

Los patrones injertados en vivero se deben colocar bajo techo para evitar daños causados por el agua de lluvia y en caso de ser necesario; se debe evitar que se humedezca el sitio donde se unieron los tejidos.

Una desventaja de este método, es que se requiere bastante material vegetativo y se deben tener amplios jardines clonales; cuando no se obtiene pegue se puede perder el patrón y también se incurre en un gasto excesivo de cinta.

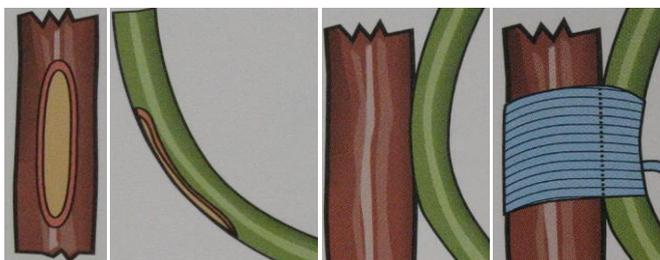


Figura 69. Injerto de aproximación.

## 12.3 Injerto de púa terminal

Como su nombre lo indica, consiste en colocar en la parte terminal de un patrón, el extremo terminal de una vareta seleccionada.

Como en los casos anteriores, el patrón debe ser seleccionado previamente, el cual debe ser del mismo diámetro de la vareta que porta las yemas que se van a utilizar, la cual debe contener de tres a cuatro yemas.

En el patrón a 15 centímetros de altura, se corta la punta en ángulo recto respecto al eje principal, luego se hace un corte vertical en el centro (médula) aproximadamente de dos centímetros.

Posteriormente en el extremo basal de la parte terminal de la vareta se hacen dos cortes lisos a los lados, de la misma longitud de la incisión hecha en el patrón que de la forma de cuña, de tal manera que encaje en la hendidura del patrón.

Con cinta se amarra fuerte los dos cortes para mantenerlos juntos mientras pega y se forme callo.

La desventaja de este método, es que se requiere de gran cantidad de varetas porta yemas y se corre el riesgo de perder el patrón en el caso de no obtener éxito en la injertación.



Figura 70. Injerto de púa Terminal.

#### 12.4 Injerto de enchape lateral (púa lateral)

Este tipo de injerto se puede hacer de dos formas: con material no leñoso, es decir que el patrón posea un grosor de 1 cm de diámetro y la veta también, luego se efectúa el enchape de manera similar como se hace en aguacate. La otra forma es con material leñoso, es decir que el patrón puede tener más de 2 pulgadas de diámetro y la veta 1 cm de diámetro, pero en estado sazón y que posee de 3 a 4 yemas con posibilidad de brotar, como se observa en las figuras 70.1 y 70.2.



Figura 70.1. Injerto de enchape lateral con patrón viejo y veta sazón.



Figura 70.2. Injerto de enchape lateral, pegado y en desarrollo.

##### 12.4.1 Injerto de enchape lateral modificado

El injerto se hace sobre patrón viejo, como el caso anterior, la diferencia está en que la veta, se desbasta hasta la zona del cambium (corazón), que contenga 2 a 3 yemas. Se hace muesca y ensamble como se observa en las figuras 71.1 y 71.2. Se amarra con cinta para injerto, para

propiciar la unión efectiva entre las dos partes, luego se envuelve con película termo encogible, a los 12-15 días se despega la película para verificar el pegue.



Figura 71.1. Injerto de enchape lateral modificado.



Figura 71.2. Injerto de enchape lateral modificado, pegado y desarrollado.

Estos tipos de injerto se recomiendan cuando existe suficiente material para injertar o cuando se desea efectuar cambio de copa.

### 13. MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS

Al cacao le atacan varias plagas (plaga es cualquier organismo macro o micro como: insecto, bacteria, hongo, virus, fitoplasma, rata, babosa, maleza, otro; que causa daño a los cultivos y que tiene significado económico para el agricultor; tanto por el daño que causan como al ponerlas bajo control), en este manual se mencionan las que pueden incidir significativamente en el rendimiento.

El manejo integrado de plagas consiste en hacer uso de varias tácticas y estrategias para poner bajo control diferentes plagas que pueden estar afectando el cultivo de cacao.

Descripción de plagas insectiles.

#### 13.1 Chinche de la mazorca: *Monalonion dissimulatum* Dist.

La falta de poda produce plantas con copas muy altas y cerradas que proyectan mucha autosombra, limitan la floración y crean un ambiente adecuado para la proliferación de plagas (insectos y enfermedades).



inclemencias del invierno; y la partenogénesis, para reproducirse ininterrumpidamente durante el verano, con alternancia de plantas hospedantes.

Los áfidos causan daños directos a las plantas al extraerle la savia, que puede ser en grandes cantidades debido a las altas poblaciones que alcanzan, debilitándolas. También causan cambios fisiológicos que inducen modificaciones en el metabolismo de las plantas a favor de ellos, exteriorizándose en forma de agallas, amarillamientos o deformaciones.

Al succionar más savia de lo que permite la capacidad de su cuerpo, excretan el exceso en forma de líquido azucarado (mielecilla) que cubre las plantas afectadas, afeando su aspecto y haciéndolas pegajosas al tacto, atrayendo las hormigas, o bien sirviendo de sustrato al hongo llamado fumagina (*Capnodium sp.*) que además de interferir con la función clorofiliana y respiración, le quita valor comercial a las partes comestibles.

En plantaciones de cacao en diferentes sitios de Guatemala se ha identificado a la especie *Toxoptera auranthi* con más frecuencia (com. pers. Ing. Filadelfo Guevara).



Figura 74. Pulgón (*Toxoptera auranthi*) en flores y hojas.

#### 13.4 Cochinilla harinosa: *Pseudococcus calceolariae* Maskell, *Pseudococcidae* (*Hemiptera: Sternorrhyncha*)

Las cochinillas harinosas son insectos que se caracterizan por tener el cuerpo blando de forma ovalada, aplanados del dorso y ventralmente, patas pequeñas y de tamaño que varía entre 3 y 4 mm de largo. No poseen una división marcada entre los segmentos del cuerpo que se encuentra cubierto por una especie de polvo ceroso de color blanco. Posiblemente la función de la cera es separar de su cuerpo la mielecilla que expelen (Ripa *et al.*, 2008).

Las cochinillas harinosas pueden encontrarse en frutos, hojas, troncos y raíces de muchos hospedantes, en forma simultánea o avanzando de acuerdo al desarrollo fenológico de la planta y a las condiciones ambientales de la temporada (Proboste *et al.*, 2010).

##### 13.4.1 Biología

Las hembras son vivíparas, es decir, las ninfas migratorias nacen directamente de la hembra, por lo tanto no genera saco ovígero. Cada hembra produce entre 90 y 220 ninfas migratorias dependiendo de la época del año y la estructura del árbol sobre la cual se alimentan, la mayor fecundidad se presenta en época de verano sobre brotes de aguacate (Ripa *et al.*, 2008).

Estos insectos son altamente dimórficos sexualmente. La hembra adulta es sedentaria, larviforme y áptera, con la cabeza y el tórax fusionados y la segmentación abdominal frecuentemente sin definir. Usualmente las hembras poseen dos o tres estados inmaduros y las patas están frecuentemente reducidas o ausentes. Las hembras se fijan al hospedante utilizando principalmente sus estiletes bucales (Ramos y Cerna, 2004).

Cada cochinilla hembra tiene cuatro o cinco estados de desarrollo: el huevo, dos o tres estados inmaduros (ninfas) y el adulto (estado de imago). Las hembras ponen los huevos en una cavidad debajo de su cuerpo o en una cubierta cerosa (ovisaco) que puede estar adherida a su cuerpo, o la hembra puede retener los huevos en su tracto reproductivo hasta que los estados jóvenes están listos para eclosionar (Ramos y Cerna, 2004).

Los machos de las cochinillas tienen un total de cuatro instares inmaduros o preimagos incluyendo estados similares a una metamorfosis completa (holometábola), involucrando uno o dos estados semejantes a pupas. Estos son llamados la prepupa y pupa y se desarrollan sobre una cubierta escamosa o dentro de un pupario de cera que puede ser producido por el segundo instar (Ramos y Cerna, 2004).

Los estados de pupa y el macho adulto nunca se alimentan (no poseen piezas bucales); los adultos tienen una vida corta (a lo sumo unos pocos días) y tienen un tiempo limitado para buscar a las hembras sedentarias para el apareamiento (Ramos y Cerna, 2004).

#### 13.4.2 Daño

Se alimentan principalmente del floema o del parénquima, y sus rangos de asociación con hospedantes van de monófago a polífago (Ramos y Cerna, 2004).

El daño causado a su hospedante puede ser grave cuando las poblaciones de cochinillas harinosas son elevadas, llegando a matar la planta por succión de savia. Pueden inyectar toxinas y transmiten virus o secretan mielecilla que se convierte en sustrato de hongos que producen fumagina y reducen la fotosíntesis normal (Proboste *et al.*, 2010).

Preferentemente les gusta alimentarse de brotes tiernos, que como efecto de la succión de la savia se deforman y encarrujan, como se muestra en la figura 75 y los daños son de tres tipos:

- ✓ De tipo trófico, al alimentarse de la savia de las plantas inyectando toxinas y transmitiendo virosis.
- ✓ De naturaleza cosmética o de calidad, debido a la presencia de manchas de aspecto aceitoso en frutos y hojas, derivados de la secreción azucarada. Ésta constituye una fuente de alimento para las hormigas quienes transportan esporas del hongo negro (hollín o fumagina), estableciéndose, posteriormente, en hojas y frutos.
- ✓ De tipo cuarentenario. Es el más importante. Los insectos, al ubicarse en los frutos y depositar en ellos lanosidades y masas de huevos, provocan rechazos por el hallazgo de ejemplares vivos sobre el hospedante. Actualmente existe tolerancia cero en inspecciones de frutas de exportación (Castro, 2010).



Figura 75. Ataque de cochinilla harinosa en brotes de cacao.

#### 13.4.3 Mutualismo entre hormigas y cochinillas

Muchas hormigas cuidan especies de cochinillas para colectar miel de secreción (alimento importante para las hormigas porque es rico en azúcares, aminoácidos y ceras), pero en algunas asociaciones hormiga-cochinilla, éstas también son depredadas por las hormigas, tal vez como

una fuente de proteínas y lípidos o como un medio de regular sus recursos alimenticios. Estas asociaciones se conocen como *trofobiosis*: relación mutualista de evolución convergente entre hormigas (*Hymenoptera: Formicidae*), *Auchenorrhyncha* y *Sternorrhyncha*. Las hormigas cuidan las cochinillas deteniendo a predadores y parasitoides y adicionalmente removiendo la miel de secreción, la cual afecta las comunidades de cochinillas y sirve como sustrato para las fumaginas y para otros hongos (Ramos y Cerna, 2004).

Las hormigas pueden cargar cochinillas en sus mandíbulas hacia sitios convenientes para la alimentación, incluso hacia diferentes plantas; de hecho, la *foresia* (transporte de coccoideos por hormigas) puede ser un fenómeno muy generalizado, aunque no es claro que todas las hormigas carguen escamas blandas o que las hormigas discriminen especies de cochinillas e instares. La íntima asociación de las hormigas con las cochinillas, especialmente en envolturas o nidos, puede reducir las enfermedades de las cochinillas debido a las sustancias antibióticas secretadas por las hormigas. Esta protección química puede beneficiar más a las cochinillas en climas tropicales (Ramos y Cerna, 2004)



Figura 76. Mutualismo entre hormigas y cochinillas.

#### 13.4.4 Hospedantes alternos

Especie común en aguacate, cítricos (mandarinas y naranjas, principalmente); también le gusta el mango, guayaba, maracuyá y una amplia variedad de especies de plantas ornamentales y forestales (Ripa *et al.*, 2008).

#### 13.4.5 Detección mediante el uso de trampas con cartón corrugado

Esta es otra forma de monitoreo, que permite también detectar los estados móviles y oviposturas de la plaga. Se sugiere colocar mínimo una trampa por árbol, en 20 árboles por huerto, seleccionados al azar, de manera que se considere toda la superficie del huerto (Castro, 2010).

- Hacer una incisión en el tronco, para generar savia.
- Colocar un cartón corrugado de unos 15 cm, en el contorno del tronco amarrado con alambre, con la parte corrugada hacia adentro.
- Observación de la parte corrugada que se colocó hacia adentro, una vez por semana.
- Colocar a fines de invierno. Monitorear durante todo el año, en forma semanal (Castro, 2010).

En las imágenes a continuación se muestra la ubicación de los cartones corrugados y las capturas:



Figura 77. Monitoreo de cochinilla harinosa y enemigos naturales (Castro, 2010).

#### 13.4.6 Control

Se reporta que la cochinilla harinosa puede ser atacada por los parasitoides: **Cocophagus sp.**, **Pseudophycus sp.**, **Tetracnemoidea sp.** y posiblemente por **Anagyrus sp.**; por depredadores como: **Cryptolaemus monstrouzeri**, **Mimoscyrnus macula**, **Symphorobius sp.** y **Crysoperla spp** (Ripa *et al.*, 2008; Proboste *et al.*, 2010).

Además puede ser controlada con entomopatógenos como: **Beuaveria bassiana** y **Metarhizium anisopliae** (Castro, 2010).

#### 13.5 Mosquito del cacao: **Helopeltis theobromae** Miller (*Hemiptera: Miridae*)

##### 13.5.1 Daño

Tanto la ninfa y adulto de **Helopeltis** dañan las mazorcas tiernas del cacao y los pedúnculos, y solo un individuo puede producir aproximadamente de 25-35 lesiones por día. Las lesiones frescas son acuosas y de un color verde oscuro. Las lesiones se vuelven oscuras y suavemente cóncavas. Las lesiones viejas también son oscuras pero usualmente son convexas (End *et al.*, 2014).

Las infestaciones en los brotes a menudo ocurren cuando hay pocos chilíos o como una alternativa de recurso de alimentación. Las infestaciones en los brotes puede ser reconocidas por su forma oval y de color negro, que son de 4-7 mm de longitud. **Helopeltis** se alimenta del tejido parenquimatoso de la cáscara del fruto de cacao, y esto induce a marchitez. Brotes jóvenes, especialmente los de tres meses de edad, tienen poca oportunidad de sobrevivir. Existe un daño de chinche que llega como plaga secundaria u enfermedades y severas infestaciones en el brote de cacao llevará a resquebrajarse la vaina. Las Vainas usualmente mueren debido a la infestación del mismo **Helopeltis** o por una infestación de hongos a través de las lesiones. En serias infestaciones, el árbol entero se ve quemado (End *et al.*, 2014).

La plaga está distribuida ampliamente en el sur este de Asia incluyendo Malasia, Indonesia, Papua Nueva Guinea y noreste de India; ahora en Guatemala y posiblemente en otros países de Centroamérica. Plantas hospedantes son: mango, castaño, guayabo, **Acalypha spp.** y cereza japonesa (End *et al.*, 2014).



Figura 78. Ninfa y adulto de *Helopeltis* (5.5 mm de largo).  
Fuente: End *et al.*, 2014.



Figura 79. Frutos afectados por ninfas y adultos de *Helopeltis*.

### 13.5.2 Control

Aspersiones de extractos de Neem y entomopatógenos con base de *Beauveria bassiana* acompañados de regulación de sombra.

### 13.6 Descortezador y barrenador de troncos y ramas: *Steirastoma breve* Sulzer (Coleoptera: Cerambycidae)

El barrenador de tallos y ramas del cacao, se destaca como una de las plagas de mayor importancia económica en el cultivo de cacao de algunos países de Sur América (Venezuela, Brasil, Surinam, Argentina, Ecuador, otro); Centro América (Da Silva y Mendes, 1984); Islas del Caribe (Trinidad y Tobago, Grenada, Martinica, Puerto Rico, Jamaica, otro).

Son coleópteros de coloración grisáceo con algunas manchas oscuras sobre los élitros. Generalmente los adultos miden entre 18 y 20 milímetros de largo, tienen piernas negras y antenas largas, sus larvas abren galerías típicamente espiraladas en las ramas, y su ataque daña la parte leñosa de las plantas, causando marchitez de las ramificaciones atacadas. En plantas jóvenes de cacao, de hasta dos años de edad el secamiento de las plantas es casi por completo (Sánchez, 2011).

#### 13.6.1 Ciclo biológico

Con base a la longevidad de los adultos, el ciclo de vida desde huevo hasta adulto es de 68 a 189 días para el macho y de 93 hasta 238 días para la hembra (Mendes y Garcia, 1984).

La fase de huevo es de 3 a 7 días, colocados en grupos de 15 y la hembra puede oviponer desde 21 hasta 180 huevos en un período de 62 días; la fase de larva tarda entre 40 y 110 días; la fase de pupa entre 5 y 14 días. Los adultos emergen durante el día, permanecen en reposo cerca de 24 horas, después inician la actividad de alimentación. Generalmente puede haber hasta 4 generaciones en promedio por año (Mendes y Garcia, 1984).



Figura 80. Larva, pupa y adultos de *Steirastoma breve*.

### 13.6.2 Daño

La hembra perfora un orificio en la corteza en el cual pone sus huevos. Las larvas devoran primero los tejidos bajo la corteza y luego excavan galerías en la madera. Los árboles jóvenes son muy sensibles a estos daños. El manejo de esta especie es difícil por ser polífagas, por lo cual tienen muchos hospedantes alternativos (Ramírez y Rodríguez, 1999).

Las larvas de *S. breve* inician el proceso de alimentación en el cambium de la planta, abriendo galerías en espiral. Posteriormente penetran en el tejido leñoso (haciendo un túnel), pudiendo resultar en la muerte de las ramas del árbol joven. En plantas de 1 a 2 años de edad, es bastante común el ataque, provocando bifurcación de las ramas principales. Los adultos se alimentan del córtex de las plantas, posibilitando la entrada de agentes patógenos (Mendes y Garcia, 1984). En época seca el excremento expulsado conjuntamente con secreciones gomosas (savia gelatinosa de la herida) se puede encontrar sobre la superficie de la corteza de tallos y ramas, pero esto se puede lavar en época lluviosa.



Figura 81. Daño de *S. breve*. (Créditos: Pablo Girón).

### 13.6.3 Control

Se puede hacer control cultural, fabricando trampas de cáscara de pumpo (*Pachira aquatica*), para atraer adultos, capturarlos y matarlos. Otra táctica cultural es encalando los árboles jóvenes, pero en mezcla con un insecticida residual que tenga fase gasificante como endosulfan y diazinon. Efectuar aspersiones de entomopatógenos con base de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae*.

### 13.7 Barrenador de frutos: *Carmenta guatemalena* Druce (*Lepidoptera: Sesiidae*)

La familia **Sesiidae** incluye cerca de 1400 especies en 150 géneros y su distribución es mundial. Los adultos son polillas de talla pequeña a media, son miméticas con los **Hymenoptera**, sus alas son hialinas u opacas, elongadas y su abdomen bandeado, en la cabeza tienen una línea de escamas a lo largo del margen posterior de la cabeza. Las hembras colocan sus huevos sobre grietas en los troncos, ramas o raíces expuestas y cuando emergen las larvas se alimentan de ellas formando canales (Vásquez *et al.*, 2015).

En estado larval, son denominadas barrenadores, cuyos hospedantes son relativamente específicos. Muchas especies de sesidos son consideradas de importancia económica, debido a los daños generados en tallos, raíces y frutos de plantas cultivadas, dentro de las cuales se incluyen ***Carmenta theobromae***, ***C. foraseminis*** y ***C. guatemalena*** denominados como perforadores del fruto de cacao (***Theobroma cacao***) (Vásquez *et al.*, 2015).

El género ***Carmenta*** se caracteriza porque sus especies presentan alas opacas o hialinas. Abdomen sésil y afinado hacia la extremidad anal, pelos caudales pequeños, antenas engrosadas hacia su extremo, pueden ser simples (Vásquez *et al.*, 2015).

Las hembras depositan sus huevos en la superficie de los frutos de cacao, posteriormente las larvas perforan las mazorcas. El principal daño atribuido a esta especie es que su hábito podría favorecer el ingreso de patógenos como ***Phytophthora sp.***, causante de la pudrición del fruto y, en consecuencia, afectar las semillas (Vásquez *et al.*, 2015). En general, la presencia de estos perforadores se detecta, al observarse en el orificio de entrada los excrementos oscuros de las larvas (Delgado, 2005).

La presencia del perforador dentro del fruto sólo es evidente cuando en la corteza intacta se observa una mancha oscura redondeada de aproximadamente 0,5 cm de diámetro, la cual es producida por la larva cuando está en fase de prepupa. En este caso la larva sí traspasa el mesocarpio del fruto y se alimenta de las semillas; en consecuencia, además del daño primario, el comportamiento de este insecto favorece la pudrición y apelmazamiento de las semillas, por lo que el porcentaje de frutos aprovechables será reducido considerablemente (Delgado, 2005).



Figura 82. Larva de ***C. foraseminis*** en fruto. Larva de ***C. theobromae*** en tallo.

Fuente: Vásquez *et al.*, 2015.



Figura 83. Huevo de ***C. foraseminis***, dorsal y ventral.

Fuente: Delgado, 2005.

Huevo de ***C. theobromae*** dorsal y ventral.



Figura 84. Adulto de *C. foraseminis*.

Fuente: Vásquez *et al.*, 2015.



Adulto de *C. theobromae*

En general, los **Sesiidae** adultos presentan pocas diferencias morfológicas externas inclusive entre especies de géneros diferentes, tal y como sucede entre especies de **Synanthedon** y **Carmanta**, por lo que la identificación a este nivel se realiza a través del estudio de la genitalia de machos y hembras (Delgado, 2005).

### 13.7.1 Control

Por el tipo de daño que causan, las larvas están protegidas dentro de los frutos, por lo que, los insecticidas sintéticos y naturales no funcionan. En este caso se recomienda hacer liberaciones del parasitoide **Tricrograma pretiosum** para que parasiten los huevos recién ovipuestos.

## 13.8 Cushpún: *Partamona bilineata* Say (Hymenoptera: Apoidea)

Las abejas nativas sin aguijón tienen una importancia imprescindible debido a que son organismos responsables de la polinización de la mayoría de las especies de plantas con flores, cultivadas y silvestres, desempeñando así un papel ecológico, económico, social y en nuestra seguridad alimentaria.

Debido a su papel en la polinización, las abejas desempeñan un servicio ecosistémico vital. **Partamona bilineata** (**Apidae: Meliponini**), por su comportamiento de forrajeo generalista, es un importante polinizador de flora silvestre y cultivos de curcubitáceas en Guatemala.

Son abejas agresivas, se enredan en el cabello y muerden. Construye nidos expuestos o parcialmente expuestos fijándolos a ramas o troncos de árboles, sin llegar a utilizar las cavidades. También pueden vivir en nidos abandonados o de ardillas, sobre rocas, peñas, paredes y termiteros.

Debido a cambios en la flora silvestre, principalmente por la deforestación, avance de la frontera agrícola y la urbanización; las abejas cushpún han modificado su comportamiento natural. En este caso se han convertido en plaga en el cultivo de cacao, provocando daño en el follaje como se observa en la figura 85.



Figura 85. Las abejas cushpún atacan tanto hojas tiernas como sazonas.

### 13.8.1 Control

Desafortunadamente los ataques al follaje son severos, afectando el área foliar. Se recomienda asperjar entomopatógenos como *Beauveria bassiana* o *Metarhizium anisopliae*.

### 13.9 Gusano rayado: *Arsenura armida* Cramer (Lepidoptera: Saturniidae)

Estas larvas son bastante agresivas en cuanto al hábito de alimentación. En el follaje de la planta de cacao se observa solo las venas de las hojas, como producto que la lámina foliar ha sido devorada por ellas.

#### 13.9.1 Descripción

El gusano rayado se ubica taxonómicamente en la familia **Saturniidae**, la cual se integra por mariposas de tamaño mediano y gran tamaño, el cuerpo se encuentra recubierto de pelos, la cabeza es relativamente pequeña y retraída hacia el tórax, las partes bucales están reducidas, la proboscis es rudimentaria o falta por completo, carece de ocelos, las antenas en los machos son cuadripinnadas, en algunos casos formando verdaderas plumas, o bien pueden ser amplias en su base, angostándose abruptamente hacia la mitad de su longitud, las antenas de las hembras son variables, las alas anteriores presentan una venación trífida, la vena M2 se encuentra unida con el tallo de la radial, ramas de la radial están reducidas a dos tres o cuatro, las alas posteriores desprovistas de frenulum, con frecuencia las alas están desprovistas de áreas transparentes con forma de ocelos y su vuelo es débil y desordenado. En muchas especies las larvas se encuentran provistas de tubérculos con cerdas urticantes verdaderas “ramillas”; a menudo presentan coloraciones muy vistosas. Los sexos se distinguen porque las hembras tienen el borde de las alas posteriores más redondeado que las de los machos (Beutelspacher, 2103; citado por Pino-Moreno *et al.*, 2015).

Suelen poner grandes masas de huevos sobre la superficie de hojas y ramas de los árboles, al eclosionar, se observan grandes cantidades de larvas de comportamiento gregario, apiladas debajo de las hojas, unas al lado de las otras como si fueran vagones en paralelo (<http://www.mucubaji.com/guaquira/EEGNoticias48.html>; citado por Pino-Moreno *et al.*, 2015).

Según (Oehlke, 2015), el género: **Arsenura**, pertenece a una tribu primitiva de especies grandes, cuyas alas miden de 15 a 20 centímetros de envergadura, esta mariposa vive en selvas cuya distribución se extiende desde el Sur de México, Belice, Guatemala, El Salvador, Nicaragua, Costa Rica, Panamá, Venezuela, Colombia, Ecuador, la Amazonia Peruana, Bolivia y Brasil hasta las Guayana (<http://www.silkmoths.bizland.com/indexos.htm>; citado por Pino-Moreno *et al.*, 2015).

Las larvas son de gran tamaño, llegando a medir 12 cm de largo, de piel lisa, de forma cilíndrica y con diseños de arabescos de colores (Pino-Moreno *et al.*, 2015).

Por otro lado la *Antropoentomofagia* (el consumo de insectos por el ser humano) se ha conocido desde tiempos inmemoriales; es realizado por diferentes grupos étnicos y culturas ancestrales a través del tiempo (Sutton 1988, Yhoun-Aree y Viwatpanich, 2005), en este contexto las larvas de esta mariposa son ampliamente utilizadas como alimento en diferentes localidades de la República mexicana, como Ixcohuapa y Chocamán, Veracruz, Cuetzalán, Santiago Yancuitalpan y Coatepec de Matamoros, Puebla, Jamiltepec, Oaxaca, Molango, Hidalgo y Zacualpán de Amilpas, Morelos (Ramos-Elorduy *et al.*, 2011) constituyendo una fuente alternativa de proteína animal para los pobladores locales (Landeró *et al.*, 2012; citados por Pino-Moreno *et al.*, 2015).

De las especies de insectos identificados como comestibles, el gusano rayado (*Arsenura armida*) es el más apreciado debido a que los habitantes lo consideran como un “manjar” o “mejor que la carne de res”. De igual forma es *vox populi* que la oruga tiene muchas proteínas. Esto se ha demostrado en varios estudios donde la oruga presenta un contenido proteico de 43.72 g/100g de muestra seca en orugas exprimidas y en orugas completas un 34.29 g/100g de muestra seca; estas orugas son una fuente importante de zinc y magnesio (Chacón, 2007; Ramos-Elorduy *et al.*, 2002), que representan un contribuyente o una fuente importante de nutrimentos en la dieta de los habitantes que la comen en la temporada de consumo (Sánchez-Salinas, *et al.*, 2010).

Los gusanos rayados se preparan principalmente hervidos con agua y sal, posteriormente después de cocidos se fríen con manteca, huevo y ajo, cocidos tienen un sabor a carne de res y fritos a carne de cerdo. En otros lugares de México, para su preparación existen diversas recetas en donde se menciona que se pueden preparar en caldo, fritos y acompañados de requesón o queso fresco e incluso se comen como botanas (Gómez, 2009; Paniagua, 1998; citados por Reyes, Pino y García, 2015).

La *Etnoentomología* es la rama de la *Etnobiología* que estudia las interrelaciones de las culturas tradicionales con el mundo de los insectos; estas interrelaciones incluyen alimentación, medicina, historia, antropología, lingüística, agricultura, sociología, teología, taxonomía, etología, psicología, mística, artesanía y arte literario, pictórico, escultórico, textil y cinematográfico (Medeiros, 2002; Medrano, 2006; Ramos y Viejo, 2007).



Figura 86. Larvas y adulto de *Arsenura armida*.

### 13.9.2 Control

Para su control se recomienda efectuar aspersiones con el *Virus de la Poliedrosis Nuclear* (VPN) o formulados con base de *Bacillus thuringiensis*.

Ahora se describen las plagas provocadas por microorganismos:

## 13.10 Enfermedades

Para iniciar las medidas de control es preciso entender que la enfermedad es un proceso resultante de la interacción entre el patógeno, el hospedante y el ambiente, influenciados por el hombre. El hombre para disminuir el efecto de la enfermedad, debe interrumpir una de las fases del ciclo de la enfermedad, de forma de controlar el patógeno y manipular el hospedante o alterar el medio ambiente.

### 13.10.1 Mazorca negra: *Phytophthora* spp.

Es considerada la enfermedad más importante en el 80% de los países productores de cacao.

#### 13.10.1.1 Origen y distribución

Esta enfermedad fue reportada en 1727 en la isla de Trinidad. Actualmente se encuentra distribuida en todas las regiones cacaoteras del mundo.

#### 13.10.1.2 Etiología

El agente causal de la mazorca negra en cacao es el hongo del género *Phytophthora*, cuya principal especie a nivel mundial es la *palmivora* (Butl.). Este hongo pertenece al grupo *Oomicete* (*Straminipila*) que, además del fruto de cacao, puede atacar cualquier otro órgano del árbol (flores, hojas, ramillas, tronco y raíces). Para el caso del daño en el tronco, la enfermedad se llama "cáncer del tronco".

Existen otras especies dentro del género *Phytophthora* que también afectan al cacao y que varían según la región; han sido registradas las siguientes:

Cuadro13. Diferentes especies de hongos que producen mazorca negra.

Especie	País donde se ha registrado oficialmente.
<i>Phytophthora palmivora</i>	Distribución mundial.
<i>P. megakarya</i>	Nigeria, Togo, Camerún y Guinea Ecuatorial.
<i>P. citrophthora</i>	Brasil.
<i>P. capsici</i>	México, Guatemala, Honduras, El Salvador, Venezuela, Trinidad, Brasil y Camerún.
<i>P. megasperma</i>	Venezuela.
<i>P. parasítica</i>	Camerún.

Este hongo presenta reproducción sexual y asexual, siendo esta última forma la que predomina en el campo. La reproducción asexual se produce por medio de esporangios que contienen esporangiosporas y principalmente zoosporas, las que son diseminadas por el salpique del agua de lluvia. Los esporangios también tienen capacidad de germinar y causar infección. Al ocurrir ambas formas de reproducción, esto se traduce en una capacidad del hongo para generar razas fisiológicas, lo cual favorece la variabilidad patogénica.

#### 13.10.1.3 Hospedantes

El hongo *P. palmivora* posee más de 80 hospedantes. Sin embargo, al asociarlos con el cacao sobresalen por su importancia las siguientes especies cultivadas por el hombre: coco (*Cocos nucifera*), papaya (*Carica papaya*), zapote (*Pouteria mamosa*), pimienta negra (*Piper nigrum*), hule (*Hevea brasiliensis*), palma aceitera (*Eleais guineensis*). Para el caso de *P. citrophthora*, los hospedantes más importantes son los cítricos (*Citrus* spp.).

#### 13.10.1.4 Desarrollo de síntomas

El daño ocasionado por *Phytophthora* se presenta más intensamente en el fruto en cuyo caso la mazorca enferma presenta una mancha de color café oscuro, que puede llegar a cubrir todo el fruto. El borde de esta mancha o lesión es bien definido.

A pesar del daño, las almendras siempre pueden ser aprovechadas, aunque a veces el daño puede llegar a afectar las almendras ocasionando la pérdida total del fruto.

En épocas de alta humedad y cuando baja mucho la temperatura, las condiciones se vuelven excelentes para el desarrollo del hongo. El hongo se “madura” y produce esporas que aparecen casi como un algodón fino y blanco cubriendo las mazorcas afectadas. Para el caso del fruto el período de incubación transcurre en términos de tres a cinco días.

Los síntomas se manifiestan en las hojas como manchas necróticas que tienen en su borde de avance una típica clorosis. Generalmente el borde donde se inicia la lesión, que se vuelve extensiva, se enrolla hacia adentro. Para el caso de los brotes ortotrópicos (chupones), además de la lesión en las hojas, ésta también puede comenzar en la yema apical, luego extenderse rápidamente y cubrir por completo los tejidos hacia la base del brote.

En el caso del tronco, las infecciones o chancros, también llamadas “cáncer”, pueden limitarse en casos de plantas adultas a la corteza, pero en las plántulas el micelio del hongo alcanza la médula. Por lo general, el síntoma que mejor caracteriza al cáncer consiste inicialmente en una mancha oscura y húmeda. Más adelante, la mancha se hunde y sale un líquido pegajoso (de aspecto gomoso) y dentro del tallo aparecen manchas rojizas. Finalmente la corteza, al pudrirse, empieza a rajarse.

En los cojines florales el hongo causa una quema o muerte total de las flores. En algunos casos se ve el cáncer de los cojines, un mal que mata todas las flores y frutos pequeños. Los frutos, estando muertos, quedan colgados en el árbol durante varias semanas.



Figura 87. Frutos con síntomas de mazorca negra.

#### 13.10.1.5 Epifitiología

Aunque la enfermedad puede aparecer en cualquier mes del año, el daño por *Phytophthora* es más fuerte durante los meses más lluviosos. La enfermedad se presenta frecuentemente en los sectores del cacaotal que estén más sombreados, con mal drenaje, y en árboles mal podados (con demasiados chupones).

El hongo sobre vive en los restos de frutos enfermos dejados en el árbol o en el suelo, ya sea en forma de micelio o de estructuras de resistencia (clamidosporas). También vive en el tronco, las flores, ramas y hojas. Puede ser llevado por el salpique del agua de lluvia, vientos fuertes, animales o personas hasta otros árboles. De esta manera se contagian todos los árboles del cacaotal y de la vecindad.

El organismo penetra a través de estomas, de heridas naturales o directamente por la epidermis. Una vez iniciado el ciclo de la enfermedad dentro de la plantación, los primeros frutos enfermos proporcionan el inóculo secundario que puede infectar otros tejidos sanos.

El proceso de la enfermedad ocurre en dos formas: diseminación vertical dentro del árbol individual y diseminación horizontal, que se da entre árboles o parcelas vecinas. Esta diseminación se facilita por la acción del viento, insectos y otros animales; entre tanto la diseminación vertical toma lugar en forma ascendente y descendente, como resultado del contacto entre mazorcas enfermas y sanas, movimientos de agua y actividad de los insectos, especialmente las hormigas.

#### **13.10.1.6 Control cultural**

Podar adecuadamente los árboles de sombra, eliminar la maleza, mejorar el sistema de drenaje.

Antes de la estación lluviosa recolectar y destruir todas las cáscaras de frutos enfermos que quedaron después de las cosechas.

A los árboles infectados con el cáncer del tronco hay que quitarles la parte que se ve afectada con mancha rojiza. Esta cirugía se hace con el machete o cuchillo, pelando la corteza e interior del tronco para dejar todo limpio. Después aplicar una pasta cicatrizante que contenga sulfato de cobre (caldo bordelés), para ayudar a formar la cicatriz sin peligro de mayor infección. Luego de la operación se desinfecta la herramienta.

Sembrar clones tolerantes como: UF-613, UF-676, UF-703 UF-677, IMC-67, SCA-6, SCA-12, CC-41, CC-42, CC-137, P-7, EET-39, EET-59, EET-48, EET-95, EET-400, EET-399, EET-964, EET-62, EET-376, EET-64, P-7, SPA-5, SPA-9, SPA-11, SPA-17, Catongo, ICS-1, ICS-6.

#### **13.10.2 Moniliasis: *Moniliophthora roreri* (Ciff. & Par.) Evans.**

La moniliasis, se considera una de las principales enfermedades que ataca los frutos del cacao. Reduce la producción de las fincas y en algunos países se han reportado pérdidas de producción desde 30 al 80%.

La moniliasis, fue descrita por primera vez en 1917 por Rorer, en la zona de Quevedo, Ecuador (considerado como el centro de origen, por casi 100 años). Estudios recientes realizados por el Dr. W. Phillips (2006) (citado por especialistas de la FHIA, 2012) demuestran que la enfermedad se originó en la zona de Sopetrán (Antioquía), Colombia; a finales del siglo 18. La enfermedad se encuentra en todos los países cacaoteros de Suramérica como Colombia, Ecuador, Perú, Venezuela y Surinam, hasta el 2012 solo Brasil no reporta la presencia de este patógeno afectando sus plantaciones. También está presente en toda Centroamérica.

##### **13.10.2.1 Hospedantes**

El hongo *Moniliophthora roreri* (*Deuteromicete: Moniliales*), solo ha sido encontrado atacando frutos de los géneros *Theobroma* y *Herrania*, ambos de la familia *Malvaceae*.

### **13.10.2.2 Síntomas**

Una de las características de la moniliasis es su largo período de incubación (de tres a ocho semanas) antes de aparecer los síntomas. Estos varían principalmente según la edad del fruto, la severidad del ataque, la susceptibilidad del árbol y las condiciones climatológicas.

Las fases de los síntomas son:

#### **a) Manchas y puntos aceitosos**

Los primeros síntomas aparecen como pequeños puntos de consistencia aceitosa, de un color más oscuro que el de la fruta. Si el fruto es de color verde las manchas pueden ser amarillas y si es rojo las manchas pueden ser anaranjadas.

#### **b) Tumefacciones o abultamientos**

Este es el síntoma que indica al productor con toda seguridad que la mazorca está infectada por el hongo y por lo tanto, debe eliminarla. Estas tumefacciones son protuberancias que se forman sobre las mazorcas y se observan con más frecuencia en los frutos jóvenes.

#### **c) Mancha chocolate**

Posterior a los abultamientos, los pequeños puntos aceitosos coalescen (se unen), para formar una mancha necrótica de color chocolate o café oscuro; que puede ser de forma regular o irregular, que puede cubrir parcial o totalmente el fruto.

#### **d) Felpa blanquecina y cremosa**

Poco tiempo después de la formación de la mancha chocolate, las lesiones se cubren de una capa de micelio de color blanquecino, el estroma, sobre el cual ocurre esporulación que usualmente es rápida, alrededor de 3-8 días después de que aparece la lesión. El color de los conidios varía de blanco a crema oscuro. Esta felpa en un principio, tiene coloración blanca y posteriormente se torna cremosa.

#### **e) Frutos momificados**

Cuando los frutos infectados por moniliasis permanecen mucho tiempo en el árbol, éstos se secan, se compactan y se tornan duros, lo cual indica que la plantación es manejada ineficientemente o que está abandonada.

Estos frutos constituyen una permanente fuente de inóculo, ya que las esporas de la monilia, conservan el poder de infección por espacio de más de un año.

El daño interno causado por la moniliasis es aún más grave que el daño externo, pues se pierden casi todas las almendras, sin importar la edad de las mazorcas.



Figura 88. Frutos con síntomas de moniliasis.

En los frutos jóvenes no hay formación de semillas; sino que se genera una masa fibrosa más parecida a gelatina que a las semillas en proceso de desarrollo normal. En frutos afectados después de dos a tres meses de edad si se forman las semillas, pero luego se pudren al ser alcanzadas por la enfermedad.

En algunos casos y, cuando el fruto está próximo a la madurez, el daño no es notorio externamente; sin embargo, al partir el fruto la descomposición interna hace inutilizables las almendras. Por lo general, al palpar estos frutos son más pesados que los demás, y por ello en algunos países le llaman “mano de piedra” a este síntoma.

#### 13.10.2.3 Control cultural

El método más efectivo y económico para reducir la cantidad de inóculo primario, es cortar los frutos enfermos antes de que empiecen a esporular. Para evitar aumento de costos de mano de obra por remover los frutos de la plantación y para evitar el manipuleo de frutos esporulados, al momento del corte, los frutos enfermos se deben destruir enterrándolos.

Para que la poda sanitaria sea efectiva, debe hacerse semanalmente. Se estima que este es el tiempo que transcurre entre la aparición de los primeros síntomas y la esporulación, período que puede variar de acuerdo con las condiciones ambientales. La detección de los primeros síntomas escapa en muchas ocasiones a la observación del operario que realiza la labor de corte de mazorcas enfermas.

No olvidar la regulación de sombra, control de la maleza y poda del cacaotal. Además considerar la siembra de clones tolerantes como: CATIE-R1, CATIE-R4, CATIE-R6, UF-613, ICS-95, IMC-67, CC-137, PMCT-58, ICS-1, ICS-6, EET-95, TSH-565.

### 13.10.3 Escoba de bruja: *Moniliophthora perniciosa* Alme & Phillips-Mora

#### 13.10.3.1 Importancia económica

La escoba de bruja es considerada la enfermedad más dañina para el cacao. Aunque el grado de severidad varía de acuerdo con las condiciones de clima, presión de inóculo, tipo de cacao y manejo general de la plantación.

Las pérdidas pueden llegar a ser del orden de un 70% de la producción. La enfermedad no causa la muerte de los árboles, excepto de las plantas jóvenes, las que pueden morir a consecuencia de la destrucción de sus puntos de crecimiento.

### 13.10.3.2 Origen y distribución geográfica

La enfermedad llamada escoba de bruja por los múltiples brotes que provoca, fue inicialmente registrada de manera oficial en Surinam en 1895. Actualmente se encuentra en: Bolivia, Perú, Ecuador, Brasil, Surinam, Trinidad, Venezuela, Colombia y Panamá.

### 13.10.3.3 Etiología

El agente causal es el hongo *Moniliophthora perniciosa*, perteneciente a la clase *Deuteromicete*, orden *Moniliales*.

Los cuerpos fructíferos del hongo, conocidos como basidiocarpos, esporóforos o caróforos, y popularmente como “paraguas”, no se desarrollan sobre tejido vegetal verde sino sobre ramas, frutos y hojas en estado seco.

La infección sólo ocurre en tejidos susceptibles en estado de crecimiento y es provocada únicamente por las basidiosporas, producidas en gran número por los basidiocarpos.

El pileo o sombrero de las basidiocarpos de *M. perniciosa* es inicialmente de color carmesí, con una zona central rojo-oscuro; luego, al alcanzar el estado adulto, se torna de color lila. Su tamaño varía de dos a 36 milímetros de diámetro. El estípite o talo mide de 2 a 13 milímetros de longitud y es de color blanco. Se ha encontrado diferentes patotipos, según la distribución geográfica.

### 13.10.3.4 Síntomas

La escoba de bruja afecta principalmente a los brotes nuevos, las flores, hojas y frutos del cacao. Estas partes empiezan a agrandarse, o sea que se hacen más gruesas en vez de crecer a lo largo, como es lo normal.

Hay sobreproducción de hojas nuevas, las que son muy suaves y normalmente angostas (en forma de espada). Además, tienen un color verde oscuro o verde rojizo, como en las hojas sanas. También es común que el árbol produzca más chupones o brotes que lo natural.

A causa del daño del hongo en las flores o cojín floral, hay menos producción de frutos. En el fruto tierno (hasta los tres meses de edad) aparecen pelotas o tumores, como las jibas que se ven con la moniliasis. Las mazorcas jóvenes adquieren forma de zanahoria o fresa su apariencia es dura, y posteriormente se ennegrecen y mueren. El pedúnculo de estos frutos es más grueso y alargado de lo normal.

En las mazorcas más grandes se ve una mancha negra, dura y brillante, a la que se denomina “mancha de asfalto”, que tiene el borde irregular como la que produce la moniliasis. La única diferencia entre las dos manchas consiste en que la mancha que produce la moniliasis, “mancha chocolate”, es más clara que la “mancha de asfalto” que ocasiona la escoba.

Dentro de la mazorca se pudren las almendras, por lo cual, no se puede aprovechar los frutos enfermos.

El síntoma más característico es la proliferación de yemas axilares en ramas principales y secundarias, las cuales producen brotes vegetativos hipertrofiados en forma de abanico. Este síntoma se denomina “escoba verde”. Después de seis a siete semanas la escoba verde empieza a marchitarse, hasta que se seca completamente, momento en que es llamada “escoba seca”. En este último estado, y bajo condiciones de lluvia, se estimula la fructificación del hongo y aparecen los basidiocarpos (paragüitas).

Los cojines florales infectados presentan pequeñas escobas de bruja de tejido vegetativo en cuyas ramas se desarrollan las flores. Este tipo de crecimiento es anormal, ya que corrientemente los cojines florales no producen crecimiento vegetativo. Las flores muestran ligeros abultamientos de color amarillo; posteriormente sufren necrosis.

***M. pernicioso*** puede ser transmitida por semilla o puede afectar las plantas en vivero al atacar la yema terminal. En estos casos la planta expresa un engrosamiento en su yema apical y a su vez ocurre una emisión de muchos brotecitos. Las hojas más jóvenes se secan y consecuentemente la plantita no puede prosperar.



Forma de zanahoria.

Síntomas y marchitez en brotes tiernos.

Figura 89. Síntomas de escoba de bruja en chilillo y brotes tiernos.

Fuente: Cedeño, 2011.

### 13.10.3.5 Epifitiología

Bajo condiciones favorables de alta humedad relativa (más del 90%) y temperatura (27° C) durante la estación lluviosa, se producen los esporóforos del hongo en los tejidos de las escobas secas, nunca en escobas verdes. Las esporas son liberadas durante la noche, cuando la temperatura es baja (16-27° C), y son diseminadas por el viento. El hongo penetra por los estomas. El período de incubación es variable (alrededor de seis semanas).

Las setas o esporóforos no viven mucho tiempo, sólo unos tres días después de llegar a la madurez, pero una escoba grande puede originar hasta 30 setas en una semana y continuar produciéndolas durante dos años o más, aunque con una variación estacional considerable en el número de ellas. Cada esporóforo puede generar entre 20 y 30 millones de esporas.

De manera general, las condiciones favorables para el desarrollo de la enfermedad son alta humedad, el rango de temperatura es de 15° C como mínimo a 29° C como máximo, y una buena distribución de lluvias.

En zonas donde la enfermedad es endémica, el manejo de la sombra es de gran importancia. Con un balance adecuado de la sombra (30 a 35%) la incidencia puede ser reducida.

Los procesos fisiológicos del árbol de cacao son menos acentuados con sombra que en condiciones de no-sombra; brotaciones y floraciones suceden con menor frecuencia y, así, hay menos tejido susceptible disponible para la infección.

Dentro del dosel del cacao la sombra también disminuye las fluctuaciones de temperatura y humedad, lo cual reduce el inóculo, dado que la producción de basidiosporas y su liberación son dependientes de los cambios con estos parámetros climáticos.

### 13.10.3.6 Control cultural

El mejor control contra la escoba consiste en la práctica de las siguientes medidas:

- ✓ Establecer un programa de podas regulares para poder mantener el cacao y la sombra en buen estado. Un cacaotal muy “cerrado”, con demasiada sombra, se presta más al ataque del hongo.
- ✓ Eliminar (cortar y quemar) los árboles “foco”. Estos pueden contagiar a los demás si continúan en la finca.
- ✓ Antes de que formen basidiocarpos, (paraguas) hay que cortar todas la “escobas”, o sea las partes hinchadas o deformadas de las ramas y del tronco. Así se previene la contaminación de las demás partes del árbol.
- ✓ Los frutos enfermos no deben permanecer en el árbol y deben ser cortados periódicamente. Si es poco el material enfermo resultante en la finca, puede ser quemado, pero si es excesivo esta práctica resulta antieconómica y el material puede dejarse en el suelo, tras repicarlo para que se descomponga más rápido; lo más importante es bajar este material enfermo del árbol.

### 13.10.3.7 Control biológico

Efectuando aplicaciones comerciales del hongo *Trichoderma stromaticum*, patógeno que realiza un eficiente control sobre la escoba de bruja.

### 13.10.3.8 Regulación fitosanitaria

Como *M. pernicioso* puede ser diseminada por semilla, es necesario aplicar medidas cuarentenarias cuando se importe material de otros países. Esto evidencia la convivencia de cumplir con los reglamentos nacionales e internacionales que prohíben el traslado de semilla y yemas desde países donde se encuentra la escoba de bruja. Sembrar clones resistentes: SCA-6, SCA-12, CCN-51, ICS-95, EET-95, EET-399, EET-272, IMC-67, NA-33.

## 13.10.4 Mal del machete: *Ceratocystis cacaofunesta* Engelbrecht & Harrington

### 13.10.4.1 Importancia económica

Aunque esta enfermedad puede causar pérdida total de árboles dentro de la plantación, ello ocurre solo ocasionalmente, en especial si se le controla cuando aparece por primera vez. En realidad se trata de casos aislados dentro de la plantación.

### 13.10.4.2 Origen y distribución geográfica

El mal de machete fue reportado por primera vez en cacao en 1918, en Ecuador, y luego apareció en Venezuela, Colombia, Trinidad, República Dominicana, Centro América, México, Jamaica y Haití.

### 13.10.4.3 Etiología

El mal de machete, nombre que se le atribuye debido a que se disemina por medio de la herramienta (machete o cuchillo), es causado por un hongo *Ascomicete*, del orden *Sphaeriales*, que requiere de heridas para penetrar en los tejidos del árbol.

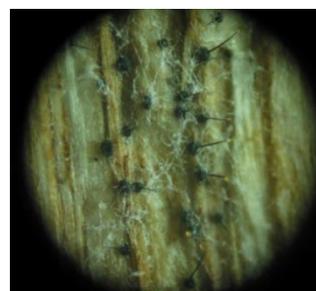
#### 13.10.4.4 Hospedantes

Además del cacao, el hongo *Ceratocystis sp.*, afecta al cafeto (*Coffea arabica*), hule (*Hebea brasiliensis*), mango (*Mangifera indica*), yuca (*Manihot esculentum*) y al camote (*Ipomoea batata*).

#### 13.10.4.5 Síntomas

La enfermedad empieza con la muerte de varias hojas, las que se ponen amarillas antes de secarse. Sigue la muerte o marchitamiento de las demás hojas hasta que todo el árbol muere, si bien conservando las hojas pegadas al árbol durante varias semanas. La madera de las partes muertas tiene un color rojo oscuro.

El hongo invade y destruye los tejidos de conducción (cambium). Las plantas van secándose por muerte fulminante; a pesar de estar atacadas y en un área bastante extensa de corteza y madera, muestran durante largo tiempo un aspecto sano, hasta que la necrosis de la corteza abarque toda la circunferencia del tronco y llegue a la médula. Cuando esto ocurre viene la muerte “repentina” del árbol.



Peritecios *C. cacaofunesta* sobre el xilema.  
Retomado de: End *et al.*, 2014.

Figura 90. Mal de machete.

#### 13.10.4.6 Epifitiología

La enfermedad se disemina de una planta a otra por medio de las heridas causadas con las herramientas, mientras se realizan las labores de cultivo, tales como poda, chapias (deshierbas) y la misma cosecha. Generalmente, el obrero no se da cuenta cuando un árbol está enfermo y disemina las esporas del hongo por medio de la herramienta, cuando no ha sido desinfectada.

La presencia de la enfermedad en el árbol atrae a los insectos minadores (*Xyleborus sp.*), que ayudan a transmitir el hongo. El patógeno permanece en la madera seca y cuando los insectos hacen sus túneles en el tronco, las esporas se liberan y pueden enfermar otras ramas del mismo árbol o los árboles cercanos. El aserrín que dejan los insectos al hacer sus túneles, y que puede ser transportado por el viento, también lleva las esporas del hongo.

Para la infección y desarrollo de la enfermedad el hongo requiere de temperatura entre 24 y 27° C, y humedad superior al 90%. *Ceratocystis* sólo penetra por heridas y, en el caso del cacao, son muchas las heridas causadas por poda, deschuponamiento, cosecha, por insectos y a causa de las grietas naturales de la corteza.

#### 13.10.4.7 Control cultural

El combate cultural del mal del machete es preventivo y consiste en cortar y quemar todas las ramas afectadas. Si el árbol entero ya está muerto, es necesario destruirlo con todas las raíces que se logre extraer del suelo. Es importante quemar el árbol seco de una sola vez.

Tras podar las ramas secas se debe aplicar a las heridas una pasta de fungicida con base de cobre o una pintura cicatrizante, lo que ayuda a evitar la contaminación de la herida mientras se forma la cicatriz.

Cuando no se les limpia después de trabajar en zonas o en árboles donde exista la enfermedad, los machetes u otras herramientas de trabajo pueden llevar el hongo de un árbol a otro. El hongo puede estar en la corteza o en suelo alrededor del árbol enfermo, por lo cual hay que desinfectar las herramientas después de podar, desyerbar o cosechar. Esto puede hacerse con una solución de formalina al 10% y para lograrlo con mayor facilidad se puede usar un tipo de funda (parecido a la cubierta del machete) forrada con felpa. La felpa, empapada con formalina, limpia el machete al meterlo, después de terminar de trabajar en cada árbol. Si no hay felpa, se puede utilizar un trapo empapado con formalina. Cuando no hay posibilidad de usar formalina se debe limpiar el machete o cuchillo metiéndolo al menos dos veces a un vástago de banano-

Sembrar clones tolerantes como: UF-29, UF-296, UF-613, CC-41, CC-48, CC-42, IMC-67, PA-9, PA-121, SPA-9, EET-95, EET-339, EET-400, P-12.

### 13.10.5 Mal rosado: *Corticium salmonicolor* Berkeley & Berkeley

#### 13.10.5.1 Importancia económica

Esta enfermedad suele ocurrir en cacaotales en desarrollo o en árboles muy jóvenes. En Brasil por ejemplo, aparentemente está tomando mucha importancia en cacao de 2 a 10 años. Por lo general su daño se limita a un sector de la finca o a árboles aislados que muchas veces presentan sólo ramas afectadas, por lo cual su importancia económica es relativamente limitada.

#### 13.10.5.2 Origen y distribución geográfica

El daño por esta enfermedad en cacao fue reportado inicialmente en 1909. Se encuentra distribuida en los trópicos: Sur América, Centroamérica, Antillas, Camerún, Samoa Occidental y Nueva Guinea.

#### 13.10.5.3 Etiología

El organismo causal es un hongo *Basidiomicete*; la enfermedad se caracteriza por tres formas principales:

- La forma de la pústula estéril, que ocurre antes del estado de *Corticium*, en forma de "motitas" que van del blanco al rosado común.
- El estado de *Corticium*, de himenóforo membranoso y suave, que se presenta frecuentemente como "verrugas" blancas al margen, típicamente de color rosado salmón.
- La forma asexual (*Necator decretus* Mass) consiste en cuerpos salientes formando esporodoquios; estos cuerpos son sésiles (sentados), ligeramente convexos y se caracterizan por un color anaranjado. Este estado no es frecuente en cacao.

#### 13.10.5.4 Hospedantes

El mal rosado es una enfermedad común en las regiones tropicales y subtropicales; tiene muchos hospedantes y es común encontrar algunos de ellos asociados con cacao. Ha sido identificado en plantas de café (*Coffea arabica* y *C. canephora*), cítricos (*Citrus spp.*), mango (*Mangifera indica*), pimienta (*Pipiper nigrum*), caucho (*Hevea brasiliensis*), higuierillo (*Recinus comunis*) y en gandul (*Cajanus indicus*).

### **13.10.5.5 Desarrollo de síntomas**

Los síntomas del mal rosado o enfermedad rosada se caracterizan porque las ramillas, ramas y tronco del cacao aparecen cubiertos por una especie de felpa o costra de color blanco, que se vuelve rosado con el tiempo al aparecer los signos (estructuras reproductivas) del hongo. Las ramas afectadas pierden sus hojas y terminan secándose. A veces la corteza se raja y se separa de la madera.

Cuando los frutos están inmaduros se puede observar pústulas rosadas del hongo, estos frutos se momifican posteriormente. El resultado final del crecimiento del hongo es la destrucción de los tejidos conductores de agua y sustancias nutritivas.

### **13.10.5.6 Epifitiología**

El rango óptimo de temperatura para el crecimiento del hongo está entre 23 y 26° C. A partir de 26° C se nota una disminución de la tasa de crecimiento del hongo, la que es nula a 35° C. Las altas temperaturas ocasionan una reducción de la capacidad de esporulación. Esto influye para que en el tiempo de verano del hongo suspenda su crecimiento y pierda su color, pero apenas vienen las lluvias vuelve a aparecer.

Las basidiosporas (estructuras reproductivas) que se forman abundantemente sobre la superficie de los tallos afectados, son las estructuras responsables de la diseminación de la enfermedad. La formación de esporas en el suelo sugiere la posibilidad de ocurrencia de una fase saprófita (vive sobre materia orgánica) del hongo. El viento es el principal agente diseminador de las esporas; sin embargo, la lluvia también contribuye a su diseminación, por lo que es común que el daño se presente en tiempo de invierno y, sobre todo, en lugares del cacaotal con demasiada sombra y con mal drenaje.

### **13.10.5.7 Control cultural**

Para combatir la enfermedad rosada se recomienda:

- Podar las partes afectadas y quemarlas con el fin de eliminar el hongo por completo.
- Desinfectar las herramientas con una solución de formalina al 10% o virkon S.
- Establecer un sistema sostenido de poda, tanto para los árboles de cacao como para los de sombra y demás cultivos asociados.
- Mejorar el sistema de drenaje con el fin de evacuar los excesos de agua y así reducir la humedad de la plantación.

### **13.10.6 Formación de agallas en el tallo y ramas: *Calonectria rigidiuscula* (forma perfecta: teleomorfo) - *Fusarium* sp. (forma imperfecta: anamorfo)**

#### **13.10.6.1 Origen y distribución**

La enfermedad fue señalada por primera vez en Guayana, por Bartlett (1905), y en Trinidad por Rorer (1911), sin atribuirle importancia económica. Luego los informes de Garcés (1940) en Colombia; de Kevorkian (1951) en Nicaragua; de Hutchins (1958) en Costa Rica y de Malaguti (1958) en Venezuela, evidenciaron la incidencia y severidad de la enfermedad en plantaciones cacaoteras. Existe en casi todos los países cacaoteros del mundo, con altas incidencias en Nicaragua, Colombia, Nueva Guinea y Venezuela, donde es frecuente en plantaciones del sur del Lago de Maracaibo, de los valles de Aragua y de Soro, estado de Sucre (Parra, *et al.*, 2009). En Guatemala también está presente aunque con baja prevalencia.

### 13.10.6.2 Importancia económica

Las agallas se forman generalmente en los cojines florales, ocupando los sitios de fructificación e incidiendo negativamente en la producción, ya que las plantas afectadas se hacen improductivas. Las agallas de puntos verdes, las florales y las de abanico son las que más afectan la producción.

### 13.10.6.3 Etiología

Hutchins (1959) en Costa Rica y Gorenz (1960) en Nicaragua reportan la transmisión de la enfermedad mediante injerto de tejidos enfermos a plantas sanas. Malaguti y Capriles de Reyes (1963) estudian la sintomatología desde 1958 y logran reproducir la enfermedad, inoculando semillas con cultivos de ***Calonectria rigidiuscula*** (forma perfecta: teleomorfo). Brunt y Wharton (1962), en Ghana, obtienen agallas típicas con inoculaciones de semillas y pedúnculos de frutos, con un aislado de ***C. rigidiuscula*** (Parra, *et al.*, 2009).

Posteriores trabajos llevados a cabo en Venezuela y Costa Rica por Hansen y Capriles de Reyes, (1963) indujeron la formación de agallas de puntos verdes con ***C. rigidiuscula*** (Parra, *et al.*, 2009).

Hansen (1963) identificó a ***Fusarium roseum*** (forma imperfecta: anamorfo) como agente etiológico de las agallas del cacao en Nicaragua y a las especies ***F. moniliforme***, ***F. oxysporum*** y ***F. solani*** asociados a estas malformaciones. Actualmente se reconoce que la fase asexual o forma imperfecta es ***Fusarium decemcellulare*** (Parra, *et al.*, 2009).

Del hongo ***Calonectria rigidiuscula*** (Berkeley y Broome) Saccardo, existen cepas homotáticas y heterotáticas, las primeras no inducen la formación de agallas, forman peritecios amarillos frecuentes en los frutos en el suelo, sus ascas tienen cuatro ascosporas y son comúnmente asociados a heridas, cánceres, injertos, manchas en frutos y muertes regresivas ocasionadas por otros patógenos o actúan como saprofitos (Parra, *et al.*, 2009).

En cambio, las cepas heterotáticas son patogénicas, presentan dos tipos de compatibilidad (+) y (-) son autoestériles y sólo cuando se cruzan con un micelio de tipo opuesto pueden producir peritecios, cuyas ascas contienen entre cuatro y ocho ascosporas que inducen la formación de agallas. Los peritecios no han sido encontrados libremente en la naturaleza (Parra, *et al.*, 2009).

***C. rigidiuscula*** presenta un micelio algodonoso de tonalidades púrpura, con conidioforos variables, que originan dos tipos de conidias: las macroconidias que miden de 50 a 60 micras de largo por 5 a 6 micras de ancho, son pluriseptadas y con forma típica de canoa, y las microconidias de forma ovoide u oblonga miden de 5 a 9 micras de largo, por 3 a 5 micras de ancho, son unicelulares y se presentan solas o en cadenas, los esporodocios aparecen como abundantes masas de color amarillo, las ascosporas sexuales se forman en peritecios. La especie no forma clamidiosporas. ***Fusarium decemcellulare***, su anamorfo, igualmente es responsable de la producción de agallas de puntos verdes (Parra, *et al.*, 2009).

### 13.10.6.4 Sintomatología

Bajo la denominación de agallas se agrupa una sintomatología muy variada que se presenta en el tronco y en ramas de plantas de cacao, generalmente en los cojines florales con hiperplasia, hipertrofia y desorganizaciones meristemáticas como flores en ramillete, ramillas, ramas, hojas y otras tumoraciones que ocupan las áreas de fructificación del árbol y que progresivamente conducen a la improductividad de los árboles. Se presentan varios tipos que se describen a continuación (Parra, *et al.*, 2009).

**Agallas de puntos verdes:** es la sintomatología más frecuente y consiste en tumoraciones globosas que nacen a cualquier altura del tallo o de las ramas generalmente en los cojines florales o en las áreas pedunculares de las hojas. Están conformadas por aglomerados de yemas verdes, sésiles, de color verde brillante, compactas, con apariencia de coliflor, que se adhieren a las plantas por un pedúnculo central corto y leñoso; en los cojines afectados se forman ramillas y algunos frutos (Parra, *et al.*, 2009).

Las agallas varían de tamaño, alcanzando hasta unos 16 cm de diámetro, pudiendo ocupar todo el cojín floral e impidiendo la formación de frutos. Otra manifestación se presenta en las ramas, como múltiples agallas de puntos verdes de pequeño tamaño y consistencia esponjosa (Parra, *et al.*, 2009).

Las plantas pequeñas de vivero pueden presentar agallas de puntos verdes en la zona cotiledonar y en los verticilos foliares, considerándose un carácter transmisible a través de la semilla y deben ser erradicadas.

La aparición y la muerte de las agallas siguen un patrón durante el año. Capriles de Reyes, Solórzano y García (1977) encontraron que se forman durante las épocas secas del año y en los períodos lluviosos toman una coloración marrón, se necrosan, secan y desintegran. Tienen un promedio de vida de cinco a seis meses (Parra, *et al.*, 2009).

**Agallas florales:** aparecen como ramilletes de flores en los cojines florales, con una dinámica formación de flores, que van muriendo sucesivamente, pero no se desprenden y ocupan los sitios de producción de la planta (Parra, *et al.*, 2009).

**Agalla de perilla:** son nudosidades o abultamientos leñosos y duros, de superficie lisa y de color marrón, se forman en el tallo o en las ramas, con mayor frecuencia por debajo de los verticilos foliares. Pueden alcanzar hasta 6 cm de diámetro y persisten por largo tiempo en los árboles (Parra, *et al.*, 2009).

**Agallas de abanico:** en los cojines florales aparecen largas ramas muy ramificadas, de entrenudos cortos y gruesos, sobre los cuales nacen miles de flores, la agrupación de esas ramas forman especies de abanicos y los cojines son improproductivos.

**Agallas lobulares:** son de color marrón y nacen en tallos o ramas, su estructura no es compacta sino conformada por crestas abiertas o lóbulos.

La incidencia y severidad de los diferentes tipos de agallas difieren de acuerdo con los cultivares, la edad de las plantas y las diversas condiciones ambientales. En evaluaciones realizadas en Venezuela las mayores incidencias se han encontrado en condiciones de alta luminosidad, en suelos fertilizados y durante las épocas de menor precipitación (Parra, *et al.*, 2009).

Los híbridos vigorosos presentan gran número de agallas cuando se activan los cojines florales e inician la fructificación, al avanzar en edad, la formación de agallas tiende a disminuir siendo los cacaos clonales (por injerto) menos susceptibles que los híbridos. Por ello, plantas bajo altas densidades de siembra y con un sombrío racional deberían alcanzar su etapa productiva en forma más equilibrada (Parra, *et al.*, 2009).



Figura 91. Formación de agallas en cojines florales del tronco principal.

#### 13.10.6.5 Hospedantes

Numerosas especies presentan sintomatologías similares a las agallas de puntos verdes: mamón (*Melicocca bijuga*), aguacate (*Persea americana*), achiote (*Bixa orellana*), pito (*Erythrina spp.*), rosal (*Rosa spp.*), melón (*Cucumis melo*), girasol (*Helianthus annus*), gandul (*Cajanus indicus*), uña de danta (*Philodendron spp.*), guamo (*Inga sp.*), y ciruelo (*Prunus domestica*). Hospedantes para los otros tipos de agallas no han sido señalados (Parra, *et al.*, 2009).

#### 13.10.6.6 Control

La remoción de agallas dependerá mucho de la incidencia y severidad de la infección; a las plantas jóvenes que presenten pocas agallas se les podrá aplicar una cirugía vegetal, removiendo las agallas y parte de la corteza, con posterior desinfección con una pasta fungicida cicatrizante. Árboles jóvenes con buena capacidad productiva y que presenten gran número de agallas en las ramas, deben ser podados por debajo del área afectada e igualmente proteger las heridas. El material de poda deberá sacarse de la plantación y quemarse (Parra, *et al.*, 2009).

La enfermedad es sistémica y plantas muy afectadas deberán erradicarse. Hasta el momento no se conoce que hallan clones tolerantes a esta enfermedad. La fase anamorfa (asexual: *Fusarium*) no es sensible a los fungicidas.

### 13.11 Otras plagas

#### 13.11.1 Ardillas y chejes

Actualmente las ardillas y chejes han cobrado importancia económica como plagas del fruto de cacao. Se ha observado que tanto las ardillas gris y café como el cheje, perforan los frutos de cacao, provocando con esto el fácil ingreso de microorganismos que participan en la degradación de los frutos y por lo tanto, pérdidas considerables en la cosecha de cacao; otra ave que puede alimentarse del cacao es la urraca (*Calocitta formosa*).

*Características generales y distintivas de la ardilla gris: Sciurus aureogaster*

El dorso es gris claro u oscuro, el vientre es de color ocre o café oscuro; sin embargo, su coloración es variable entre las poblaciones de las distintas localidades. Es común encontrar formas melánicas, o sea de color negro o pardo oscuro (Monge, 2009).

*Medidas externas:* el largo del cuerpo mide entre 232 y 310 mm; el largo de cola entre 275 y 294 mm; el largo de pata trasera de 58 y 72 mm, y el largo de oreja 23 y 35 mm. El peso oscila entre 375 y 680 g (Monge, 2009).

*Tasa de fecundidad:* pueden tener de 2 a 4 crías por camada, después de 44 días de gestación (Monge, 2009).

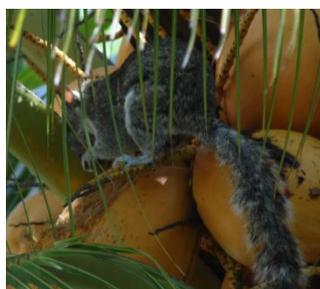
*Comportamiento reproductivo:* al igual que otras especies de ardillas, las actividades de cortejo se caracterizan por la participación de un grupo de ardillas. Brown y McGuire (1975) observaron este comportamiento en dos ocasiones; el primero en el mes de enero, con la participación de nueve individuos, y asumieron que la mayoría perseguía a una hembra receptiva. La segunda ocasión fue en el mes de mayo, con la participación de solo tres individuos (Monge, 2009).

La ardilla gris: ***S. aureogaster*** daña plantaciones de coco, mango, tamarindo y cacao, así como cultivos de maíz (Monge, 2009).

Otra especie de ardilla que puede dañar el cacao en Guatemala es la ***Sciurus variegatoides***.

*Características generales y distintivas:* la coloración de las ardillas de esta especie es muy variable, pues existen al menos ocho patrones de coloración y algunas formas intermedias. Existen 15 subespecies, de manera que cada una presenta una coloración diferente, lo cual, en algunos casos, podría asumirse erróneamente como especies diferentes. Así, por ejemplo, la subespecie, ***S. v. belti*** tiene una coloración de tonalidades café en la parte superior y anaranjado en las partes ventrales; ***S. v. rnelania*** tiene una coloración café oscuro o negro; ***S. v. dorsalis*** y ***S. v. atrirufus*** se reconocen porque tienen una línea negra que cubre su dorso, pero la primera tiene el resto del cuerpo blanco y la segunda anaranjado rojizo; otras aun teniendo el dorso y cabeza de color oscuro, es grisáceo entremezclado con amarillo con extremidades café-rojizo como ***S. v. rigidus*** o solo el dorso con color similar y la cabeza, los costados y las extremidades de color amarillo claro como en, ***S. v. helveous*** (Monge, 2009).

Otras coloraciones se observan en esta especie; sin embargo, todas presentan en común una cola grande, frondosa, con una coloración grisácea, producto de la combinación de pelos negros con partes blancuzcas hacia la parte terminal (Monge, 2009).



***Sciurus aureogaster.*** ***Sciurus variegatoides.***

Figura 92. Daño en frutos por ardillas.

Se considera que dos posibles mamíferos pueden ser depredadores de la ardilla ***S. aureogaster*** son el lince (***Lynx rufus***) y el mapache (***Procyon lotor***), y de las aves, el gavilán (***Buteo lineatus***) y la lechuza (***Otus asio***); sin embargo, no hay evidencias de depredación hacia esta especie (Monge, 2009).

Con base a observaciones de campo en cacaotal ubicado en el municipio de Chiquimulilla, Santa Rosa; sembrar chico zapote (***Manilkara achras***) alternado con árboles para sombra puede ser una buena alternativa para atraer a las urracas, quienes tienen preferencia por sus frutos, pero manifiestan actitud territorial, pues ahuyentan a las ardillas.



Figura 93. Daño en fruto por cheje: *Melanerpes pucherani*.

### 13.11.1.1 Tácticas de manejo

El posible manejo de las ardillas pueden ser las especies de plantas utilizadas como sombra, sus frutos sean más atractivos en vez de preferir el cacao. Éstas pueden ser paterna (*Inga paterna*), cushin (*Inga edulis*), caspirol (*Inga espuria*), el pataxte (*Theobroma bicolor*) y el coco (*Cocos nucifera*). Sobre todo el fruto preferido por las ardillas es el coco, por lo que, se recomienda colocar plantas de coco dentro de la plantación de cacao.

### 13.11.2 Taltuza: *Orthogeomys* spp.

Las taltuzas son roedores pertenecientes a la familia *Geomyidae*. Una de las principales características de su estilo de vida es que son fosoriales, es decir, que habitan en sistemas de túneles que ellas mismas construyen y mantienen permanentemente. En este ambiente obtienen una gran protección contra depredadores, a los cuales se exponen muy poco, ya que pasan prácticamente todo su vida dentro de estos túneles (Monje y Sánchez, 2015).

Este singular estilo de vida está relacionado con una serie de adaptaciones corporales particulares, tales como un cuerpo compacto con un cuello muy corto, un mayor desarrollo muscular en comparación con otros roedores, principalmente las extremidades delanteras, las cuales están provistas con fuertes garras. Prácticamente no tienen orejas, sino que un pequeño borde rodea un par de orificios del sistema auditivo. De igual manera, sus ojos son pequeños y su sentido de la vista es poco desarrollado, esto es compensado con la capacidad de otros sentidos, como el olfato y el tacto. La cola es relativamente corta y desnuda, es muy sensible y de gran utilidad al sentido del tacto, al igual que las vibrisas (bigotes), que también le son muy útiles para guiarse dentro de los sistemas de túneles que permanecen cerrados y, por ende, con escasa o nula luminosidad (Monje y Sánchez, 2015).

El ataque típico de las taltuzas se da sobre raíces suculentas, bulbos y tubérculos, aunque también pueden destruir tallos suaves, frutos y raíces leñosas.

En la costa del Pacífico de Guatemala se pueden localizar dos especies de taltuzas: *Orthogeomys grandis* y *O. hispidus*.

#### Descripción de *O. grandis*

Al igual que las otras especies de esta familia, tiene algunas características corporales distintivas adecuadas para su vida fosorial, o sea, dentro de túneles. Los ojos y orejas son muy pequeños; su cuerpo es rechoncho, con un cuello muy corto, patas muy fuertes, con una musculatura muy desarrollada (Monge, 2009).

Las patas delanteras están provistas de grandes garras que le permiten excavar sus sistemas de túneles. Su cola es corta, desnuda y muy sensible. Posee largos bigotes, que al igual que la cola les sirve para guiarse dentro de sus sistemas de túneles. Posee dos bolsas de piel al lado de las mejillas, llamados abazones, las cuales le sirven para transportar alimento, así como materiales para la construcción del nido (Monge, 2009).

#### Descripción de *O. hispidus*

Su coloración y tamaño son variables, dependiendo de la altitud en donde se encuentren las poblaciones; así, los animales de zonas bajas son pequeños, de color café rojizo, con pelaje corto y escaso, el cual apenas cubre la piel, en tanto las partes inferiores son casi desnudas (Monge, 2009).

A su vez, los animales de tierras altas son más grandes, completamente café rojizos, con pelaje largo, tosco y opaco, ocasionalmente tienen un cinturón completo o parcial (5-50 mm de ancho) de color blanco en las ancas o con manchas blancas en el centro del abdomen (Monge, 2009).

Además de los daños directos a los productos agrícolas, las taltuzas pueden destruir tuberías de irrigación y cables subterráneos, así como alterar el curso del agua en zonas de riego o provocar erosión cuando el agua de lluvia penetra en los túneles y arrastra el suelo.

El daño de las taltuzas está asociado con la presencia de montículos de tierra o “tierreros”, aunque también es posible hallar montículos solos, no asociados con el daño; en ambos casos, ellos son el resultado de la expulsión del material excavado y constituyen signos importantes para localizar a los animales en los cultivos. La presencia de montículos frescos, con tierra húmeda, es un indicio de la actividad reciente de una taltuza.

#### 13.11.2.1 Métodos de control

En las zonas rurales de Guatemala, el combate de las taltuzas está asociado con folclore y anécdotas. Por ejemplo, algunos agricultores dicen haber tenido éxito introduciendo un sapo (*Bufo marinus*) en los túneles, lo que provoca el envenenamiento de las taltuzas; otros, colocando trozos de tallos o ramas espinosas de güisoyol, que desangran al animal cuando trata de expulsarlos; otros, colocando trozos de madera de madrecaao (*Gliricidium sepium*) para causar su envenenamiento; otros incinerando materiales que produzcan bastante humo dentro de los túneles. La validez de técnicas como éstas no pueden ser descartadas *a priori*, pero tampoco existen pruebas irrefutables acerca de su eficacia. Al final, parece ser que el uso de trampas rústicas, brinda muy buenos resultados (Hilje, 1992).

##### a) Trampas rústicas

Después de localizar el túnel primario y conocer la orientación del animal, se entierra una varilla flexible tensada por un cordel al cual se amarran una estaca suave y una gaza de alambre (figura 95). La estaca debe impedir el avance del animal y la gaza quedar en la posición exacta, a unos 8 cm de la estaca, para circundar el vientre; la gaza se coloca en el perímetro del túnel a través de rendija hecha en el techo del túnel. Cuando la taltuza trata de avanzar por el túnel roe la estaca, y al perder ésta el anclaje en el suelo, la tensión de la varilla arqueada hala la gaza, la cual prensa a la taltuza contra el techo del túnel, asfixiándola y matándola. Según los taltuceros esta trampa es muy eficaz, solo se invierte alrededor de 30 minutos en su colocación (Hilje, 1992).

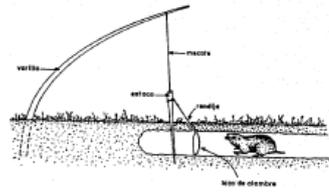


Figura 94. Trampa y taltuza atrapada.  
Fuente: Delgado, 1990.

### b) Control biológico

Desde la perspectiva del control biológico, puede resultar importante la conservación de los enemigos naturales de las taltuzas. Aunque algunos mamíferos como los mapaches (*Procyon lotor*) las pueden devorar cuando están prensadas en las trampas; son pocos los que pueden penetrar en los túneles, como lo hacen las comadrejas (*Mustela frenata*), que a veces son capturadas en las trampas. En todo caso, su conservación no sería necesariamente deseable, pues los mapaches son plagas en el maíz y las comadrejas sobre las aves de corral (Hilje, 1992). Experiencias de profesionales en campo, han observado que cuando se intercalan dentro de los cultivos plantas como el higuierillo (*Ricinus comunis*), leucaena (*Leucaena leucocephala*) y madrecaao (*Gliricidium sepium*), el ataque de las taltuzas disminuye, atribuyéndoseles propiedades repelentes (com. pers. Dr. MV Jorge Espinoza, 2016).

### 13.12 Caldos minerales para el control de plagas

La aplicación de los caldos que se mencionan a continuación, están aceptados dentro de la agricultura convencional como orgánica, para la prevención y el control de síntomas provocados por diferentes patógenos.

Cuadro 14. Componentes del caldo bordelés.

Ingrediente	Cantidad	Otros materiales
Sulfato de cobre	1 kilogramo (2.2 libras)	1 recipiente plástico de 100 litros (27 galones) de capacidad. 1 cubeta de plástico de 10 litros de capacidad. 1 machete. 1 palo de madera.
Cal viva	1 kilogramo (2.2 libras)	
Agua	100 litros	

#### 13.12.1 Procedimiento para caldo bordelés

- Colocar el kilogramo del sulfato de cobre en un balde plástico; luego agregarle 10 litros de agua y mezclar bien hasta que se disuelva.
- En una tina plástica grande, echar (apagar) el kilogramo de cal viva. En 90 litros de agua limpia.
- Después agregar el sulfato de cobre en la tina que tiene la cal “apagada” y revolver continuamente.

- **OJO:** El orden es muy importante y por eso se tiene que recordar la recomendación que dice que “**el sulfato siempre se echa encima de la cal**”, de lo contrario pueden formarse vapores tóxicos.
- Por último hacer la prueba del machete para comprobar el grado de acidez del caldo. Para ello, se toma un machete y se mete la mitad de la hoja en el caldo: si la hoja se oxida quiere decir que hay que echarle más cal, si no, está en su punto.

Cuadro 15. Ingredientes y forma de preparar el caldo visosa.

Ingrediente	Cantidad	Otros materiales
Sulfato de cobre	500 gramos (1 libra 1 onza)	1 recipiente plástico de 100 litros (27 galones) 1 recipiente plástico de 50 litros de capacidad (12 galones) 1 cubeta de plástico de 10 litros de capacidad (2.5 galones). 1 machete. 1 palo de madera.
Cal hidratada	500 gramos (1 libra 1 onza)	
Sulfato de zinc	600 gramos (1 libra 4 onzas)	
Sulfato de magnesio	400 gramos (13 onzas)	
Bórax	400 gramos (13 onzas)	
Agua	100 litros	

### 13.12.2 Procedimiento para caldo visosa

- En una tina (uno) se disuelve los sulfatos de cobre, zinc, magnesio y bórax en 50 litros de agua y se mezclan con un palo.
- En otra tina (dos) se disuelve la cal en 50 litros de agua y se mezclan con un palo.
- Agregar la mezcla de la tina uno en la tina dos (nunca al revés) y mezclar constantemente.
- Aplicar inmediatamente al cultivo del cacao.

### 13.12.3 Recomendaciones especiales en la preparación de caldos

- El caldo bordelés y el caldo visosa se deben usar el mismo día de su preparación. Si se prepara mucha cantidad y no se utiliza todo, entonces se puede guardar sólo por tres días; después ya no sirve. **NUNCA SE DEBE PREPARAR MAS DEL QUE SE VA A NECESITAR EN UN DIA.**
- El caldo bordelés y el caldo visosa deben aplicarse usando equipo de protección.
- Los caldos deben aplicarse de preferencia en horas de la mañana o al atardecer.
- A pesar de que presentan poca toxicidad en relación con los plaguicidas convencionales, la persona que los aplica debe lavarse muy bien después de cada aplicación.
- Antes de aplicar los caldos, es conveniente colarlos para limpiarlos de residuos (no se diluyen).
- Las plantas pequeñas, las recién germinadas, o las en floración son muy delicadas y no toleran el caldo bordelés o caldo visosa.

### **13.13 Uso de biofertilizantes para prevención de enfermedades**

Los biofertilizantes presentan un potencial para la prevención de enfermedades, a través de la antibiosis (por la presencia de antibióticos en su composición), competencia (presencia de poblaciones microbianas); inducción de resistencia (tanto microbiana como por los compuestos químicos presentes) y acción directa o indirecta del fortalecimiento de nutrientes en las plantas. El uso de biofertilizantes para el control de enfermedades de plantas constituye una de las alternativas para los productores orgánicos, ya que hasta el momento los productos disponibles para este sistema, son pocos.

La producción de biofertilizante se da por la digestión anaeróbica (ausencia de oxígeno) de material orgánico de origen animal y vegetal en un medio líquido, en un equipo llamado biodigestor. El resultado de ese proceso es un sistema de dos fases: una sólida, usada como abono orgánico y la otra líquida como abono foliar para el control de enfermedades e insectos. El biofertilizante, también puede ser preparado mediante digestión aeróbica con las mismas finalidades.

El método de obtención de biofertilizante, descrito por Santos (1992), (citado por Bettiol y colaboradores, 1998) consiste en fermentar, por treinta días, en un sistema sellado (hermético), con ausencia de aire, una mezcla de estiércol fresco de bovino (de preferencia lechero) y agua en la proporción de 50% (volumen sobre volumen). Para así obtener un sistema anaeróbico, se coloca la mezcla en un tonel plástico de 200 litros, dejando un espacio vacío de 15 a 20 centímetros de su interior; se sella herméticamente, se adapta una manguera en la tapadera, sumergiendo la otra extremidad en un recipiente con agua para la salida de los gases. El producto no debe almacenarse por mucho tiempo, para no alterar sus características. En el caso que no sea utilizado en su totalidad, puede ser almacenado por un período de treinta días, volviendo al esquema descrito anteriormente.

El otro método usado por Delvino Magro (citado por Bettiol y colaboradores, 1998) del centro de agricultura ecológica de Brasil; consiste en la utilización de un tonel plástico de 200 litros de capacidad, en el cual se mezclan 40 litros de estiércol, 80 litros de agua, 1 litro de leche y 1 litro de melaza (o 500 gramos de panela).

Esta mezcla se agita, se deja fermentar por 3 días. Después de ese período de tiempo, se adicionan las siguientes sales diluidas en agua normal, a cada cinco días: sulfato de zinc (3.0 kg), sulfato de magnesio (1.0 kg), sulfato de manganeso (0.3 kg), sulfato de cobre (0.4 kg), sulfato de calcio (2.0 kg), bórax (tetraaborato sódico, 1.5 kg) o ácido bórico (1.0 kg). Al final se completa el volumen de 180 litros, se tapa, se deja fermentar por 30 días en el verano y 45 días en el invierno, se debe adaptar una manguera para que respire como en el método anterior.

Una de las principales características de los biofertilizantes es la presencia de microorganismos, responsables de la descomposición de la materia orgánica, producción de gas y liberación de metabolitos, entre ellos, antibióticos y hormonas. Entre más activa y más diversificada es la materia prima, mayor es la posibilidad de liberación de diferentes sustancias orgánicas.

La acción de las sales puede ser tanto por el aumento de presión osmótica, como por el efecto directo sobre los microorganismos. Para el control de enfermedades de plantas, es importante la presencia de metabolitos producidos por los organismos presentes en el biofertilizante y los propios organismos vivos.

La dosificación de aplicación es: 2%, es decir por cada litro de agua adicionar 20 cc de biofertilizante; y 300 cc por mochila de cuatro galones, cada 15 días, vía foliar. Con estas aplicaciones se eleva el vigor de las plantas, el mecanismo de defensas y evita el desarrollo de enfermedades.

Cuadro 16. Programa fitosanitario para cacao convencional y orgánico.

Nombre común	Nombre científico	Producto	Dosis	Observaciones
Mazorca negra	<b><i>Phytophthora</i> spp.</b>	Caldo bordelés Caldo visosa Biofertilizante	Colar y aplicar. 300 cc/4 galones.	Manejo de sombra, poda sanitaria. Aplicar cualquiera de las tres alternativas cada 15 días.
Moniliasis	<b><i>Moniliophthora rozeri</i></b>	Caldo bordelés Caldo visosa Biofertilizante	300 cc/4 galones.	Manejo de sombra, poda sanitaria. Aplicar cualquiera de las tres alternativas cada 15 días.
Escoba de bruja	<b><i>Moniliophthora perniciosa</i></b>	Caldo bordelés Caldo visosa Biofertilizante	300 cc/4 galones.	Manejo de sombra, poda sanitaria. Aplicar cualquiera de las tres alternativas cada 15 días.
Mal de machete	<b><i>Caratocystis cacaofunesta</i></b>	Caldo bordelés Caldo visosa Biofertilizante	300 cc/4 galones.	Manejo de sombra, poda sanitaria. 10 gramos por litro de agua (Virkon S) para desinfectar herramientas, por 10 segundos. Aplicar cualquiera de las tres alternativas cada 15 días.
Mal rosado	<b><i>Corticium salmonicolor</i></b>	Caldo bordelés Caldo visosa Biofertilizante	300 cc/4 galones.	Manejo de sombra, poda sanitaria. Aplicar cualquiera de las tres alternativas cada 15 días.
Agallas en el tronco	<b><i>Calonectria rigidiuscula</i> (<i>Fusarium decemcellulare</i>)</b>			Regulación de sombra. Cirugía y aplicación de pasta cubrecortes.
Chinche de la mazorca	<b><i>Monalonion dissimulatum, M. annulipes</i></b>	ACT- botánico + Azufre 80 %	2.5 copas + 2 copas/4 galones	Manejo de sombra, poda sanitaria.
Trips	<b><i>Selenothrips rubrocinctus, Frankliniella occidentalis</i></b>	ACT- botánico + Aceite vegetal	2.5 copas + 100 cc/4 galones	Manejo de sombra, poda sanitaria.
Zompopos	<b><i>Atta</i> spp.</b>	<b><i>Beauveria bassiana</i></b> (Teraboveria)	50 cc por 1 galón de agua.	Vaciar todo el galón por tronera. Repetir a los 5 días. A los 30 días, asperjar sobre los adultos por la noche.

Con base a resultados obtenidos por Villatoro (tesis FAUSAC, 2010), se obtiene altos rendimientos de cacao seco por hectárea (700 kg/ha), cuando la plantación se maneja con podas, se regula la sombra y se aplica biofertilizante cada quince días.

## **14. PRODUCCIÓN DE CACAO BAJO LA NORMATIVA DE BUENAS PRÁCTICAS AGRÍCOLAS -BPA-**

Los grandes cambios mundiales en el área social, cultural como tecnológico, así como los procesos de globalización y competitividad son en la actualidad aspectos que deben considerar las agro empresas que deseen tener éxito y mantenerse en el mercado. Estas empresas deberán adaptarse a los cambios y convertirse en protagonistas y no en simples espectadores, para continuar su participación en los mercados globales y en el exigente ambiente de la competitividad.

La comunidad agrícola mundial, así como asociaciones de consumidores y comercializadores, en especial la de los países desarrollados, han propuesto la adopción de diferentes técnicas para lograr el cumplimiento de los requisitos y seguridad del cliente. Técnicas que van desde las normativas ISO internacional, CODEX ALIMENTARIUS, GLOBAL GAP, así como requerimientos como los que propone el FDA de los Estados Unidos de América, en su "Guía para reducir al mínimo el riesgo microbiano en los alimentos, en el caso de frutas y hortalizas frescas", donde todas pretenden armonizar la producción con la disminución de enfermedades y riesgos transmitidos por los productos agrícolas, además de procurar la disminución de la contaminación ambiental.

### **14.1 Definición de Buenas Prácticas Agrícolas (BPA)**

Cualquier práctica de manejo agrícola o procedimiento de operación que reduzca los riesgos microbianos o prevenga la contaminación de las frutas y hortalizas en la finca o en las áreas de empaque o empacadora.

La aplicación de las BPA garantiza una optimización de los insumos, disminuye el desperdicio y vuelve más eficiente la finca, protegiendo además el ambiente y el personal (Bollati, s.f.).

Los beneficios que reportan las BPA a los pequeños productores son: Permiten el control del producto en todas las etapas de cultivo y transformación, optimizan el uso de insumos y fertilizantes, ayudan a detectar a tiempo peligros propios del cultivo, facilitan la detección a tiempo de factores externos que pueden disminuir la calidad, permiten que la producción esté bajo parámetros de calidad y pueda ser certificada, representan una garantía para los compradores y ayuda a incrementar las ventas y minimizan la posibilidad de accidentes con los trabajadores (Bollati, s.f.).

Además, permiten: estar preparados para entrar a mercados exigentes y tener mejor acceso en el futuro; obtener un producto diferenciado por calidad e inocuidad, lo que puede implicar un mayor precio de venta; un mayor control del proceso productivo por la obtención de mejor y nueva información sobre la propia producción, gracias a los análisis de laboratorio y a los sistemas de registros; reducir los riesgos de rentabilidad; mejora la calidad de vida de las personas que trabajan en la unidad agrícola familiar y baja la compra de insumos; desarrollar el capital humano por la educación recibida (capacitaciones) (Bollati, s.f.).

Para que el cacao producido sea saludable, se recomienda el manejo ecológico de los cacaotales naturales y de los cultivos de cacao, el uso de abonos orgánicos y de bio-preparados, evitar el uso de plaguicidas químicos en el control de plagas; esto es hacer el menor uso de agroquímicos; solo emplearlos en caso de ser indispensable y preferir las categorías toxicológicas más bajas de dichos productos, para que así no se contamine el medio ambiente (Bollati, s.f.).

## 14.2 Qué es aseguramiento de la calidad

El conjunto de condiciones y medidas necesarias durante la producción, elaboración y almacenaje, distribución y preparación de los alimentos para asegurar que, una vez ingeridos no representen un riesgo apreciable para la salud.

### 14.3 Definición de peligro y riesgo

El análisis de riesgos en relación con la inocuidad de los alimentos es una disciplina relativamente nueva.

El análisis de los peligros potenciales de contaminación microbiológica, es útil para definir cuáles pueden ser las Buenas Prácticas Agrícolas y las Buenas Prácticas de Manufactura que pueden prevenir los riesgos de contaminación.

Un **peligro** es un agente biológico, químico, físico o condición de un alimento que puede tener efectos adversos, mientras que un **riesgo** es la probabilidad de que ocurra un peligro y la gravedad de los efectos adversos que puedan tener, en la salud de la población expuesta.

Los peligros son de tres tipos:

Peligro físico  
Peligro químico  
Peligro microbiológico

#### 14.3.1 Peligro físico

Cualquier objeto o partícula extraña (vidrio, madera, piedra, metal, hueso, plástico, efectos personales) presentes en el producto, que pueda tener un efecto adverso en la salud del consumidor y en la calidad del producto.

#### 14.3.2 Peligro químico

Cualquier sustancia o compuesto químico (micotoxinas, alcaloides, plaguicidas, fertilizantes, reguladores del crecimiento, productos de limpieza, adhesivos, tintas) presentes en el producto, que lo haga no apto para el consumo humano, o que pueda causar un problema de salud en el corto o largo plazo al consumidor.

#### 14.3.3 Peligro microbiológico

Llamado también biológico o microbiano y es debido a la presencia de cualquier microorganismo (bacterias formadoras de esporas: *Clostridium botulinum*, *C. perfringens*, *Bacillus cereus*; bacterias no formadoras de esporas: *Brucella abortus*, *B. suis*, *Campylobacter* spp., *Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes*, *Salmonella* spp., *Shigella dysenteriae*, *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus pyogenes*, *Vibrio cholerae*, *V. parahaemolyticus*, *V. vulnificus*, *Yersinia enterocolitica*; virus: hepatitis A y E, Norwalk, Rotavirus; protozoos: *Cryptosporidium parvum*, *Cyclospora cayentanensis*, *Entamoeba histolytica*, *Giardia lamblia*, *Ascaris lumbricoides*, *Taenia solium*, *T. saginata*, *Trichinella spiralis*) en el producto que pueda causar enfermedad o problemas de salud a los consumidores

Un aspecto importante a establecer es el diagrama de flujo que tiene el proceso de producción desde la selección del terreno para establecer la plantación, hasta la salida del producto empacado a su distribución en los centros de consumo. En el diagrama de flujo deben establecerse todos los pasos importantes, incluyendo los métodos de siembra, fertilización, aplicación de plaguicidas, sistema de riego y la actividad de recolección del fruto.

Así mismo, en una segunda etapa, se describen los procedimientos de operación en el transporte del campo a la selección y empaque.

El principio de estas prácticas lo constituye el conocimiento de que todo lo que se pone en contacto con las frutas y hortalizas, puede ocasionar su contaminación y que la mayoría de los microorganismos patógenos y residuos de plaguicidas, provienen del hombre, de los animales y del uso indiscriminado de productos químicos.

La filosofía de las diferentes unidades de producción (parcelas, fincas), debe ser tal que todos los empleados sientan la responsabilidad de las Buenas Prácticas Agrícolas. En ese sentido, la sanidad e higiene son parte integral de las funciones de cada empleado. La higiene personal de los empleados comienza desde el nivel de la gerencia o administrador de finca y éstos son responsables de:

- Promover y mantener un lugar seguro y limpio de trabajo, con equipos y herramientas seguras.
- Establecer y fortalecer las reglas de conducta y trabajos.
- Desarrollar y conducir un programa de educación continua que promueva los hábitos de sanidad y seguridad de los empleados.

La empresa debe designar a un supervisor calificado para interpretar las necesidades de la gerencia y asegurar el cumplimiento de las Buenas Prácticas Agrícolas. La gerencia vigilará que los supervisores y empleados reciban un entrenamiento apropiado en las técnicas requeridas para el manejo de los frutos frescos, los principios de protección y los peligros que conllevan una pobre higiene personal y práctica no sanitaria. La empresa debe establecer un calendario para el programa de entrenamiento y todos los empleados deberán asistir a las capacitaciones que les indiquen.

El personal de campo debe recibir capacitación sobre el manejo de tejido producto de la poda, riego, fertilización, manejo seguro de plaguicidas y calibración de equipo de aplicación.

Sin lugar a dudas en el secado y empaque del cacao son los puntos más susceptibles de contaminación por patógenos, por lo que se deben aplicar las Buenas Prácticas de Manufactura.

Así mismo, se recomiendan efectuar análisis frecuentes microbiológicos y de ser necesario químico del agua y las demás prácticas relacionadas con el agua para proceso y lavado. Otro elemento importante es la capacitación y entrenamiento al personal que labora en las instalaciones de empaque y selección.

Entre las prácticas para prevenir la contaminación microbiológica en las instalaciones de empaque se recomienda, mejorar los sistemas de drenaje, controlar los insectos y roedores, por ser considerados vectores de patógenos y la recolección continua de la basura.

Entre las medidas correctivas se puede mencionar entre otras, la separación de los servicios sanitarios del área de empaque de la planta, el empleo de papel desechable para secado de manos, protectores de lámparas contra insectos, otros.

#### **14.4 Alrededor de la plantación**

- Evitar basureros a la orilla de la plantación.
- Mantener limpios los alrededores.
- Cercar el área de plantación o finca para evitar el ingreso de personas y animales.
- Evitar que corrientes de agua de lluvia y drenajes entren a la plantación.

- Evitar el levantamiento de polvo por vehículos y viento.
- La letrina debe de contar con fosa séptica, debe existir una instalación por cada 15 personas y una por cada sexo.

## 14.5 Dentro de la plantación

- No permitir la presencia de animales y personas ajenas a la plantación.
- No se debe comer en la plantación.
- Mantener el área de cultivo limpio, ordenado y libre de basura.
- Ni la fruta y las ramas laterales, deben estar en contacto con el suelo.
- Las ramas deben estar a 45 centímetros del suelo.
- El cultivo debe estar bien podado para estar saludable.
- Llevar los registros de aplicación de agroquímicos (bitácora).
- Se debe tener un botiquín de primeros auxilios.
- No se debe permitir el ingreso de personas o niños enfermos a la plantación.
- Lavarse bien las manos y las uñas antes de ingresar a la plantación.

## 14.6 Acápites de la guía resumida de inocuidad

### 14.6.1 Calidad del agua

#### 14.6.1.1 Riesgo microbiológico.

El agua puede ser un portador de ciertos microorganismos incluyendo cepas patógenas de *Escherichia coli*, *Salmonella spp.*, *Vibrio cholerae*, *Shigella spp.*, *Cryptosporidium parvum*, *Giardia lamblia*, *Cyclospora cayetanensis*, *Toxiplasma gondii*, virus de la hepatitis A y virus Norwalk.

El agua con pequeñas cantidades de estos microorganismos puede provocar epidemias relacionadas con los alimentos. Siempre que el agua esté en contacto con las frutas y hortalizas frescas, su calidad dictaminará el potencial de contaminación por patógenos.

#### 14.6.1.2 Control de riesgos potenciales

La calidad del agua, la forma y momento en que es utilizada, así como las características del cultivo, influyen en el potencial del agua como contaminante del producto. En general, el agua que entra en contacto directo con las frutas y hortalizas, necesita tener una mayor calidad comparada con el agua donde el contacto es mínimo, en particular con la parte comestible de la planta.

#### 14.6.1.3 Agua agrícola

Debido a que la calidad del agua agrícola puede variar, en especial las aguas superficiales, las cuales pueden estar sujetas a contaminación temporal o intermitente, a consecuencia de descargas de aguas negras o desechos contaminados de operaciones ganaderas, la normativa recomienda las siguientes prácticas preventivas:

- a) Identificar el origen, así como el sistema de distribución del agua y tener presente el potencial de una contaminación por patógenos.
- b) Mantener los pozos en buenas condiciones de trabajo y protegidos.
- c) Revisar las prácticas de trabajo y las condiciones existentes en los sistemas de riego para identificar las fuentes de contaminación potenciales.
- d) Estar consciente del uso pasado y actual de la tierra por la que pasa el agua de riego y los sistemas de distribución.

- e) Considerar las prácticas que protegerán la calidad del agua superficial, los pozos y áreas de bombeo, y preparar medidas de control del acceso de ganado o de animales silvestres, para evitar la diseminación de contaminación por materia fecal.
- f) Realizar con frecuencia análisis físico y microbiológico al agua de riego.

#### **14.6.1.4 Agua para el procesamiento**

El agua utilizada para el procesamiento de frutas y hortalizas frecuentemente involucra un alto grado de contacto con el producto. Por lo tanto, se deben tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

- a) Realizar muestreo periódicos del agua y pruebas microbiológicas.
- b) Cambiar el agua conforme sea necesario para mantener las condiciones sanitarias.
- c) Limpiar y desinfectar tanques de descarga, tanques de sedimentación, tanques de lavado y sistemas hídricos de enfriamiento.
- d) Instalar mecanismos de desviación de agua para prevenir la contaminación del agua limpia con el agua contaminada.
- e) Inspeccionar rutinariamente y dar mantenimiento al equipo de inyección de cloro, sistemas de filtración y dispositivos de movilización y desviación del agua.

#### **14.6.1.5 Agua para lavado**

El lavado de frutas y hortalizas frescas (conocido como tratamiento superficial) puede reducir el potencial de contaminación microbiológica en los alimentos. Si los patógenos no son removidos, inactivados o controlados de algún modo, pueden diseminarse a los demás productos.

Una serie de actividades pos cosecha, como el enfriado con agua, el uso de tanques de descarga, otros, involucran un alto grado de contacto del agua con el producto. En consecuencia, las plantas empacadoras deberán seguir las siguientes recomendaciones de BPM (Buenas Prácticas de Manufactura):

- a) Utilizar los métodos apropiados de lavado (uso de cepillo, aspersiones, inmersión, otros) dependiendo de las características del producto.
- b) Mantener la eficacia de los tratamientos con agua (utilizando químicos, diferentes tipos de lavado, otros).
- c) Considerar la temperatura del agua de lavado para ciertas frutas y hortalizas (dependiendo de la naturaleza del producto).
- d) Considerar métodos alternativos de lavado o limpieza para frutas y hortalizas sensibles al agua (chorro de aire, radiación, otros).

#### **14.6.2 Estiércol y biosólidos de aguas negras**

Los estiércoles y biosólidos tratados inapropiadamente y utilizados como fertilizantes o mejoradores de la estructura del suelo, o bien que entren a los depósitos de agua, pueden contener patógenos de riesgo para la salud pública. El estiércol de los animales y materia fecal humana son fuente de microorganismos peligrosos.

Un patógeno particularmente agresivo es la *Escherichia coli* cepa 0157:H7, la cual se origina de los rumiantes y se dispersa a través de sus heces. Además la materia fecal animal y humana reproducen la *Salmonella*, el *Cryptosporidium* y otros patógenos. Por lo tanto, el uso de estiércoles y biosólidos en la producción de frutas y hortalizas frescas debe estar muy bien manejado (compostaje, pasteurización, deshidratación, trituración y envasado) para limitar la contaminación potencial por patógenos y que sea proveniente de una empresa certificada.

#### **14.6.2.1 Materia fecal de los animales**

La materia fecal de los animales, son una fuente importante de patógenos en los alimentos. Por lo que, se recomienda observar las siguientes recomendaciones para minimizar los riesgos de contaminación:

- Los animales domésticos deberán ser excluidos de los campos de cultivo de frutas y hortalizas frescas.
- Donde sea necesario, los productores deberán considerar medidas que aseguren que los desechos o estiércoles de animales procedentes de los campos adyacentes o instalaciones de almacenamiento, no contaminen las áreas de producción de frutas y hortalizas.

#### **14.6.3 Higiene del trabajador**

Es importante asegurar que todo el personal, incluyendo aquéllos indirectamente involucrados en las operaciones del producto fresco, tales como operadores del equipo, empacadores (as), posibles compradores que pudieran acercarse a zonas donde se ubique el producto, otros, cumplan con las prácticas higiénicas establecidas. Además, se debe observar las siguientes recomendaciones:

- Establecer un programa de capacitación que incluya principios básicos de higiene y de sanidad, prácticas de higiene y salud, así como demostraciones, por ejemplo las técnicas de lavado de manos.
- El supervisor deberá reconocer los síntomas típicos de las enfermedades infecciosas en los trabajadores de campo y de sala de empaque, para aplicar las medidas correctivas.
- Proporcionar protección a los trabajadores que tengan una lesión o infección.
- Considerar las buenas prácticas de higiene alternativas como guantes desechables y otros aditamentos.
- Asegurarse de que los visitantes a la plantación, sala de empaque o sistema de transporte sigan las buenas prácticas higiénicas en cualquier momento que tengan contacto con las frutas y grano seco.
- La importancia de colocar y usar correctamente las instalaciones sanitarias (letrinas y lavamanos).

#### **14.6.4 Procesos sanitarios en el campo**

##### **14.6.4.1 Instalación de letrinas**

- Las letrinas deben ser accesibles a los trabajadores en todo momento; separadas por sexo y un sanitario por cada quince personas.

- Las letrinas se deben localizar adecuadamente (lejos de los abastecimientos de agua para riego o en un lugar que no pueda provocar escapes por las lluvias).
- Las letrinas y lavamanos deberán estar bien abastecidas con agua, jabón líquido, toallas de papel para el secado de las manos y bote con tapadera de pedal para depositar el papel.
- Todas las instalaciones deberán mantenerse limpias.

#### **14.6.4.2 Consideraciones generales para la cosecha**

- Limpiar las instalaciones de almacenamiento antes de usarlas.
- Desechar los sacos o que no puedan ser limpiados, para reducir la posible contaminación microbiológica de los frutos de cacao.
- Limpiar los contenedores antes de usarlos para el transporte de los frutos.
- Asegurarse de que los frutos son manipulados sin contaminación en la sala de extracción de la baba.

#### **14.6.4.3 Consideraciones generales para el transporte**

- Verificar que las carretas, carretones y los sacos estén limpios, sin olores, suciedad o desechos, antes de cargar las mazorcas de cacao.
- Mantener los camiones limpios para reducir la contaminación en el producto fresco.

#### **14.6.5 Registros**

Son los documentos indispensables por medio de los cuales, los productores comprueban que se están implementando las BPA y BPM en la parcela o finca. Bitácora de campo y bitácora de fermentación, secado y embalaje del grano seco.

##### **14.6.5.1 Propósitos**

Se puede analizar lo que ocurrió durante el proceso de la actividad.

Queda registrado el historial del tratamiento o manejo de la fruta desde que se recibió hasta que se extrajo la baba, la fermentación, secado y empaque del grano seco.

Se lleva un mejor control de las actividades que se realizan en la planta de empaque.

Ayuda a determinar la capacidad de producción de la parcela o finca.

##### **14.6.5.2 Qué registros se deben llevar**

Lavado de manos, anotar cada vez que se lavan las manos.

Limpieza de utensilios, anotar cada vez que se lave el equipo (mesas, gabachas, equipo de aspersión y canastas).

Limpieza del área de extracción de la baba, secado y empaque del grano, anotar cada vez que se haga.

Limpieza de instalaciones sanitarias, anotar cada vez que se limpien los sanitarios y lavamanos.

Enfermedades del personal, anotar cuando cualquier persona presente síntomas.

Insumos agrícolas; llevar el control de los fertilizantes y plaguicidas que se aplican a la plantación.

Calidad de agua, se debe tener una fotocopia del análisis de agua, mínimo una vez al año. Se debe anotar la fecha de los análisis del laboratorio y la fuente de agua.

Control de cambio de filtros, anotar cada cambio de filtro de agua en los chorros.

Poseer tarjeta de salud vigente, de todo el personal que labora en la sala de empaque.

Control de capacitaciones, poseer diplomas de participación en las capacitaciones de BPA y BPM, manejo seguro de plaguicidas y calibración de equipo de aspersión.

Todos los registros deben estar firmados por un supervisor, los cuales deben ser revisados diariamente.

#### **14.6.6 Identificación retrospectiva y rastreo de origen (trazabilidad)**

La identificación de origen permite obtener una seguridad en el rastreo del producto en caso de una contaminación y ayuda a determinar con mayor detalle el posible lugar donde se expuso el producto a una contaminación. Así mismo, la identificación de origen ayuda a delimitar responsabilidades en el manejo del alimento en la cadena que va desde el campo hasta la manufactura del grano seco.

La documentación deberá incluir: fecha de cosecha, identificación de la parcela o finca, ubicación de la parcela, responsable de la cosecha, transporte, extracción de baba, fermentación, secado, empaque del grano, calidades, otros.

En el caso de la aplicación de plaguicidas (deben utilizarse los que estén debidamente autorizados por EPA, CODEX ALIMENTARIUS; registrados en la Unidad de Normas y Regulaciones del MAGA), y fertilizantes químicos, es importante contar con registros de las aplicaciones, por lo que se deberá contar con formato específico que registre y muestre fechas, producto comercial, ingrediente activo, dosis, deficiencia o plaga a controlar, así como en las hojas técnicas y de seguridad.

Como se puede observar en este breve resumen, la aplicación de las recomendaciones de las Buenas Prácticas Agrícolas (BPA), implica esfuerzos para los productores de cacao. Además esto crea la necesidad de un sistema que verifique, certifique y proporcione información a los consumidores de los nuevos procedimientos para el aseguramiento de la calidad, todo lo cual tiene el propósito de que el producto se coloque en el mercado y alcance un mejor precio tanto nacional como en los mercados extranjeros.

## **15. METALES PESADOS EN CACAO**

El chocolate es uno de los alimentos con mayor incremento en consumo de los últimos años, la demanda en cantidad y calidad ha sostenido un aumento en el precio de la almendra fermentada y seca. Sin embargo, por tratarse de un consumo de lujo, los requerimientos de calidad son muy altos y demandantes, uno de los parámetros más importantes es la concentración de contaminantes y metales pesados que en el caso del cacao parecen ser por naturaleza más altos que con otros cultivos.

Los metales pesados se conocen desde hace mucho tiempo como contaminantes de difícil solución que una vez que ingresan a los suelos agrícolas y a la cadena alimentaria permanecen por mucho tiempo en el sistema. Los valores tolerables en presencia de metales pesados varían entre pocos miligramos hasta solamente microgramos en el producto final comercial.

Desde el punto de vista químico, el término metales pesados se aplica al grupo de elementos químicos con una densidad igual o superior a  $5 \text{ g/cm}^3$  cuando está en forma elemental o cuyo número atómico es superior a 20. Elementos pesados como el plomo (Pb), cadmio (Cd), mercurio (Hg), zinc (Zn), cobre (Cu) cuando están presentes en cantidades elevadas son considerados tóxicos, teniendo preferencia de acumulación en ciertos órganos y ocasionan problemas en la salud (Mite *et al.*, 2010). Las plantas cultivadas en suelos con altas cantidades de metales pesados solubles, acumulan estos elementos en sus diferentes órganos vegetales y son transmitidos al cuerpo humano cuando son consumidos (Félix, *et al.*, s.f.).

La concentración de metales pesados en los suelos está asociada a los ciclos biológicos y geoquímicos y pueden alterarse por actividades antropogénicas (por el hombre) como las prácticas agrícolas, el transporte, las actividades industriales y la eliminación de residuos, entre otras. Por otra parte, es bien conocido que los metales pesados son peligrosos porque tienden a bioacumularse en diferentes sistemas vivos. La bioacumulación se entiende como un aumento en la concentración de una sustancia química en un organismo vivo en un período de tiempo, cuando se compara con la concentración de la sustancia en el ambiente (Martínez y Palacio, 2010).

El cadmio es un metal pesado de origen natural, que no tiene una función conocida en los seres humanos. Se acumula en el cuerpo y afecta principalmente a los riñones, pero también puede causar desmineralización ósea (Meter, Atkinson y Laliberte, 2019).

Entre los factores que afectan la movilidad y biodisponibilidad de cadmio en el suelo se encuentran el pH, la capacidad de intercambio catiónico, la materia orgánica, el potencial redox y la especiación química del cadmio. El pH del suelo tiene una fuerte influencia en la solubilidad y la especiación de los metales, por lo tanto, afecta considerablemente la movilidad y biodisponibilidad de los metales en el medio del suelo (Zhao *et al.*, 2014; citados por Calderón y Ramírez, 2019).

Asimismo, los demás elementos presentan influencias sobre la disponibilidad del cadmio en el suelo. Entre los macronutrientes, el nitrógeno, el fósforo, el potasio, el calcio y el magnesio pueden disminuir la acumulación de cadmio en las plantas o inhibir la entrada del mismo a la planta. Asimismo, el zinc y el selenio son considerados micronutrientes que pueden inhibir la acumulación y absorción de cadmio en la planta (Nazar *et al.*, 2012; citados por Calderón y Ramírez, 2019).

El cadmio y el plomo se encuentran de manera natural en la corteza terrestre en forma de minerales, de donde pueden ser absorbidos por las plantas y tomadas de ellas por el ser humano, lo que constituye un riesgo potencial para la salud. La planta de cacao puede considerarse como una especie acumuladora de cadmio debido a que lo absorbe y distribuye hacia las almendras (Calderón y Ramírez, 2019). El nivel de cambio permitido es de 0.5 ppm (Huamaní, *et al.*, 2012).

El manejo agronómico puede constituir otra entrada de cadmio en el suelo mediante la aplicación de fungicidas, fertilizantes con superfosfato o la aplicación de lodo de aguas residuales que contienen cadmio (Wang *et al.*, 2009; citados por Calderón y Ramírez, 2019). Además la aplicación repetida de fertilizantes de fosfato que contenga cadmio y la irrigación con agua contaminada con cadmio de las minas constituyen dos de las principales fuentes de cadmio en cultivos de arroz (Lugon *et al.*, 2006; Sandalio *et al.*, 2001; citados por Calderón y Ramírez, 2019).

Algunas enmiendas orgánicas como los biosólidos también son fuente de acumulación de metales en los suelos (McBride, 1995; Haynes *et al.*, 2009; citados por Calderón y Martínez, 2019). Las

aplicaciones reiteradas de gallinaza pueden aumentar las concentraciones de metales como el cadmio en el suelo (Sims y Wolf, 1994; citados por Calderón y Ramírez, 2019).

## **15.1 Acumulación de cadmio en plantas**

El cadmio entra a las células vegetales desde la raíz mediante los mecanismos de transporte implicados en la absorción de nutrientes minerales, en los cuales intervienen procesos de absorción pasiva regidos por las leyes de la difusión, que se dan en el transporte por apoplasto y procesos de absorción activa que requieren de energía metabólica, los cuales se dan en contra del gradiente del potencial electroquímico y están relacionados con el transporte simplasto (Calderón y Ramírez, 2019).

Esto último involucra tres modelos distintos de transporte ligados a tipos específicos de proteínas de la membrana y son las bombas o transportador activo primario, los transportadores o transporte activo secundario y los canales iónicos (Salisbury y Ross, 1992; Alonzo *et al.*, 2007; citados por Calderón y Ramírez, 2019).

Principalmente el movimiento de cadmio está asociado al transporte activo (simplasto), específicamente a transportadores transmembrana captadores de  $\text{Cd}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$  y  $\text{Zn}^{2+}$  y a canales iónicos como los del  $\text{Cd}^{2+}$  (Clemens, 2006; Gallego *et al.*, 2012; citados por Calderón y Ramírez, 2019).

La absorción y posterior acumulación de cadmio en las plantas genera alteraciones en la toma de otros nutrientes minerales. Además, inhibe la apertura estomática (Hossain *et al.*, 2010; citados por Calderón y Ramírez, 2019), altera las enzimas del ciclo de Calvin, la fotosíntesis, el metabolismo de los carbohidratos, cambia el metabolismo antioxidante y disminuye la productividad del cultivo (Mobin y Khan, 2007; Shi *et al.*, 2010; citados por Calderón y Ramírez, 2019).

La absorción de cadmio por las plantas en suelos contaminados y su incorporación a la cadena alimenticia, tiene en la actualidad mucha importancia debido a que este elemento puede alterar el metabolismo humano compitiendo con el hierro, cobre, zinc, manganeso y selenio por ligantes en los sistemas biológicos. Además el ión cadmio divalente disminuye significativamente la absorción intestinal del hierro en el cuerpo humano. Cuando se ingiere un alimento contaminado con cadmio el metal se acumula en los riñones donde su vida media de permanencia es de 18 a 30 años (esta acumulación puede llevar a una disfunción renal tubular, lo cual resulta en un incremento de la excreción de proteínas de bajo peso molecular en la orina). Esto es generalmente irreversible; lo que demuestra la gran dificultad en la eliminación del cadmio por el organismo (Rodríguez, 2017).

### **15.1.1 Detección de cadmio en productos con base de cacao**

Existen reportes provenientes de diferentes países acerca de la presencia y medición de los niveles de metales pesados. Por ejemplo, se ha establecido la presencia de níquel, plomo y cadmio en 69 diferentes marcas de chocolates y caramelos disponibles en los mercados locales de las zonas suburbanas de Bombay, India. La mayoría de estos chocolates y dulces están hechos principalmente de cacao, leche, frutos secos, sabores de fruta y azúcar. De las 69 marcas de chocolates y caramelos analizados, 23 eran con base de cacao, 22 con base de leche y otros 24 son de sabor de fruta y con base de azúcar. Se determinó la presencia de cadmio en niveles que van desde 0.001 a 2.73 mg/kg, el níquel por otra parte está presente en intervalos de 0.041 a 8.29 mg/kg y el plomo entre 0.049 a 8.04 mg/kg. Los chocolates con base de cacao mostraron tener mayor contenido de metales pesados que los analizados con respecto a los dulces de leche, sabores de fruta y azúcar (Martínez y Palacio, 2010).

Con relación a la presencia de cadmio en cacao, se han reportado concentraciones de 1.8 mg/kg en almendras secas desgrasadas en España. Otros reportes señalan niveles de 0.07 a 0.36 mg/kg

en almendras de cacao tipo amelonado, trinitario y amazónico provenientes de Nigeria (Martínez y Palacio, 2010).

Estudios efectuados en Perú, reportan lo siguiente: En la Cooperativa Agraria Cacaotera Campos Verdes se encontró los niveles más altos de cadmio en granos de cacao fresco (0,08 mg/Kg) y en granos seco (0,11 mg/Kg) los cuales se encuentran dentro de los valores permitidos por el Codex Alimentarius y la Organización Mundial de la Salud (0,5 mg/Kg). El licor de cacao de la marca Oro de la ACOPAGRO presentó el nivel más alto de cadmio (0,11 mg/Kg) el cual se encuentra por debajo del límite permitido por el Codex Alimentarius (0,5 mg/Kg) (Del Águila, 2017).

Otros estudios realizados en El Salvador, detectaron cadmio en chocolate de mesa de marcas nacionales, por medio de la técnica de espectrometría de absorción atómica con horno de grafito, reportaron un rango de 0.003 a 0.018 mg/kg cadmio en las muestras analizadas (Beltrán, Hernández y Rodríguez, 2017).

El cacao producido en América Latina, especialmente en los países andinos, tiene en promedio un nivel de cadmio más alto que el cacao producido en otros continentes. Un reciente estudio científico realizado en Ecuador, por las Universidades ESPOLE de Ecuador y Leuven de Bélgica, indica que el 45% de los granos de cacao, de una muestra tomada a nivel nacional, superaron una concentración de 0,60 mg/kg y se ha reportado niveles igual preocupantes para Colombia y Perú (Iniciativa latinoamericana del cacao, 2018).

Se ha reportado que la intoxicación con cadmio ha ocasionado cáncer de pulmón, impactos en el sistema reproductivo, osteoporosis, daños en la próstata, trastornos endocrinos, impactos cardiovasculares, hipertensión, fracturas en los huesos, anemia, lesión del sistema nervioso central, enfermedad hepática y cáncer de mama posmenopáusico (Jiménez, 2015; Rheman *et al.*, 2016; citados por Calderón y Ramírez, 2019). Pero, son pocos los países que han incluido una legislación que exija bajos o nulos valores para la concentración de cadmio en productos derivados del cacao (Jiménez, 2015; citado por Calderón y Ramírez, 2019).

De acuerdo con las evaluaciones del Departamento de Salud y Servicios Humanos (DHHS) de los Estados Unidos y la Agencia Internacional para la investigación del cáncer, existe suficiente evidencia en humanos y animales sobre la propiedad cancerígena del cadmio y los compuestos de este metal, para personas que han sido expuestas por sus condiciones laborales (IARC, 2012).

Recientemente la comisión europea notificó una regulación que será obligatoria desde el año 2019 (reglamento 488 del 2014), en donde los niveles máximos de cadmio permitidos para el cacao y derivados de chocolate deben ser menores a  $0.1 \text{ mg.kg}^{-1}$ ,  $0.3 \text{ mg.kg}^{-1}$ ,  $0.8 \text{ mg.kg}^{-1}$  y  $0.6 \text{ mg.kg}^{-1}$  en chocolate de leche con contenidos inferiores al 30%, en chocolate con contenidos de sólidos de cacao menores al 50%, chocolates con sólidos de cacao mayores al 50% del contenido de cocoa en polvo, respectivamente (comisión europea, 2014). Los países para los cuales no se encontraron registros sobre el contenido límite en chocolates y otros productos derivados del cacao fueron Bolivia, Perú, Nicaragua, Canadá, Japón, Reino Unido, Venezuela, Sudáfrica, Suiza, Rusia, Ecuador, Chile y Brasil. Algunos de estos países reportaban niveles máximos en contenidos de otros metales tóxicos como el plomo y el arsénico o en su legislación se encontraba limitado el cadmio para otros alimentos diferentes al cacao (Calderón y Ramírez, 2019).

Cuadro 17. Legislación sobre niveles de cadmio en cacao a nivel mundial.

País	Normativa	Descripción
Estados Unidos	Agencia para sustancias tóxicas y registro de enfermedades. Declaración de salud pública: cadmio.	Altos niveles de cadmio entre 0.05-0.12 mgCd.kg <sup>-1</sup> en semillas de cacao.
Hong Kong	Centro de alimentos seguros, capítulo 132 de la parte V de la ordenanza en salud pública y los servicios municipales, en la regulación 3.	Regula las concentraciones de cadmio para cereales y hortalizas (0.1 mg.kg <sup>-1</sup> ), pescado, carne de cangrejo, ostras, gambas y camarones (2 mg.kg <sup>-1</sup> ), carne de animales y aves de (0.2 mg.kg <sup>-1</sup> ). No hay legislación para el cacao y derivados.
México	Norma oficial mexicana NOM-186-SSA1/SCFI-2013, cacao, chocolate y productos similares y derivados del cacao.	Contenidos permisibles: menores a 0.5 mg.kg <sup>-1</sup> para arsénico y entre 0.1 a 1 mg.kg <sup>-1</sup> para el plomo. No hay registro para el cadmio.
Unión europea	En el reglamento 488 de 2014 de la Unión Europea (Comisión Europea, 2104 <sup>a</sup> , 4).	Chocolate con leche con un contenido de materia seca total de cacao < 30% 0.10 mg.kg <sup>-1</sup> ; chocolate con un contenido de materia seca total de cacao < 50% y chocolate con leche con un contenido de materia seca total de cacao ≥ 30% mg.kg <sup>-1</sup> ; chocolate con un contenido de materia seca total de cacao ≥ 50%, 0.80 mg.kg <sup>-1</sup> .
Australia y Nueva Zelanda	Código de normas alimentarias australianas y de Nueva Zelanda.	Contenido máximo de cadmio en chocolate y productos del cacao menor a 0.5 mg.kg <sup>-1</sup> .
Argentina	Código alimentario	Concentración de cadmio en chocolates y productos de cacao (contenido de cacao menor al 40%) menor a 0.2 mg.kg <sup>-1</sup> . Para chocolates y productos con más de 40% de contenido de cacao el límite es 0.3 mg.kg <sup>-1</sup> .
Uruguay	Ministerio de salud pública	Para todos los productos de chocolate y derivados del cacao el contenido de cadmio debe ser menor a 0.2 mg.kg <sup>-1</sup> .
Corea	Gobierno de Corea	El gobierno de Corea ha legislado concentraciones máximas permisibles de "límite estándar" para cadmio (0.2 mg.kg <sup>-1</sup> ) para arroz pulido.
Colombia	INVIMA, 2017	Licor de cacao 5 mg.kg <sup>-1</sup> , cacao en polvo sin azúcar 4 mg.kg <sup>-1</sup> , cacao en polvo con azúcar 0.4 mg.kg <sup>-1</sup> , chocolate con leche con un contenido de materia seca total de cacao menor a 30% 0.2 mg.kg <sup>-1</sup> , chocolate con leche con un contenido de materia seca total de cacao mayor a 50% 2.5 mg.kg <sup>-1</sup> , chocolatina con leche con un contenido de materia seca total de cacao entre 30% y 50% 0.4 mg.kg <sup>-1</sup> .

Fuente: tomado de Calderón y Ramírez, 2019.

De la legislación revisada en 23 países, teniendo en cuenta a la Comunidad Europea como un solo país, el 22 % tienen legislado el cadmio en el chocolate y/o sus derivados. Se resalta a Suiza porque, siendo el mayor consumidor del mundo, no tiene una normativa para este contaminante; no obstante, 11 de los 23 países que pertenecen a la Unión Europea están dentro de los mayores consumidores de este producto en el mundo, siendo ésta una de las razones por las cuales Europa, especialmente Alemania, comenzó a liderar en los estados miembros, la reglamentación de este contaminante en el chocolates y sus productos derivados (Jiménez, 2015).

El objetivo es proporcionar niveles máximos armonizados para el cadmio en el cacao y los productos de cacao, con el fin de proteger la salud de los consumidores y garantizar prácticas equitativas en el comercio de alimentos.

Si bien casi todos los límites se establecen en los productos de chocolate y cacao y no en el producto crudo, los compradores utilizan límites en los granos de cacao para garantizar que los

productos finales estén por debajo de los niveles máximos permitidos establecidos. Estos caen entre 0.5 a 1.1 ppm (Meter, Atkinson y Laliberte, 2019).

### 15.1.2 Estrategias para disminuir la acumulación de cadmio en plantas

Aplicación de enmiendas al suelo:

- Lombricompost y zeolita pueden incrementar el pH del suelo y disminuir la concentración de cadmio fácilmente extraíble.
- Estiércol bovino y de oveja debidamente procesados.
- Carbonato de calcio, silicio, dolomita, cáscara de huevo: reducen la concentración de cadmio en plantas de cacao.
- Sepiolita para la inmovilización de cadmio.
- Aplicación de yeso: reduce la concentración de cadmio en la fracción soluble y por lo tanto, disminuye la acumulación de cadmio en plantas como el trigo (*Triticum spp.*) y arroz (*Oriza sativa*).
- Favorecer el desarrollo de *Bacillus subtilis* y *Pseudomonas putida* (Calderón y Ramírez, 2019).

Algunas de estas alternativas se encuentran enfocadas en el recurso suelo como la modificación de parámetros fisicoquímicos relacionados con la movilidad y biodisponibilidad de cadmio, la remoción de cadmio del suelo con la finalidad de reducir sus concentraciones. Además, otras alternativas se focalizan en las plantas y sus interacciones con microorganismos y el recurso suelo (Li *et al.*, 2015; citados por Calderón y Ramírez, 2019), como remediación de suelos tendiente a la inmovilización de cadmio y el manejo de la fertilización, los cuales han reportado buenos resultados para cultivos de importancia alimentaria como arroz y trigo (Calderón y Ramírez, 2019).

Sin embargo, para plantear estrategias para reducir la acumulación de cadmio en el suelo y en las plantas es necesario realizar estudios para determinar la presencia y el comportamiento espacial de las concentraciones de este metal (Calderón y Ramírez, 2019).

## 15.2 Biorremediación de metales pesados

La biorremediación utiliza agentes biológicos (microorganismos) para la eliminación completa de contaminantes y/o sustancias tóxicas del medio ambiente, mientras que la transformación de contaminantes tóxicos en formas inocuas a través de las modificaciones químicas llevadas a cabo por organismos vivos (bacterias y hongos) se denomina biotransformación (Dzionic, Wojcieszynska y Guzik, 2016; citados por Castebianco, 2018).

Una de las dificultades que se le otorgan a la biorremediación es el largo tiempo que ha de pasar para que se vean los efectos, sin embargo en trabajos desarrollados en distintas partes del mundo se ha comprobado que las bacterias endófitas asociadas a especies vegetales hiperacumuladoras favorecen la eficiencia del proceso de biorremediación y aumentan la producción de biomasa vegetal mediante tres mecanismos: (1) incremento de la superficie de la raíz y la producción de pelos radiculares, (2) incremento de la disponibilidad de los metales, (3) incremento en la transferencia de metales solubles desde la rizósfera hasta la planta (Ahemad, 2015). Algunas de las especies de bacterias utilizadas para mejorar la extracción de metales pesados e hidrocarburos son: *Burkholderia sp.* (Yang *et al.*, 2016), *Scirpus triquetar* (Chen *et al.*, 2017), *Pseudomonas sp.* J4AJ (Di Martino, 2015), *Bacillus subtilis* (Oyetibo *et al.*, 2017),

**Microbacterium sp.** SUCR140 (Soni *et al.*, 2013), **Delftia sp.** JD2 (Ahemad, 2015; citados por Casteblanco, 2018).

Estudios demuestran que con la incorporación al suelo de micorrizas arbusculares **Glomus mosseae**, **Glomus intraradices**, **Glomus etunicatum** para minimización de cadmio en el suelo y se encontró que **Bassia indica** puede ser utilizada en mezcla con estos hongos para disminuir la dispersión del cadmio en el suelo (Hashem *et al.*, 2016; citados por Casteblanco, 2018).

Los microorganismos cuentan con amplias capacidades metabólicas que les permiten utilizar diferentes tipos de sustratos con el objetivo de obtener energía y en muchos casos transformarlos, los metales pesados son sustratos que pueden ser inmovilizados o transformados por estos organismos utilizando diversas estrategias lo cual puede afectar su biodisponibilidad (Casteblanco, 2018).

Las plantas hiperacumuladoras (metalófitas) tienen la capacidad para remover, reducir, transformar, mineralizar, degradar, volatilizar o estabilizar metales pesados gracias a su alta capacidad de acumulación en las raíces y translocación a diferentes órganos vegetativos alcanzando niveles de remoción de hasta del 100% (Buta *et al.*, 2014). Dentro de las adaptaciones fisiológicas y bioquímicas se incluye el desarrollo de estructuras complejas llamadas metaloproteínas o metalotioneinas, que permiten el control en la acumulación de cadmio, cromo y mercurio, que además le brindan protección a la célula ante efectos tóxicos (Paz-Ferreiro *et al.*, 2014; citados por Casteblanco, 2018).

La microrremediación y la fitorremediación son consideradas tecnologías promisorias en el tratamiento de la contaminación de metales pesados, su utilización en campo y laboratorio evidencian el potencial biotecnológico en la recuperación de ambientes afectados (Swain, Adhikari y Mohanty, 2013; citados por Casteblanco, 2018).

## 16. COSECHA DE CACAO EN DIFERENTES PAÍSES

A pesar de que los frutos maduran a lo largo del año, normalmente se llevan a cabo dos cosechas en un año: la cosecha principal y la cosecha intermedia. La cosecha intermedia es en general menor que la cosecha principal, sin embargo, el tamaño relativo varía según cada país.

Se requieren de 5 a 6 meses desde la fecundación de la flor para efectuar la cosecha de los frutos. La temporada de cosecha dura alrededor de 5 meses.

Cuadro 18. Épocas de cosecha de cacao por país.

País	Cosecha principal	Cosecha intermedia
Brasil	Octubre-marzo	Junio-septiembre
Camerún	Septiembre-marzo	Mayo-agosto
Costa de Marfil	Octubre-marzo	Mayo-agosto
Ecuador	Marzo-junio	Octubre-febrero
Ghana	Septiembre-marzo	Mayo-agosto
Indonesia	Septiembre-diciembre	Marzo-julio
Malasia	Septiembre-febrero	Marzo-mayo
Nigeria	Septiembre-marzo	Mayo-agosto

## 17. GLOSARIO

**Abazones:** sacos dérmicos (de piel) de algunos roedores y primates, que tienen en las mejillas y que emplean para almacenar alimentos recolectados; también suelen emplearse para llevar material con el que forman la cama de la madriguera. En taltuzas de la familia **Geomyidae**, los abazones son externos, por lo que las aberturas se encuentran en las comisuras de la boca.

**Áfido o pulgón:** insecto del orden **Hemiptera**; con aparato bucal chupador, que es vector de virus de plantas.

**Aceite mineral:** subproducto destilado del petróleo, que se utiliza como insecticida y fungicida.

**Aceite vegetal:** extracto vegetal que se utiliza como insecticida y fungicida.

**Adhesivo:** que tiene la capacidad de adherirse.

**Afrodisíaco:** que excita o aumenta el deseo sexual.

**Alcaloide:** estimulante natural de origen vegetal, puede ser venenoso y otros se utilizan como terapéutica médica.

**Almácigo:** conjunto de plantas, que se están desarrollando en bolsas de polietileno.

**Agrocadena o cadena de valor:** es una herramienta de análisis estratégico que ayuda a determinar los fundamentos de la ventaja competitiva de una empresa, por medio de la desagregación ordenada del conjunto de las actividades de la empresa. La ventaja competitiva de una empresa, proviene del conjunto de actividades discretas que la empresa realiza en el diseño, producción, mercadeo, entrega y apoyo de su producto o servicio.

**Agroecología:** aplicación de conceptos y principios de la ecología al diseño, desarrollo y gestión de sistemas agrícolas sostenibles.

**Agroecosistema:** es un ecosistema alterado por el hombre para el desarrollo de explotación agropecuaria.

**Agroempresa:** actividad que permite aumentar y retener en las zonas rurales, el valor agregado de la producción de las economías campesinas a través de la ejecución de actividades propias de cosecha y poscosecha en los productos procedentes de explotaciones agropecuarias, acuícolas, ganaderas o forestales.

**Agroforestería:** sistema variable de manejo de tierra y cultivos que busca incrementar la producción de forma continua, al combinar la producción de cultivos forestales leñosos (incluyendo frutales), con cultivos estacionales o animales, simultánea o secuencialmente, en la misma área de tierra y la aplicación de prácticas de manejo que sean compatibles con las prácticas culturales de la población local.

**Amandamida:** es un neurotransmisor que imita los efectos de los compuestos psicoactivos presentes en la marihuana llamados cannabinoides.

**Amelonado:** que tiene forma similar a melón. Frutos elipsoides, casi lisos.

**Anamorfo:** etapa asexual o imperfecta en el ciclo vital de un hongo.

**Angoleta:** fruto alargado, con diez surcos bien marcados, superficie verrucosa, cotiledones morado pálidos.

**Aniónico:** elemento que tiene un grupo funcional en la molécula, cargado negativamente.

**Antropogénico:** son los efectos o procesos como resultado de actividades humanas.

**Aroma:** olor muy agradable.

**Arginina:** aminoácido que forma parte de las proteínas.

**Astringencia:** sensación de sequedad intensa acompañada de amargor.

**Atmósfera:** mezcla de gases y aerosoles (partículas sólidas y líquidas en suspensión), forman el sistema ambiental integrado con todos sus componentes. Se extiende hasta una altura de 645 kilómetros.

**Autocompatible:** flores que se autopolinizan, en el mismo árbol.

**Autoincompatible:** flores que no se polinizan, así mismas o entre ellas, en el mismo árbol.

**Bacteria:** microorganismo microscópico unicelular, carente de núcleo, que se multiplica por división celular sencilla o por esporas.

**Basidiospora:** espora reproductiva de los hongos *Basidiomicetes*.

**Basidiocarpo:** estructura en forma de mazo que contiene a las basidiosporas.

**Baya:** fruto formado por una cáscara en cuyo interior se encuentran las almendras (semillas) rodeadas de un mucílago o pulpa de sabor dulce y ácido.

**Biomasa:** cantidad total de materia viva en una población dada de organismos.

**Biodigestor:** cámara hermética donde se almacenan residuos orgánicos (vegetales o excrementos de animales) mediante un proceso de fermentación (bacterias anaeróbicas) presentes en los excrementos que descomponen el material contenido en metano y fertilizante.

**Biodiversidad:** llamada también diversidad biológica. Abarca la diversidad de especies de plantas y animales que viven en un área; a su variabilidad genética, a los ecosistemas de los cuales forman parte estas especies y a los paisajes o regiones en donde se ubican los ecosistemas.

**Biofertilizante:** fertilizante orgánico natural, producto de la fermentación anaeróbica que ayuda a proporcionar a las plantas macro y micronutrientes que necesitan y a fortalecer el sistema inmunológico de las mismas.

**Biosólido:** residuos orgánicos sólidos, semisólidos o líquidos que resultan del tratamiento de las aguas residuales procesadas en las plantas de alcantarillado sanitario.

**Biósfera:** parte del planeta Tierra, en la cual existe vida y con la cual intercambia materiales.

**Bocashi:** abono orgánico, resultado de la fermentación de la mezcla de varios materiales de origen vegetal y suelo virgen.

**Brote:** germinación de yema vegetativa.

**Cacao fino o de aroma:** cacaos que provienen en su mayoría de cacaos criollos (cotiledones blancos) y trinitarios, que son diferentes de aroma y sabor a los cacaos tipo forasteros. Se caracteriza por poseer aromas y sabores frutales, florales, de nueces y de malta.

**Cacao básico:** son clones de cacao que producen semillas de tamaño menor y aplanadas, cuyos cotiledones son de color violeta y posee un sabor amargo; clones del Amazonas (forasteros).

**Calabacillo:** frutos ovoides o casi esféricos, con semillas moradas que dan cacao de inferior calidad.

**Cambio climático:** alteración significativa del clima, como resultado del aumento de la concentración de los gases invernadero, tales como el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>), óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) y clorofluorocarbonos (CFC).

**Captura de carbono:** técnica para reducir las emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) provocadas por actividades humanas.

**Carbono:** elemento que forma parte de las proteínas. En mezcla forma parte de las emisiones de gases de invernadero (dióxido de carbono, monóxido de carbono).

**Cauliflor:** que produce flores y frutos en el tallo y ramas.

**Compatibilidad:** cuando dos cosas se llevan bien y se pueden mezclar con buenos resultados, se dice que son compatibles. Por ejemplo, cuando el polen de un árbol de cacao puede polinizar a la flor de otro árbol de cacao, se dice que los árboles son compatibles entre sí.

**Cojín floral:** son los lugares por donde brotan las flores en el árbol de cacao.

**Corteza:** equivalente a cubierta exterior de tallos y frutos.

**Cundeamor:** fruto de cacao, que poseen la base en forma de cuello de botella, surcos poco marcados, semillas moradas.

**Clon:** conjunto de plantas, exactamente iguales a la planta que les dio origen, a través de la propagación asexual (injerto, cultivo de tejidos, otro).

**Clamidospora:** estructura de sobrevivencia de hongos.

**Clorofila:** es el pigmento que capta la luz solar, para efectuar fotosíntesis.

**Criollo:** en botánica es equivalente a nativo.

**Chupón:** brotes de las plantas que crecen rectos, absorben nutrientes y son poco productivos.

**Dopamina:** neurotransmisor importante para la función motora del organismo.

**Ecología:** estudia los ecosistemas. Es decir la relación de los seres vivos con su entorno.

**Ecosistema:** es el conjunto de entidades materiales: flora (plantas), fauna (animales), aire, suelo, agua que se integran en forma armónica en un espacio determinado.

**Entomófila:** polinización realizada por insectos.

**Epicatequina:** sustancias que posee propiedades hipoglucemiantes.

**Epifitia:** brote severo y ampliamente difundido de una enfermedad.

**Epifitiología:** estudio de los factores que afectan el brote y distribución de las enfermedades infecciosas.

**Escoba de bruja:** crecimiento en forma de escoba o proliferación en masa causado por la densa agrupación de ramas de las plantas leñosas.

**Esporangio:** estructura que contiene esporas asexuales.

**Esporangióforo:** hifa especializada que porta uno o más esporangios.

**Esporular:** liberación de esporas.

**Esporóforo:** hifa o estructura fructífera que contiene esporas.

**Estaminoide:** partes de la flor que parecen palitos de color morado que atraen a las mosquitas polinizadoras.

**Etiología:** disciplina que estudia las causas determinantes de una enfermedad en las plantas.

**Exocarpo:** equivalente a cáscara de un fruto.

**Flavonoide:** metabolitos secundarios de plantas.

**Fecundación:** es la unión de la célula sexual masculina con la célula sexual femenina. El óvulo fecundado se desarrolla y forma un nuevo animal o una semilla en el caso de las plantas.

**Felpa:** conjunto de micelios hialinos que se acumulan en la superficie de una mazorca enferma.

**Fitopatógeno:** microorganismos que producen enfermedades.

**Feniletilamina:** alcaloide y neurotransmisor.

**Fisiología:** estudia las funciones orgánicas de los seres vivos.

**Fitoplasma:** patógenos de plantas que habitan el floema.

**Fitosanitario:** productos agrícolas que se utilizan en la protección de plantas.

**Fotosíntesis:** proceso químico por el cual las plantas absorben la luz solar a través del pigmento clorofila, absorben agua por la raíz, producen oxígeno y productos elaborados para mantener la planta.

**Forastero:** que es o viene fuera del lugar. Se llama al cacao proveniente de la zona amazónica de América del Sur.

**Forcipomya:** es el nombre científico de la mosquita polinizadora del cacao.

**Fumagina:** hongo que se desarrolla sobre la mielecilla que excretan los áfidos, escamas, otros; de color negro y que interfiere con la captación de luz solar por las plantas.

**Floema:** tejido mixto de las plantas, que conforman las raíces, tallos y hojas. Transporta productos de la fotosíntesis (tejido conductor de nutrientes).

**Gallinaza:** excremento de gallinas, debidamente fermentado, deshidratado y molido.

**Genotipo:** conjunto de genes que existen en el núcleo celular de cada individuo.

**Globalización:** proceso de interacción entre las personas, las empresas y los gobiernos de diferentes naciones. Este proceso produce efectos en el medio ambiente, la cultura, los sistemas políticos, el desarrollo y la prosperidad económica; al igual que el bienestar físico de los seres humanos que conforman las sociedades de todo el mundo.

**Grumo:** conjunto de granos de polen en forma de pasta.

**Hectárea:** área que contiene 10,000 metros cuadrados.

**Hiperplasia:** ampliación de células a través de la división celular fuera de control.

**Hipertrofia:** ampliación incontrolada (agrandamiento) de la célula.

**Histamina:** hormona que actúa como potente dilatador de los vasos sanguíneos y de los capilares, que provoca la contracción de la musculatura lisa.

**Humbrófilo:** que le gusta la sombra. Es decir crece bajo sombra.

**Hongo:** microorganismo eucariótico que provoca enfermedades en las plantas (fitopatógeno).

**Horqueta:** ramificación del tallo a cierta altura, subdividiéndose en tres o más tallos.

**Hospedante:** que alberga a otros organismos.

**Incompatibilidad:** cuando el polen de un árbol de cacao no puede fecundar a la flor de otro árbol de cacao, se dice que los árboles son incompatibles entre sí.

**Injerto:** técnica de propagación asexual que consiste en amarrar una yema de un árbol al tronco o rama de otro árbol para que crezca allí alimentada por las raíces del otro árbol.

**Intercompatible:** flores de otros árboles polinizan a flores de otros árboles.

**Lombricompost:** abono orgánico obtenido de la digestión de la lombriz coqueta roja.

**Manejo integrado de plagas:** implementación de estrategias y tácticas para el manejo de plagas.

**Marcador molecular:** segmento de ADN con una ubicación física identificable en un cromosoma y cuya herencia genética se puede rastrear. Un marcador puede ser un gen o sección de ADN sin función conocida.

**Mazorca:** fruto del cacao.

**Metal pesado:** elemento químico de alto peso molecular y que presenta cierta toxicidad para el ser humano.

**Micorriza:** hongo que establece una relación de mutuo beneficio entre las raíces de las plantas y el hongo. La planta le provee nutrientes al hongo y el hongo absorbe nitrógeno atmosférico que lo aprovecha la planta.

**Micotoxina:** metabolitos producidos por hongos y que son tóxicos al ser humano.

**Molinillo:** horqueta de árbol de cacao, como consecuencia de la subdivisión del tallo principal.

**Moniliasis:** síntomas provocados por el hongo *Moniliophthora roreri*.

**Mucílago:** parte succulenta que se encuentra recubriendo a la semilla de cacao, de sabor dulce acidulado. Es la parte que al fermentar produce el alcohol y el alza de temperatura.

**Oblongo:** que es más largo que ancho.

**Ortotrópico:** las ramas crecen en forma vertical.

**Ovada:** que tiene forma de huevo.

**Patotipo:** subdivisión taxonómica de un microorganismo.

**Partenogénesis:** reproducción por huevo sin fecundación de célula espermática.

**Per cápita:** por persona.

**Polifeno:** éster del ácido gálico de glucosa y otros azúcares y fenilpropanoides, tales como la lignina, flavonoides y taninos.

**Polen:** en las plantas que se reproducen sexualmente, los granos de polen son las células sexuales masculinas.

**Poda:** es la eliminación de ramas que son improductivas y sirve para darle mejor conformación a los árboles para hacerlos más productivos, precoces y facilitar la cosecha.

**Polinización:** transferencia del polen desde la antera de los estambres hasta el estigma.

**Púa:** equivalente a vareta, que tiene yemas vegetativas.

**Plaga:** cualquier organismo macro o micro que causa daño a los cultivos y que al ponerla bajo control significa un gasto económico.

**Plaguicida:** cualquier sustancia orgánica e inorgánica, capaz de matar a las plagas.

**Precipitación:** caída del agua a la tierra (incluye nieve y lluvia).

**Primordio floral:** equivalente a botón floral.

**Raicilla:** equivalente a pelos absorbentes.

**Rompevientos:** barrera de diferentes especies de árboles, para proteger a los cultivos de los efectos de vientos fuertes.

**Sabor:** propiedad que tienen ciertos cuerpos de afectar el órgano del gusto.

**Saprófito:** que vive en la materia orgánica muerta.

**Semilla híbrida:** es toda semilla de cacao producida al cruzar dos árboles por polinización artificial.

**Semillero:** lugar donde germinan muchas semillas.

**Serotonina:** sustancia que está presente en las neuronas y realiza funciones de neurotransmisor.

**Síntoma:** es la manifestación física de un patógeno (apreciación visual).

**Suelo:** cuerpo natural, formado a partir de una mezcla variable de minerales desmenuzados y edafizados y de materia orgánica en transformación que cubre la tierra en una capa delgada y que cuando contiene cantidades apropiadas de agua y de aire, puede ofrecer soporte mecánico y sustento para las plantas.

**Taxonomía:** parte de la ciencia biológica que se ocupa de la ordenación y clasificación de los organismos vivos.

**Teleomorfo:** etapa sexual o perfecta en el ciclo de vida de un hongo.

**Tinte:** que produce un color.

**Tiramina:** aminoácido vaso activo que se encuentra en algunos alimentos.

**Tresbolillo:** sistema de siembra que adquiere la forma de triángulo, donde se coloca el 15% más de plantas, que en un marco de cuadro o rectángulo.

**Trinitario:** originario de Trinidad y Tobago. Se refiere al grupo de cacao producto del cruce de cacao criollo por cacao forastero, efectuado en Trinidad y Tobago.

**Triptófano:** aminoácido esencial de las proteínas.

**Variabilidad:** significa cambiar. Conjunto de diferencias que muestran las plantas de cacao.

**Variiedad:** subdivisión taxonómica de una especie.

**Vector:** que tiene la capacidad de portar y transmitir microorganismos patógenos a plantas.

**Virus:** microorganismo compuesto de material genético protegido por un envoltorio proteico, que causa diferentes enfermedades. Es un parásito obligado; es decir no crece en medios artificiales.

**Yema:** órgano de crecimiento de la planta de cacao. Es una especie de botoncito que se encuentra en el tronco y ramas, normalmente en la base de las hojas y puntas de las ramas, y que tiene la capacidad de desarrollarse y producir nuevas hojas, ramas o flores.

**Zoospora:** espora sexual móvil de hongo.

## 18. BIBLIOGRAFÍA

- Andalón, M. (2010). El cacao en Mesoamérica: aspectos naturales y culturales. Tesis maestra en estudios mesoamericanos. UNAM. México. 150p.
- Agrios, G. (1996). Fitopatología. 2ª ed. Noriega Editores. México. 838p.
- Alarcón, J., Arévalo, E., Diaz, A., Galindo, J. y Rosero, A. (2012). Manejo fitosanitario del cultivo del cacao (*Theobroma cacao* L.). Medidas para la temporada invernal. ICA. Colombia. 40p.
- Alegre, J., Arévalo, L., Riese, A. (2002). Reservas de Carbono con diferentes sistemas de uso de la tierra en dos sitios de la amazonia. ICRAF/INIA. Perú.
- Altieri, M. y Nicholls, C. (2000). Agroecología: teoría y práctica para una agricultura sustentable. Red de Formación Ambiental para América Latina y el Caribe. PNUD. México. 250p.
- Aranda, L. s.f. El uso de cacao como moneda en la época prehispánica y su pervivencia en la época colonial. México. 12p.
- Ariza, M. (2015). Estructura genética de *Partamona bilineata* (Hymenoptera: Apoidea) en el corredor del bosque nuboso de Baja Verapaz, Guatemala. Informe de tesis de Bióloga. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. USAC. 80p.
- Arciniegas, A. (2005). Caracterización de árboles superiores de cacao (*Theobroma cacao* L.) seleccionados por el programa de mejoramiento genético del CATIE. Tesis Magister Scientiae, CATIE. Costa Rica, 144p.
- Arroyo, J. (2010). Efecto de fermentadores y tipos de fermentación sobre la calidad de cacao nacional en tres localidades de la provincia de Esmeraldas. Tesis de grado. Ing. Agr. Universidad Técnica de Manabí. Facultad de Ingeniería Agronómica. Ecuador. 83p.
- Astorga, C. (2009). Generalidades de los materiales genéticos del cacao: sus características y aplicación actual. En: Foro genética del cacao en Panamá.
- Ávalos, A., Porres, M., Pöll, E., Dardón, E., Arévalo, L. y Rosales, J. (2012). Caracterización agronómica, botánica y molecular de clones de cacao criollo y mejorado de la zona sur de Guatemala. Universidad del Valle de Guatemala. 6p.
- Avendaño, C., Villarreal, J., Campos, E., Gallardo, R., Mendoza, A., Aguirre, J., Sandoval, A. y Espinoza, S. (2011). Diagnóstico del cacao en México. Universidad Autónoma de Chapingo, SAGARPA, Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas, Red de cacao. México. 74p.
- Ávila, A., Campos, M., Guharay, F. y Camacho, A. (2013). Aprendiendo e innovando sobre el manejo sostenible del cultivo de cacao en sistemas agroforestales. Guía 1. Lutheran world relief. Nicaragua.
- Ávila, A., Campos, M., Guharay, F. y Camacho, A. (2013). Aprendiendo e innovando sobre la cosecha, fermentación y secado del cacao. Guía 8. Lutheran world relief. Nicaragua. 40p.
- Batista, L. (2009). El cultivo de cacao. Guía técnica. CEDAF. República Dominicana. 232p.
- Beltrán, E., Hernández, K. y Rodríguez, A. (2017). Determinación de cadmio en chocolate de mesa comercializado en la zona metropolitana de San Salvador. Tesis. Ingeniería de Alimentos. Facultad de Ingeniería y Arquitectura. Universidad de El Salvador. 145p.

- Bergmann, J. (1969). The distribution of cacao cultivation in pre-columbian America. En: Annals of the Association of American Geographers, vol. 59, No 1, pp. 85-96.
- Bettiol, W., Tratch, R. y Galvao, J. (1998). Controle de doenças de plantas com biofertilizantes. EMBRAPA. Brasil. 22p.
- Bollati, G. s.f. Buenas Prácticas Agrícolas (BPA's) en el cultivo de cacao. Instituto de Investigación e Interacción Social. Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad Autónoma del Beni "José Ballivian". Bolivia. 35p.
- Borrero, C. (2009). Fertilización del cultivo de cacao en sitio definitivo.
- Calderón, E. y Ramírez, R. (2019). El cadmio en cacao (*Theobroma cacao* L.) y su legislación. Universidad Nacional de Colombia. Sede Medellín. 38p.
- CATIE. (2003). Aspectos generales del cacao. En: seminario Mejoramiento genético del cacao. AGEXPORT. Guatemala.
- Cartay, R. (1999). El cacao venezolano en el mercado mundial: situación actual y perspectivas. 360p.
- Castañeda, P. y Castañeda, O. (Comp.). (2001). El café ecológico. Algunas recomendaciones para su cultivo, procesamiento y comercialización. Vecinos mundiales. Guatemala. 230p.
- Castebianco, J. (2018). Técnicas de remediación de metales pesados con potencial aplicación en el cultivo de cacao. La Granja: Revista de Ciencias de la Vida. Vol. 27 (1): 21-35. <http://doi.org/10.17163/lgr.n27.2018.02>.
- Castellanos, H. (2019). Presencia histórica del cacao en Chiapas y más allá. México. 71p.
- Castro, B., Timmer, L., Leguizamón, J., Mülle, G. y Corrales, J. (2000). Enfermedades de los cítricos en Colombia. Fondo Nacional de Fomento Hortifrutícola. Colombia. 102p.
- Castro, D. (2010). Guía de alimentos básicos para el monitoreo y la detección de chanchitos blancos (*Pseudococcus viburni*). Fundación para el desarrollo frutícola-FDF-. Chile. 14p.
- Cedeño, S. (2011). La revolución del cacao CCN-51 en el Ecuador. Un ejemplo de prosperidad sostenible. CMAA internacional cocoa conference. Presentación power point.
- CENTRO DE PESQUISAS DO CACAU, CEPEC. s. f. Brasil. Trifoliar.
- Cermeli, M. (1987). Control de áfidos plaga en Venezuela. En: Curso de áfidos. Artículos selectos sobre áfidos y su importancia económica en la agricultura de Centro América. Informe técnico No 125. CATIE.
- Consorcio IICA-CIRAD-CATIE. (2008). Plan de manejo de cacao. Chiapas, México. 26p.
- Contreras, F., Herrera, T. e Izquierdo, A. Efecto de dos fuentes de carbonato de Calcio (CaCO<sub>3</sub>) sobre la disponibilidad de Cadmio para plantas de cacao (*Theobroma cacao* L.) en suelos de Barlovento, estado de Miranda. En: Contreras *et al.*, Venesuelos 13:52-63.
- Corral, R., Duicela, L. y Maza, H. (2006). Fijación y almacenamiento de carbono en sistemas agroforestales con café arábico y cacao en dos zonas agroecológicas del litoral ecuatoriano. COFENAC. Ecuador. 3p.

- Correa, J., Castro, S. y Coy, J. (2014). Estado de la moniliasis del cacao causada por *Moniliophthora roreri* en Colombia. Universidad EAFIT. Medellín. Colombia. 15p.
- Chinchilla, O. (2006). Folleto Kakaw: el chocolate en la cultura de Guatemala. Museo Pol Vuh. Universidad Francisco Marroquín. Guatemala.
- Da Silva, J. y Mendes, A. Controle químico de *Steirastoma breve* (Sulzer) (Coleoptera: Cerambycidae), broca do caule do cacauiero na Amazonia Brasileira. En: Revista *Theobroma*. Vol. 14. 1984. Ihléus, Bahía. Brasil.
- Delgado, N. Caracterización morfológica de los *Sesiidae* (Insecta: Lepidoptera) perforadores del fruto de cacao (*Theobroma cacao* L.), presentes en la región costera del estado de Aragua, Venezuela. En: Entomología vol. 20(2):97-111. Agosto, 2005.
- Del Águila, E. (2017). Determinación de cadmio y plomo en granos de cacao, frescas, secos y en licor de cacao (*Theobroma cacao*). Tesis para optar el título profesional de Ingeniería en industrias alimentarias, Facultad de Ingeniería en industrias alimentarias. Universidad Nacional Agraria de la selva. 91p.
- Dos Santos, L. (2001). (Ed.). Mejoramiento genético de cacao. Traducción al español de EcoPort. FAO. 266p.
- Del Águila, E. (2017). Determinación de cadmio y plomo en granos de cacao, frescos, secos y en licor de cacao (*Theobroma cacao*). Tesis. Ingeniero en industrias alimentarias. Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Perú. 91p.
- Dostert, N., Roque, J., Cano, A., La Torre, M. y Weigend, M. (2011). Hoja botánica: cacao. Documento: D38/08-19. GTZ. Perú. 20p.
- Dubón, A. y Sánchez, J. (2011). Manual de producción de cacao. FHIA, Technoserve, Agencia canadiense de desarrollo internacional, FHIA. Honduras. 208 p.
- Dubón, A. s.f. Situación actual del inventario de germoplasma de cacao en la FHIA y su diseminación a nivel regional. FHIA. Honduras. Presentación power point.
- Durán, E. Avances en la identificación y caracterización de materiales genéticos de cacao predominantes en las diferentes regiones del país. En: VII Foro Nacional de cacao 2014. Honduras. Presentación power point.
- Echeverri, J. (2013). Tecnología moderna en la producción de cacao: manual para productores orgánicos. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Costa Rica. 37p.
- End, M., Daymond, A. y Hadley, P. (Ed.). (2014). Technical guidelines for the safe movement of cacao germoplasm. Revised from the FAO/IPGRI. Technical guidelines No. 20. Cacanet. Bioversity. Italia. 82p.
- Enríquez, G. (1987). Manual de cacao para agricultores. CATIE-ACRI-UNED. Costa Rica. 150p.
- Enríquez, G. (2009). Cacao orgánico. Guía para productores ecuatorianos. Manual No 54. 2da. Ed. Ecuador. 247p.
- Escamilla-Prado, J., Escamilla-Femat, S., Gómez-Utrilla, J., Tuxtla, M., Ramos-Elordy, J. y Pino-Moreno, J. Uso tradicional de tres especies de insectos comestibles en agroecosistemas cafetaleros del estado de Veracruz. En: Tropical and subtropical agroecosystems, vol. 15, num. 2, 2012, pp.S101-S109.

- Estrada, A. s.f. El mundo K'ekch'í de la Vera Paz. En: Historia General de Guatemala. FAO-OMS. (2014). Anteproyecto de niveles máximos para el Cadmio en el chocolate y productos derivados de cacao. Comisión del código alimentarius. Elaborado por el grupo de trabajo electrónico liderado por Ecuador y copresidido por Ghana y Brasil. 20p.
- Félix, I., Mite, F., Carrillo, M. y Pino, M. Avances de investigación del proyecto de determinación de metales contaminantes en cultivos de exportación y su repercusión sobre la calidad de los mismos. En: VIII congreso ecuatoriano de la ciencia del suelo. 8p.
- FHIA. (2012). La moniliasis del cacao: el enemigo a vencer/proyecto promoción de sistemas agroforestales del alto valor con cacao en Honduras. 36p.
- Galindo, J. y Vargas, E. (1988). La enfermedad escoba de bruja una seria amenaza para el cultivo de cacao. IICA/CATIE/FHIA. Costa Rica. Trifoliar.
- García, G. (2001). Moniliasis del cacao. AGEXPORT/AID. Guatemala. Trifoliar.
- García, G. (2004). Buenas prácticas de cultivo en mora silvestre (*Rubus sp.*). VIFINEX-OIRSA/MAGA. Guatemala. 34p.
- Gómez, A. y Ramos, G. (2014). Polinización dirigida en cacao. INIA. Venezuela. Presentación power point.
- Gómez, (2018). Identificación y cuantificación de dípteros (*Ceratopogonidae*) polinizadores de cacao (*Theobroma cacao* L.) en la Granja Luker (Palestina, Caldas) a través de la utilización de materia orgánica en descomposición. Trabajo de grado para optar al título de Bióloga. Facultad de Ciencias. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá, D.C. 40p.
- González, D. (2011). Cacao fino de aroma del Ecuador "cacao arriba". Trabajo para optar por el título de especialista en Agronegocios y Alimentos. Universidad de Buenos Aires. Argentina. 50p.
- Gourmel, C. (2014). Catalogue illustré des principaux insectes ravageurs et auxiliaires des cultures de Guyane. Cooperative Bio Savane. 78p.
- Guerra, L. s.f. Factores climáticos que afectan el potencial genético del cacao en algunas zonas del litoral Atlántico. FHIA. Honduras. 10p.
- Guerrero, J. (2012). Análisis de suelos y fertilización de cacao. Guía técnica. UNALM. Perú. 36p.
- Hernández, A. Chocolate: historia de una nahuatlismo. En: Estudios de cultura Náhuatl 46, julio-diciembre de 2013, p.37-87.
- Hilje, L. Daño y combate de los roedores plaga en Costa Rica. En: Manejo integrado de plagas (Costa Rica) No 23 p.32-38. 1992.
- Hoppan, J. (2011). Maestros del cacao: los Mayas. Artes de México. Vol.103.Pp.29- 35.
- Huamaní, H., Huayas, M., Mansilla, L., Florida, N. y Neira, G. Presencia de metales pesados en cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) orgánico. En: Acta agronómica. 61(4) 2012, p.339-344.
- Iniciativa latinoamericana del cacao. (2018). Observatorio del cacao fino y de aroma para América Latina. En: boletín No 4.
- INPOFOS. (2007). Deficiencias nutricionales y fertilización del cacao. Northern Latin America.

- Jiménez, T. y Dunnaway, A. (2003). Proyecto de incremento de la producción de cacao en Honduras. Asociación de productores de cacao de Honduras, APROCACAO. Honduras. 20p.
- Jiménez, C. Estado legal mundial del cadmio en cacao (*Theobroma cacao*): fantasía o realidad. En: Producción más limpia. Enero-junio de 2015. Vol. 10, No 1-89-104. Artículo de revisión.
- July, W. 2007. Caracterización morfológica y molecular del cacao Nacional boliviano y de selecciones élites del Alto Beni, Bolivia. Tesis Magister scientiae. CATIE. Costa Rica. 101p.
- Lapeyre, Z. (2004). Determinación de las reservas de Carbono de la biomasa aérea, en diferentes sistemas de uso de la tierra en San Martín, Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú. En: Ecología aplicada 3(1,2):pp35-44.
- León-Villamar, F., Calderón-Salazar, J. y Arga-Quinteros, E. Estrategias para el cultivo, comercialización y exportación del cacao fino de aroma en Ecuador. En: Revista Ciencia UNEMA. Vol.9-No 18, junio 2016, pp.45-55-
- Liendo, C., Morillo, F., Sánchez, P., Muñoz, W., Guerra, J., Cabrera, A. y Hernández, J. Olfactory behavior and electroantennographic responses of the cocoa beetle, *Steirastoma breve* (Coleoptera: Cerambycidae). Universidad Simón Bolívar. Venezuela. 132p.
- López, A. (1991). Diagnóstico de la situación del cacao en Guatemala. 22p.
- López, P. (2011). Paquete tecnológico cacao (*Theobroma cacao* L.), producción de planta. INIFAP. SAGARPA. Huimanguillo, Tabasco. México. 8p.
- López, M. Producción de cacao en sistemas agroforestales. En: Diplomado de cacao. Módulo III: Genética de cacao. FHIA. Honduras. Presentación power point.
- Luna, H. (2009). Afectación de los mazorqueros *Carmenita theobromae* Busck y *Carmenita foraseminis* Eichlin. En plantaciones de cacao en Perú. Trabajo de investigación. Facultad de Ingeniería Agraria. Universidad católica sedes sapientiae. 53p.
- Martínez, G. y Palacio, C. (2010). Determinación de metales pesados Cadmio y Plomo en suelos y granos de cacao, frescos y fermentados mediante espectroscopía de absorción atómica de llama. Tesis de Química. Universidad Industrial de Santander. Colombia. 98p.
- Mata, A. s.f. Influencia de los factores genéticos, ambientales y de manejo en la producción y productividad de cacao. CATIE. Presentación power point.
- Mavisoy, K., Cabezas, S., Ballesteros, W. y Somarriba, E. (2009). Evaluación de la abundancia de caratopogónidos (*Diptera*) polinizadores de cacao (*Theobroma cacao* L.) en hojarasca de 7 árboles de sombra, Talamanca-Costa Rica. Documento presentado a la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad de Nariño como requisito para optar el título de Ingeniero Agroforestal. 20p.
- Meter, A.; Atkinson, R. y Laliberte, E. (2019). Cadmio en el cacao de América Latina y El Caribe. Análisis de la investigación y soluciones potenciales para la mitigación. Biodiversity International. Roma. 84p.
- Mendes, A. y Garcia, J. Biología do besoura do cacau *Steirastoma breve* (Sulzer) (Coleoptera: Cerambycidae). En: Revista *Theobroma*. Vol. 14. 1984. Ilhéus, Bahía. Brasil.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL. (2010). Boletín de análisis por producto. Boletín No 4. Colombia. 20p.

- MINISTERIO DE AGRICULTURA Y RIEGO. (2018). Protocolo de muestreo de suelos con cadmio en zonas cacaoteras. Perú. 62p.
- Mite, F., Carrillo, M. y Durango, W. Avances del monitoreo de presencia de Cadmio en almendras de cacao, suelos y aguas en Ecuador. En: XII congreso ecuatoriano de la ciencia del suelo.
- Monge, J. (2009). Roedores plaga de América Central. Editorial UCR. OIRSA. Costa Rica. 152p.
- Monge, J. y Sánchez, C. (2015). Las taltuzas. Historia natural y control. Editorial UCR. Costa Rica. 40p.
- Mora, J. (1956). Origen y tipos de cacao. Suelo tico (Costa Rica) 9 (36): 196-200.
- Mora, J. (1958). Notas sobre el posible origen y la variabilidad del cacao cultivado en América tropical. Turrialba 8(1): 34-43.
- Moreno, L. (1990). Poda y regulación de sombra de cacao. Fundación hondureña de investigación agrícola, FHIA. Fascículo No 7. Honduras. 27p.
- Motamayor, J. (2001). Etude de la diversité génétique et de la domestication des cacaogers du groupe criollo (*Theobroma cacao* L.) à l'aide de marqueurs moléculaires. Le grade Docteur en Sciences. Université Paris XI. 177p.
- Motamayor, J., Risterucci, A., Heath, M. y Lannaud, C. Cacao domestication II: progenitor germoplasm of the trinitario cacao cultivar. En: Heredity (2003) 91, 322-330.
- Motamayor, J., Lachenaud, P., Da Silva, J., Looor, R., Kuhn, D. (2008). Geographic and genetic population differentiation of the Amazonian chocolate tree (*Theobroma cacao* L.). PLoS One 3 (10): 3311.
- Negaresh, S. y Marín, I. El cacao y la salud humana: propiedades antioxidantes del cacao nicaragüense y productos alimenticios comercializados. En: Agroforestería en las Américas No 49. 2013.
- N' Goran, J., Laurent, V., Risterucci, A. y Lannaud, C. (1994). Diversidad genética comparativa de *Theobroma cacao* L. Utilizando marcadores RFLP y RAPD.
- OIRSA. (2020). Determinación de niveles de cadmio en almendras de cacao (*Theobroma cacao*), en Centro América y República Dominicana. 21p.
- Orozco, L. y López, A. (2016). Colección de esquinas técnicas para la mejora productiva del cacao. 14 fichas técnicas. VECO Mesoamérica. Nicaragua. 62p.
- Palencia, G. y Mejía, L. s.f. Métodos de injertación en cacao. Corporación colombiana de investigación agropecuaria, CORPOICA. Colombia. 22p.
- Parra, D., Pérez, S., Sosa, D., Rumbos, R., Gutiérrez, B. y Moya, A. Avances en las investigaciones venezolanas sobre enfermedades del cacao. En: Revista de estudios transdisciplinarios. Vol. 1. No 2. Serie verde. Caracas, Venezuela. 2009.
- Pérez, J. (2009). Evaluación y caracterización de selecciones clonales de cacao (*Theobroma cacao* L.) del programa de mejoramiento del CATIE. Tesis de maestría del CATIE, Costa Rica. 164p.

- Pineda, R., Chica, M., Echeverri, L., Ortiz, A. y Olarte, H. Influencia de la fermentación y el secado al sobre las características del grano de cacao TSH 565 e ICS-60. En: Vitae, vol. 19. No 1. Enero-abril. 2012. ppS288-S290. Medellín, Colombia.
- Pino-Moreno, J., Reyes-Prado, H., Ángeles-Campos, S. y García-Pérez, A. Análisis comparativo del valor nutritivo de la "cuelta" (*Arsenura armida* C. 1779) (*Lepidoptera: Saturniidae*), con algunos alimentos convencionales. En: Entomología mexicana Vol. 2, 744-748 (2015).
- Philips, W. s.f. Control integrado de la moniliasis basado en variedades tolerantes. CATIE. Proyecto cacao Centroamérica. Costa Rica. 88p.
- Philips, W., Arciniegas, A., Mata, A. y Motamayor, J. 2012. Catálogo de clones de cacao, seleccionados por el CATIE para siembras comerciales. CATIE. Costa Rica. 69p.
- Philips, W. (2014). La genética: un aliado estratégico para optimizar los beneficios. En: VII Foro Nacional del cacao. Honduras. Presentación power point.
- Portillo, A. (2012). Efecto del tratamiento poscosecha sobre el desarrollo de las características fisicoquímicas de cacao criollo Porcelana del estado de Zulia. Tesis Magister Scientiarum. Facultad de Ingeniería. Universidad de Zulia. Venezuela. 91p.
- Portillo, E., Labarca, M., Grazziani, L., Cros, E., Assemant, S., Davrieux, F., Boulanger, R. y Marcano, M. Formación del aroma del cacao criollo (*Theobroma cacao* L.) en función del tratamiento poscosecha en Venezuela. En: Revista UDO Agrícola 9 (2):458-468. 2009.
- Porras, V. y Sánchez, J. (1991). Enfermedades del cacao. Fundación hondureña de investigación agrícola, FHIA. Fascículo No 5. Honduras. 32p.
- Pozza, E. y Alves. E. (1999). Manejo de doenças de plantas. Universidade Federal de Lavras. Brasil. 68p.
- Proboste, A., Gerding, M., Luppichini, P., Ripa, S., Larraín, P., Zaviezo, T. y Larral, P. (2010). Biología, manejo y control de chanchitos blancos. Boletín INIA No 204. Chile. 62p.
- PROCOLOMBIA. 2018. Aliado estratégico del sector cacao y derivados.
- PROECUADOR. Instituto de promoción de exportadores e inversiones. Análisis del sector cacao y elaborados. 2013. Ecuador. 42p.
- Rafetas, M. y Codony, R. (2000). Estudio nutricional del cacao y productos derivados. Instituto del cacao y el chocolate (ICC). Universidad de Barcelona. España. 17p.
- Ramírez, A. y Rodríguez, L. (1999). Plagas y enfermedades de cacao. Plagas de cultivos tropicales II. Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano. Honduras. 14p.
- Ramos, R. (2011). Estudio de la diversidad de insectos polinizadores en sistemas agroforestales de cacao y su relación con la productividad y diversidad de especies del dosel. Tesis Ing. Administrador. Universidad de San Pedro Sula, Honduras. 73p.
- Ramos, A. y Serna, F. (2004). *Coccoidea* de Colombia, con énfasis en las cochinillas harinosas (*Hemiptera: Pseudococcidae*). Colombia. 25p.
- Ramos, G. y Gómez, A. (2014). Aspectos genéticos del cultivo de cacao. INIA. Venezuela. Presentación power point.

- Reyes, H., Vivas, J. y Romero, A. (1999). La calidad en el cacao. Factores determinantes de la calidad. FONAIAP Divulga No. 61. Venezuela. 5p.
- Reyes, H., Pino, J. y García, A. Estudio etnoentomológico de la “cuelta” (*Arsenura armida* C. 1779) (*Lepidoptera: Saturniidae*); en la región oriente del estado de Morelos. En: Entomología mexicana vol. 2: 749-755 (2015).
- Ripa, R., Larral, P., Luppichini, P., Guajardo, V. y Rojas, S. (2008). Chanchito blanco de cola larga, cochinilla harinosa de los invernáculos, cochinilla algodonosa de los invernáculos. En: manejo de plagas en paltos y cítricos. 180-205. Chile.
- Rodríguez, H. (2017). Dinámica del cadmio en suelos con niveles altos del elemento, en zonas productoras de cacao de Nilo y Yacopí, Cundinamarca. Tesis o trabajo de investigación presentada (o) como requisito parcial para optar al título de Magister en Ciencias Agrarias. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Colombia. 133p.
- Romero, C. (2016). Estudio del cacao en el Perú y el mundo. Un análisis de la producción y el comercio. Ministerio de Agricultura y Riegos. Perú. 90p.
- Sánchez, J. (1988). El cultivo del cacao, prácticas de manejo. Fundación hondureña de investigación agrícola, FHIA. Fascículo No 1. Honduras. 27p.
- Sánchez, P. y Klaus, J. Rutas de migraciones humanas, precolombinas a la Amazonia, sugeridas por la distribución del cacao. En: jan-feb 1992, vol. 17, No 1. INTERCIECIA.
- Sánchez-Salinas, S., Mariaca, R., Medeiros, E. y Huicoclica, L. Consumo de insectos en la cabecera municipal de Simojovel de Allende, Chiapas, México. En: Boletín de la Sociedad entomológica Aragonesa (S.E.A.) no 46 (2010): 575-579.
- Sánchez, S. (2011). Cacao e graviola. Descrição e danos das principais pragas de insetos. Universidade Estadual de Santa Cruz. Ilhéus, Bahía. Brasil. 145p.
- Somarriba, E., Cerda, R., Domian, C., Quesada, F. y Vásquez, N. (2010). Reproducción sexual del cacao. Serie técnica. Materiales de extensión No. 1. Colección escuelas de campo. CATIE. Costa Rica. 48p.
- Soria, J. (1959). Apuntes sobre la variabilidad de tipos de cacao en algunas plantaciones de Nicaragua y comentarios sobre su constitución genética. Turrialba, Costa Rica. Vol. 4. No 2. 7p.
- Suárez, Y. y Hernández, F. (2010). Manejo de las enfermedades del cacao (*Theobroma cacao* L.) en Colombia, con énfasis en monilia (*Moniliophthora roreri*). CORPOICA. Colombia. 89p.
- Stuart, D. (1988). The rio Azul cacao pot: Epigraphic observations on the function of a Maya ceramic vessel. En: Antiquity 62 (234): 153-157.
- Uribe, A., Méndez, H. y Mantilla, J. Efecto de niveles de Nitrógeno, Fósforo y Potasio en la producción de cacao en Colombia. En: Revista suelos ecuatorianos, 28:31-36. 1998.
- Vargas, A., Somarriba, E. y Carballo, M. (2005). Dinámica poblacional de la chinche (*Monalonion dissimulatum* Dist.) y daño de mazorcas en plantaciones orgánicas de cacao del Alto Beni, Bolivia. En: Agroforestería en las Américas. CATIE. No 43-44: 72-76.

- Vásquez, Y., Muñoz, J., Muriel, S. y Hernández, F. Ocurrencia de los barrenadores (*Carmenta forasiminis* Eichlin y *Carmenta theobromae* (Busck) *Lepidoptera: Sesiidae*) en *Theobroma cacao* L., en el departamento de Antioquía, Colombia. En: boletín del museo de Entomología de la Universidad del Valle, 16(1):34-38, 2015.
- Vázquez, A., Sangerman, D. y Schwentesius, R. Caracterización de especies de abejas nativas y su relación biocultural en la Mixteca oaxaqueña. En: Revista mexicana de Ciencias Agrícolas. Volumen 12. Número 1. 1-14 febrero, 2021.
- Verdesoto, P. (2009). Caracterización química preliminar del cacao (*Theobroma cacao*) de los municipios de Omoa y la Masica. Honduras. Tesis agroindustrial alimentaria. El Zamorano. Honduras. 74p.
- Villalobos, M. y Orozco, S. (2012). (comp.) Calidad de cacao en Centro América. Un vistazo a la situación 2009. CATIE. Serie técnica. Reuniones técnicas no 17. 88p.
- Villatoro, L. (2011). Evaluación de cinco tratamientos para el control de moniliasis (*Moniliophthora roreri* Evans *et al.*), en plantaciones de cacao (*Theobroma cacao* L.) de la comunidad pozo seco, del municipio de Chisec, Alta verapaz. Tesis FAUSAC.
- Vello, F. y Nascimento, I. Influencia da origen do polen na producao do cacauero. En: Revista Theobroma. CEPEC, Itabuna, Brasil, 1(1):7-14. Jan-mco. 1971.
- Vello, F. y Garcia, J. Características das principais variedades do cacao cultivadas na Bahía. En: Revista Theobroma. CEPEC, Itabuna, Brasil. 1(2):3-10. Abr-jun. 1971.
- Ventura, M.; María, A.; González, J.; De la Cruz, J. y Rodríguez, O. (2017). Guía técnica para el mejoramiento de la productividad del cacao en República Dominicana. Consejo Nacional de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (CONIAF). Santo Domingo. Do. 52p.
- Viviant, V. s.f. Chocolate: sus mitos y verdades. Disponible: [www.nutrinform.com.ar](http://www.nutrinform.com.ar)
- Waizel, S., Waizel, B., Magaña, J., Campos, P. y San Esteban, J. 2012. Cacao y chocolate: seducción y terapéutica. Anales médicos. Disponible: [www.medigraphic.org.mx](http://www.medigraphic.org.mx)
- Winowieck, L. (2007). Nutrición del cacao y sus necesidades de abonamiento y fertilización. CATIE y Universidad de Idaho. Ecuador. Presentación power point.
- Young, A. (1994). The chocolate tree: a natural history of cacao. The Smithsonian Institution. United States of America.