

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS
DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA
M.C. SERGIO HERNÁNDEZ RODRÍGUEZ



Importancia del café y sus principales plagas. Un énfasis en la broca del café *Hypothenemus hampei* (Ferrari)

Por:

HULIBER MEJÍA DÍAZ

MONOGRAFÍA

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO

Torreón, Coahuila, México
Septiembre 2018

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA

M.C. SERGIO HERNÁNDEZ RODRÍGUEZ

Importancia del café y sus principales plagas. Un énfasis en la broca del café
Hypothenemus hampei (Ferrari)

Por:

HULIBER MEJÍA DÍAZ

MONOGRAFÍA

Que se somete a la consideración del H. Jurado Examinador como requisito
parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO

Aprobada por:



M.C. SERGIO HERNÁNDEZ RODRÍGUEZ
Presidente



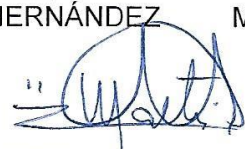
M.E. JAVIER LÓPEZ HERNÁNDEZ
Vocal



PhD. VICENTE HERNÁNDEZ HERNÁNDEZ
Vocal



M.C. FABIAN GARCÍA ESPINOZA
Vocal Suplente



M.E. VÍCTOR MARTÍNEZ CUETO
Coordinador de la División Regional de Carreras Agronómicas



Torreón, Coahuila, México
Septiembre 2018

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA

M.C. SERGIO HERNÁNDEZ RODRÍGUEZ

Importancia del café y sus principales plagas. Un énfasis en la broca del café
Hypothenemus hampei (Ferrari)

Por:

HULIBER MEJÍA DÍAZ

MONOGRAFÍA

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO

Aprobada por el Comité de Asesoría:


M.C. SERGIO HERNÁNDEZ RODRÍGUEZ
Asesor Principal


M.E. JAVIER LÓPEZ HERNÁNDEZ
Coasesor


Ph.D. VICENTE HERNÁNDEZ HERNÁNDEZ
Coasesor


M.E. VÍCTOR MARTÍNEZ CUETO
Coordinador de la División de Carreras Agronómicas



Torreón, Coahuila, México
Septiembre 2018

AGRADECIMIENTOS

A Dios primeramente por la vida y la salud. Gracias a Él he logrado todo lo que soy.

A mis padres, Everardo Mejía Soto y Clara Díaz Lorenzo por haberme dado la vida y por brindarme su apoyo incondicional para culminar una etapa más, obteniendo un logro tan grande como es el de convertirme en un profesionalista.

A mis hermanos, Miguel, Abisai, Yasmín, Deisy, Maykel, Gerson y William. Son sencillamente increíbles. Gracias por apoyarme. Son lo mejor.

A mis amigos los que estuvieron conmigo y me apoyaron siempre durante toda mi carrera escolar.

A los maestros del Departamento de parasitología, que siempre nos apoyaron con sus conocimientos, para lograr el objetivo deseado. Gracias a todos ellos por el conocimiento adquirido.

Al Dr. Vicente Hernández, por sus buenos consejos y por estar al tanto de mí como tutor. ¡Gracias Doctor!

DEDICATORIAS

A **Dios** por ser mi fortaleza en mi debilidad, por estar siempre a mi lado, por darme la vida, la salud, la mejor familia, los mejores amigos y a todo lo que me rodea. Todo es por Él y para Él.

A **mis padres Everardo Mejía Soto y Clara Díaz Lorenzo**, por haberme dado las mejores lecciones de vida que no se aprende ni en la mejor escuela del mundo, esas lecciones que se dan con el corazón y que han hecho que hoy de uno de los pasos más importantes de mi vida. Simplemente ¡Gracias! Por todo el amor, el cariño y el apoyo que me han dado a lo largo de mi vida y lo más importante que siempre han creído en mí. Los amo con todas mis fuerzas.

A **mis hermanos Miguel, Abisai, Yasmín, Deisy, Maykel, Gerson y William**, por estar en las buenas y en las malas conmigo, por todos los buenos momentos que hemos pasado, así como por todo el apoyo que me han brindado a lo largo de mi vida, no solo en la escuela si no en todos los aspectos de la vida, por todas las cosas compartidas y que al final son mas las cosas buenas que las malas que hemos pasado juntos, carnales esto es por ustedes y para ustedes, los quiero mucho y a ustedes también: ¡muchas gracias por todo!.

A **mis abuelos Abundio Díaz Escalante y Zoila Lorenzo**, por todo el respaldo que me han dado, por comprenderme y tolerarme en todas las cosas que he hecho y en las decisiones que he tomado a lo largo de mi vida, y lo más importante por el cariño y los consejos que me han dado por mi bien sin ningún interés más que el de verme feliz, simplemente les agradezco con un sincero los quiero y muchas gracias.

A **las familias Mejía, Díaz**, no pude haber tenido mejores familias, gracias a todos y cada uno de los integrantes de estas hermosas familias y mejor aún gracias por permitir ser parte de ellas.

RESUMEN

El café es uno de los productos más populares alrededor del mundo. Esta preferencia le ha otorgado los primeros lugares en la lista de los productos de mayor importancia económica a nivel mundial. Los criterios más utilizados para establecer la calidad del café son la variedad genética, el tipo de cosecha y el proceso de industrialización. El género *Coffea* contiene alrededor de 85 especies y únicamente tres de ellas denominadas *C. arabica*, *C. canephora* (robusta) y *C. liberica* se han empleado como cultivos comerciales. Las especies más importantes de café son *Coffea arabica* la cual representa aproximadamente el 70% de la producción mundial, *C. canephora* cerca del 30% y *C. liberica* sobre 1%. Debido a la crisis económica en la caída de los precios en el mercado internacional, además de las enfermedades y su principal enemigo la broca del café *Hypothenemus hampei* (Ferrari) originario de África Ecuatorial, fue descubierta en México en 1978. Es considerado una de las especies de plagas en el cultivo del café que causa una reducción en la cosecha hasta del 50%, afectando la calidad de la fruta. El presente documento tiene por objetivo explorar lo concerniente al cultivo del café, desde la descripción de la planta, especies, variedades, enfermedades y plagas enfocándose principalmente en la broca del café, plaga clave en este cultivo y el manejo integrado de esta especie.

Palabras clave: Café, *Coffea arabica*, *Coffea canephora*, Broca del café, *Hypothenemus hampei* (Ferrari).

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS.....	i
DEDICATORIAS.....	ii
RESUMEN	iii
ÍNDICE.....	iv
ÍNDICE DE CUADROS.....	vii
INDICE DE FIGURAS	viii
1.- INTRODUCCIÓN.....	1
2.- REVISION DE LITERATURA	2
2.1 Generalidades del café.....	2
2.2 Importancia económica del café.....	5
2.3 Principales productores de café a nivel internacional	5
2.4 Principales Estados productores de café en México.....	6
2.5 Especies y variedades.....	7
2.5.1 Variedades de <i>Coffea arabica</i>	9
2.5.2 Variedad de <i>Coffea canephora</i> (Café Robusta).....	10
2.6 Clasificación Centifica	11
2.7 Morfología.....	11
2.8 Propagación.....	17
2.9 Germinación.....	17
2.10 Fenología del café	18
2.11 Establecimiento del cultivo del café.....	19
2.12 Época de siembra.....	21
2.13 Procesamiento Del Café.....	21
2.13.1 Cosecha.....	21
2.13.2 Procesamiento (Beneficiado).....	23
2.13.3 Almacenamiento del café.....	25
2.14 Principales plagas y enfermedades del café.....	27
2.15 Enfermedades en el café.....	27
2.15.1 Roya del café o roya amarilla (<i>Hemileia vastatrix</i>).....	27
2.15.2 Control.....	28
2.15.3 Preparado biológico.....	29
2.15.4 Antracnosis (<i>Colletotrichum coffeanum</i>).....	29
2.15.5 Control cultural.....	30
2.15.6 Mal de hilachas o araño (<i>Pellicularia koleroga</i> Cooke).....	30
2.15.7 Medidas preventivas.....	31

2.15.8 Control cultural	32
2.15.9 Control químico	32
2.16 Plagas en el café.....	32
2.16.1 Minador de la hoja	32
2.16.2 Posición taxonómica y nombres comunes:	33
2.16.3 Hospederos	33
2.16.4 Biología y Comportamiento	33
2.16.5 Control integrado	34
2.16.6 Control cultural	34
2.16.7 Control Biológico	34
2.16.8 Control Químico	35
2.16.9 Escamas	35
2.16.10 Control Biológico	36
2.16.11 Control	37
Control químico	37
Control cultural	37
Control con especies botánicas	37
2.17 La Broca del café	38
2.17.1 Generalidades sobre la biología de la broca	39
2.17.2 Comportamiento reproductivo de la broca	40
2.17.3 Descripción taxonómica de la broca del café de acuerdo con Decazy <i>et al.</i> , 1990.	40
2.17.4 Distribución geográfica	41
2.17.5 Síntomas por broca del café	41
2.17.6 Daños e importancia económica	41
2.17.7 Descripción del insecto	42
2.17.8 Biología y ecología	44
2.17.9 Medios de diseminación	46
2.17.10 Relación fenológica del cafeto con la broca	46
2.17.11 Efecto de la humedad y temperatura sobre la broca	47
2.17.12 Efecto de la broca sobre la producción de café	47
2.17.13 Muestreo y umbrales de daño económico	48
2.18 MIB	50
2.18.1 Registro de floración.	50
2.18.2 Control Mecánico o Manual (recolección sanitaria) de acuerdo con Bustillo-Pardey (2001).	51
2.18.3 Control con prácticas agronómicas o culturales.	51
Fertilización.	51
Regulación de sombra	52
Poda de cafetos.	52
Control de malezas	52
Distancias de Siembra.	53
2.18.4 Control con trampas.	53
2.18.5 Control Biológico	53

2.18.6 Control Químico.	55
CONCLUSION	56
LITERATURA CITADA.....	57

ÍNDICE DE CUADROS

		Pág.
Cuadro 1	Clasificación taxonomica del café (Cárdenas 2007).	11
Cuadro 2	Clasificación del grano del café por tamaño(Aguilar-Ruiz 1999).	16
Cuadro 3	Control biológico de la broca del café tomado de (Cecafé, 2009).	36

INDICE DE FIGURAS

		Pág.
Figura 1	Bebida de café. Tomado de Café Chiapas.	3
Figura 2	Principales productores de café a nivel mundial (Sagarpa, 2008)	6
Figura 3	Principales Estados productores de café en México 2008 (Sagarpa, 2008)	7
Figura 4	<i>Coffea arabica</i> Linn y <i>Coffea canephora</i>	8
Figura 5	Variedad de <i>coffea canephora</i> (café robusta) Suárez 2001.	10
Figura 6	Planta de café (Cenicafé, 2011)	12
Figura 7	Sistema radicular de una planta de café. (Cenicafé 2010)	12
Figura 8	El tallo de la planta de café. A) ramas primarias y brotes, b) brotes de la zoca, c) flores culinares, d) frutos culinares. (Cenicafé 2010).	13
Figura 9	Hojas de una planta de café. (Cenicafé 2010)	13
Figura 10	Floración del cafeto y órganos contitutivos. (Cenicafé 2010)	14
Figura 11	Partes que conforman el grano de café. Tomado de café de Colombia (2011).	15
Figura 12	Estructura del fruto y grano de un cafeto. (Cenicafé 2010)	16
Figura 13	Coloración de café desde el brote hasta su completa maduración. (Niño-Sandoval y Prieto-Ortiz, 2007).	17
Figura 14	Germinación de la semilla hasta la fase de “mariposa”. Tomado de café de Colombia (2011).	18
Figura 15	Etapas de crecimiento del café. (Mariscal, A., 2011).	18
Figura 16	Diagrama de flujo del beneficiado de café húmedo y seco. Tomado de FAO (2011a)	25
Figura 17	Esquema de almacenamiento de sacos de café. (Bustillo-Pardey, 2007).	26
Figura 18	Roya del café o roya amarilla (<i>Hemileia vastatrix</i>) (Najera, 2002).	27
Figura 19	Roya del café o roya amarilla (<i>Hemileia vastatrix</i>) (Najera, 2002).	28
Figura 20	Antracnosis <i>Colletotrichum coffeanum</i> (Cecafé, 2009).	30
Figura 21	Mal de hilachas (<i>Pellicularia Koleroga</i> Cooke) (Bustillo-Pardey, 2001).	31

Figura 22	<i>Leucoptera coffella</i> (Bustillo-Pardey, 2001).	32
Figura 23	Daño causado por <i>L. coffella</i> (Bustillo-Pardey, 2001).	33
Figura 24	<i>C. viridis</i>. Escamas en la planta del café (Cecafé, 2009).	35
Figura 25	La broca del café. Tomado de café de Colombia (2011).	38
Figura 26	Adulto de la Broca del Café. (CEFP, 2011).	39
Figura 27	Daño del fruto del café causado por la broca. Tomado de OIRSA 2013	41
Figura 28	Metamorfosis de <i>H. hampei</i> (Cecafé, 2009).	42
Figura 29	Huevo de <i>H. hampei</i> (Cecafé, 2009).	43
Figura 30	Larva de <i>H. hampei</i> (Cecafé, 2009).	43
Figura 31	Pupa de <i>H. hampei</i> (Cecafé, 2009).	43
Figura 32	<i>Hypothenemus hampei</i> A) Hembra, B) Macho (Cecafé, 2009).	44
Figura 33	<i>Hypothenemus hampei</i> A) Hembra, B) Macho (Cecafé, 2009).	45
Figura 34	<i>Hypothenemus hampei</i> A) Hembra, B) Macho (Cecafé, 2009).	54
Figura 35	Broca del cafeto atacado por <i>Beauveria bassiana</i> Tomado de (Cecafé, 2009).	55

1.- INTRODUCCIÓN

Existe una gran probabilidad de que el lector de este artículo haya iniciado el día (o incluso acompañe su lectura) con una o varias tazas de café. Al fin y al cabo existen en el mundo docenas de millones de seres humanos que tienen entre sus rituales cotidianos el consumo de este aromático. Pero igualmente existe una gran probabilidad de que el mismo lector ignore los significados sociales, culturales y ecológicos del producto que lo acompaña cada mañana y de cuyo deleite o satisfacción depende buena parte de su vida cotidiana. Los consumidores rara vez tienen conciencia de dónde, cómo, cuándo y quiénes producen los satisfactores que día a día consumen. (Escantilla, E. 1993).

El cultivo del café atraviesa por una crisis a nivel mundial y se ve reflejada en la región Mesoamericana donde se localiza nuestro país, esta crisis se manifiesta por las constantes variaciones en los precios y por la disminución en la producción (Castellanos *et al.*, 2003).

La crisis es más evidente en la variedad *Coffea arabica* que se cultiva en una mayor superficie en nuestro país. Para hacer frente a esta crisis algunos países latinoamericanos como Brasil han realizado estudios de aptitud territorial que identifican los lugares más óptimos para la siembra del café, tomando en cuenta las variables climáticas y del terreno, haciendo una comparación entre necesidades agroecológicas del café y la aptitud territorial de las zonas de estudio (Segura *et al.*, 2004).

Las probables causas de la crisis se pueden englobar en tres grupos: el deficiente mercado de café, las plagas y el cambio climático (Castellanos *et al.*, 2003), este trabajo tiene mayor énfasis en la broca del café.

Teniendo en cuenta la realidad de México, la presente monografía ofrece una revisión exhaustiva del cultivo del café y sus principales plagas que afectan, entre ellas la broca del café *Hypothenemus hampei* la cual ha tenido gran impacto sobre dicho cultivo.

2.- REVISION DE LITERATURA

2.1 Generalidades del café

El vocablo café se deriva del árabe “Kahwah” (cauá), llegando a nosotros a través del vocablo turco “Kahweh” (cavé), con distintas excepciones, según los idiomas pero conservando su raíz. El cafeto es un arbusto originario de las montañas de Abisinia, África, en donde el clima imperante reporta una temperatura media anual de 17 a 20 °c, de comportamiento isotermal y con precipitaciones anuales de 1,500 a 2,000 mm (González, 1978).

En la actualidad, esta *rubiácea* se encuentra distribuida en casi todos los países productores del grano situados dentro de la franja ecuatorial. En Mesoamérica se le detecto en 1971 en Guatemala, en 1977 en Honduras, 1978 en México, 1981 en el salvador y 1988 en Nicaragua, en una diversidad de condiciones. En México, el cafeto se cultiva desde la frontera con Guatemala hasta el estado de Nayarit, con diferencias ecológicas; produce cafés de excelentes calidades, ya que en su topografía, altura, climas y suelos le permiten cultivar y producir variedades clasificadas de entre las mejores calidades de café del mundo (Cárdenas, 2007).

Es una planta perenne, se siembra y empieza a producir después de cuatro años. Su vida productiva puede ser mayor a los 40 años, su producción se da una vez al año durante lo que se llama ciclo cafetalero. Difieren generalmente en morfología, tamaño y adaptación ecológica. Dependiendo de la zona y la altura y la época de corte. Del café se obtiene una agradable y estimulante bebida cuyo consumo se basa en el hábito adquirido por muchas sociedades (Escantilla, E. 1993).

La producción se ve influenciada por el medio en que se desarrolla, ejercen influencia sobre el factor como temperatura e intensidad lumínica. Cuando estos se ven afectados ejercen influencia directa sobre la fisiología de la planta en sus diferentes etapas (Blanco *et al.*, 2003).

El café necesita para crecer un suelo rico y húmedo, que absorba bien el agua y drene con rapidez el exceso de precipitación. Se recomienda suelos profundos, ligeramente ácidos, rico en nutrientes con buena retención de humedad, pendiente entre 1 – 15% y un 60% de espacio poroso (Carcache, 2002). Aunque las heladas

dañan las plantas, este se cultiva en regiones frías; las temperaturas de crecimiento oscilan entre 13 y 26°C (Contreras, 2008).

La semilla de café tiene una mezcla de componentes químicos; algunos de ellos no se ven afectados por el proceso de tostado, sin embargo, existen algunos donde ocurre (Carmona, 1999), la destrucción parcial del grano verde por la torrefacción. La torrefacción es la operación en la cual son formados, bajo la acción del calor, los principios aromáticos que no existen previamente, en su mayoría, en las semillas del café. Consiste en calentar los granos a una temperatura que provoque modificaciones químicas, físicas y físico – químicas que hace que de éstos se pueda obtener una infusión. (Rochac, 1964), de este proceso el café toma su aroma.

La bebida café (Figura 1) es resultado de la mezcla de las semillas ya procesadas con agua hirviendo que extrae los sabores volátiles y no volátiles, así como los aromas. Los componentes volátiles son ácidos orgánicos, aldehídos, cetonas, esterres, aminas y algunos azufres (mercaptanos). El principal componente volátil del café es la cafeína que produce efectos fisiológicos en los seres humanos, la cafeína es un alcaloide con propiedades estimulantes (Rochac, 1964).



Figura. 1. Bebida de café. (AMECAFÉ-SIAP, 2012).

El café es uno de los cultivos tropicales más importantes no sólo para los 56 países productores del Tercer Mundo, sino para Estados Unidos, Europa y Japón, que consumen 80% del café producido. Al ser el principal producto agrícola de exportación durante los últimos veinte años, este cultivo colocó a México en importantes posiciones internacionales. México es el principal productor de café orgánico del mundo, ocupa el quinto lugar por la superficie cosechada y el noveno por su rendimiento (Carmona, 1999).

Para México, el café representa una actividad estratégica; emplea a más de 500 mil productores, en cerca de 690 mil hectáreas de 12 entidades federativas y 391 municipios; involucra exportaciones por 897 millones de dólares por año, destinando a esta el 10% de la superficie; además vincula directa e indirectamente a cerca de 3 millones de personas y genera un valor en el mercado de alrededor de 20 millones de pesos por año (Carmona, 1999).

Durante muchos años, la exportación de plantas de café fuera de las naciones musulmanas estuvo prohibida. La propagación a nivel mundial del género *Coffea* partió del trópico africano (Cinza-Borrelli *et al.*, 2002; Renard, 1993).

A principios del siglo XVII, el café se introdujo en la India y a finales del mismo siglo, se llevó a la isla de Java, donde las condiciones climáticas y la fertilidad de las tierras permitieron que el café se adaptara perfectamente en las Indias Orientales. A mediados del siglo XVIII, el consumo de café se extendió por Europa. En América, el café fue introducido durante el siglo XVIII, la planta se propagó por el Caribe y el Continente. En 1727, el café fue introducido en Brasil y en 1731 a Jamaica y Santo Domingo, de donde su cultivo se extendió al resto de los actuales países productores de América. Con la revolución industrial y el crecimiento de la población mundial durante el siglo XX, el café prácticamente se convirtió en una bebida universal (Renard, 1993).

La introducción del cultivo en México ocurrió hace 200 años (Cano-Flores *et al.*, 2004). A nivel mundial, México es el quinto productor de café, después de Brasil, Vietnam, Colombia e Indonesia. La especie *Coffea arabica* es la predominante, contribuyendo con el 97% de la producción, sin embargo México es el primer productor mundial de café orgánico, y uno de los primeros en cafés "Gourmet", aunque la

modalidad de consumo está estrictamente relacionada con los hábitos y culturas de los países individuales (Cinza-Borrelli *et al.*, 2002; Renard, 1993).

2.2 Importancia económica del café.

Desde 1980 ha venido cobrando fuerza el comercio internacional alternativo de alimentos y bebidas que desafían las grandes empresas transnacionales. En 2005 se comercializaron más de 5.5 millones de toneladas de café en el mercado mundial (Cinza-Borrelli *et al.*, 2002).

La producción mundial de café se integra por tres tipos: los suaves, los arábigos y las robustas. Los primeros son procesados por el medio del método de lavado (despulpado, lavado y secado inmediatamente después de haber sido recolectado). Los segundos generalmente son no lavados (el grano recolectado se seca y almacena con su pulpa o cascara exterior, y se despulpa posteriormente antes de ser entregado al comprador) y su calidad es inferior a la de los suaves. Finalmente, los del tercer tipo son los menos cotizados en el mercado tanto por su calidad como por su precio (Cinza-Borrelli *et al.*, 2002).

2.3 Principales productores de café a nivel internacional

El café es uno de los principales productos genéricos que se comercializan en el mercado mundial, su producción se concentra por lo regular en zonas tropicales y subtropicales del mundo. Es uno de los productos primarios más valiosos en el mercado mundial. Actualmente más de 80 países lo cultivan en sus diferentes tipos, de los cuales poco más de 50 países lo exportan. Los principales países productores son: Brasil, Vietnam y Colombia, que representan el 30.6, 14.7 y 10.1 respectivamente, México participa con el 3.7% (Figura 2) (Sagarpa, 2008).

Las especies de café que se cultivan son: *Coffea arabica* y *C. canephora* y *C. liberica*. La primera es de mayor importancia por su calidad, valor en el mercado nacional e internacional y por su extensión territorial. *Coffea arábica* es la especie más importante de café, lo cual representa aproximadamente el 70% de la producción mundial, *C.*

canephora cerca del 29% y *C. liberica* sobre 1% ya que su consumo es restringido en el mercado debido a que su consumo es muy limitante (Geromel *et al.*, 2006).

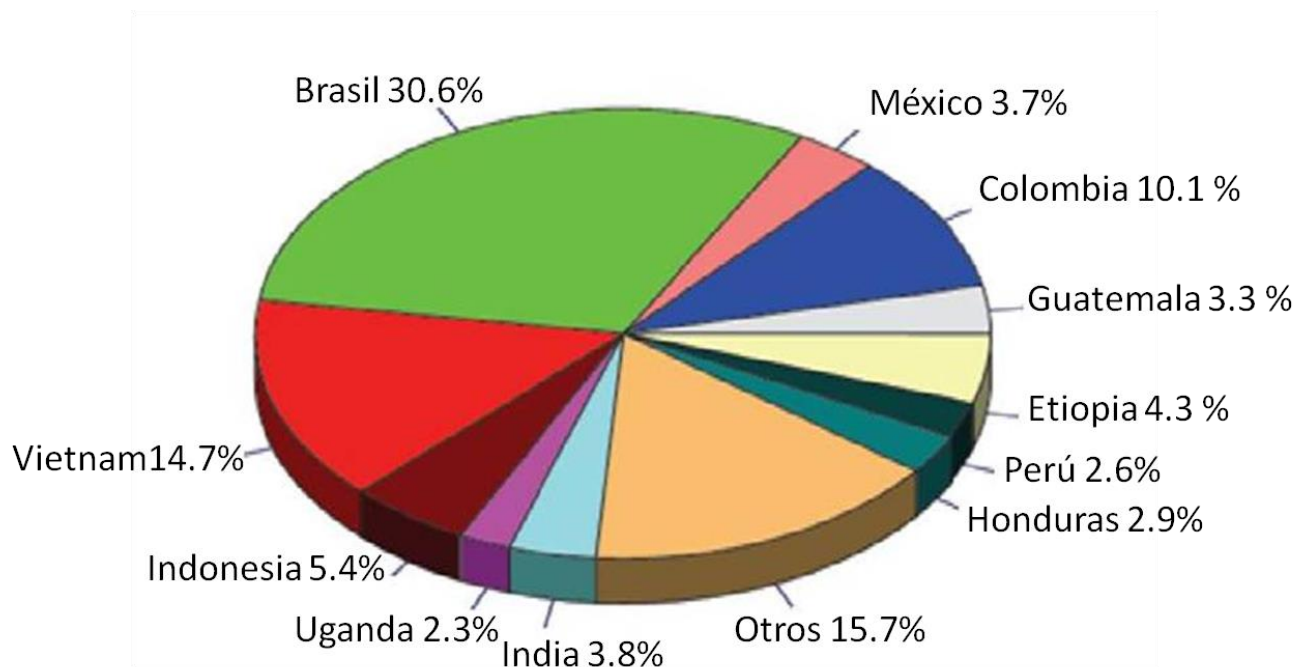


Figura 2. Principales productores de café a nivel mundial (Sagarpa, 2008).

2.4 Principales Estados productores de café en México.

En México, más del 90% de la producción de café se encuentra concentrada en 4 estados: Chiapas 36.94%, Puebla 21.56%, Veracruz 20.97% y Oaxaca 12.26%. En el 2008 Chiapas se ubicó como el primer productor de café a nivel nacional, al alcanzar un volumen de producción de 512,184.16 toneladas (Figura 3) (Sagarpa, 2008).

El café que se produce en México es de la especie *C. arabica*, que constituye el 97% de la producción nacional, representada por las variedades Typica (criollo, nacional o arábica), Bourbon, Caturra, Mundo Novo, Garnica, Catuaí, pluma hidalgo y Maragogype, el 3% de la producción corresponde a la especie *C. canephora*, conocida como robusta (CAC, 2003).

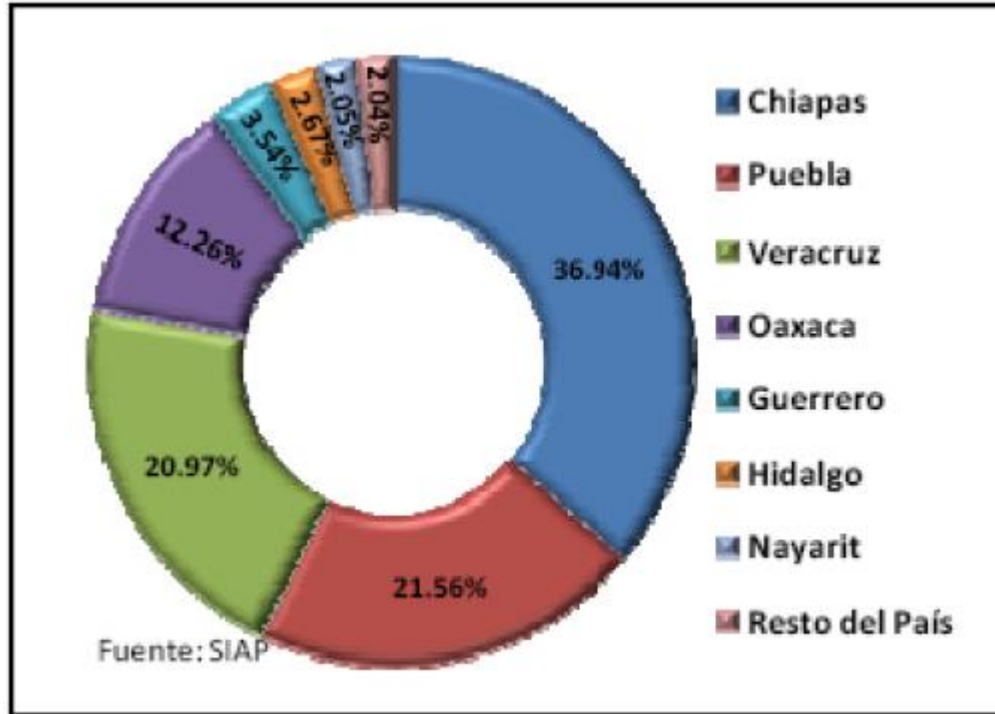


Figura 3. Principales Estados productores de café en México 2008 (Sagarpa, 2008).

2.5 Especies y variedades

El café se produce bajo diferentes condiciones climáticas, dando origen a numerosas variedades y calidades, así como a distintos periodos de floración y fructificación. Lo cual la mayoría de los cafecultores hacen la recolección manual de la cereza. La cosecha se realiza de septiembre a abril y se realizan de 2 a 3 cortes por ciclo, esta actividad es gran demandante de mano de obra y en México participan los grupos familiares enteros. En el caso de los medianos y grandes productores (Najera, 2002)

De acuerdo con Blanco *et al.*, (2003) menciona, que es muy importante de la elección de las cualidades que debe reunir una buena variedad de café seleccionando las principales para producción:

- Alta producción
- Alto rendimiento
- Resistente a enfermedades
- Resistente a plagas
- De porte bajo, ya que permite disponer de más árboles por área

- De fácil manejo
- De iniciación rápida en la producción
- De buen sistema radicular

Como se mencionó anteriormente los granos de café son las semillas de un arbusto de hoja perenne perteneciente a la familia Rubiaceae, y el género *Coffea*, que es sin duda, el miembro más importante de esta familia, desde el punto de vista económico, pues dos de sus especies son objeto de un abundante comercio: *Coffea arabica* Linn (Figura 4a) y *Coffea canephora* Pierre ex Froehner (Figura 4b). Estas son conocidas en el comercio, respectivamente, como Arábica y Robusta. La especie de café *Coffea arabica* representa aproximadamente el 80-90% de la producción mundial (Najera, 2002).

La especie *C. canephora* representa entre el 10 y 20% de la producción mundial (Figura 5). Las especies importantes de *Coffea canephora*, incluyen las distintas formas conocidas en el mercado como café Robusta. El último nombre, “*canephora*”, se deriva de su nombre específico del *C. robusta*, pero hoy en día *C. robusta* es considerada como sinónimo de la variedad original de *C. canephora*. (Cano-Flores et al., 2004; Doyle et al., 2001; Clarke y Macrae, 1985).



Figura 4. a) *Coffea arabica* Linn y b) *Coffea canephora* (Najera, 2002).

Existen diferencias importantes entre las dos principales especies comerciales y deben ser tomadas en cuenta. El Café robusta se cultiva en altitudes relativamente bajas, tolera las altas temperaturas y lluvias muy intensas, exige un suelo más alto que contenga humus. Por lo general, es también mucho más resistente a las enfermedades

que la arábica. Mientras que el grano de arábica es de color verde a verde pálido y de forma oval, el de robusta tiende a ser más redondo y puede ser marrón en lugar de verde. La especie arábica en general produce buenas infusiones con acidez, más sabor y aroma (FAO, 2011b; Clarke y Macrae, 1985).

2.5.1 Variedades de *Coffea arabica*

Las especies *Coffea arabica*, es originario de las tierras altas de más de 1000 m.s.n.m. de Etiopía y Sudán, África. Es uno de los cultivos de exportación más importante de muchos países (Cárdenas, 2007). Presentan mejores cualidades organolépticas, bebidas suaves con buenas características de aroma y acidez, cuerpo mediano y exquisito sabor. Por esta razón, obtienen los mejores precios en el mercado internacional en comparación *C. canephora* que presentan una bebida más amarga, con menor acidez y aroma (Banegas, 2009)

Son diversas las variedades árabes cultivadas sin embargo solo unas pocas manifiestan importancia agronómica. Se les cultiva preferentemente en altitudes superiores a los 900 m.s.n.m., donde alcanzan sus mejores niveles de calidad bajo condiciones ecológicas aptas para su explotación. El origen de la variedad en los cafés árabes se debe principalmente a las mutaciones o a la hibridación. Las variedades árabes que se cultivan en México de acuerdo con Cecafe (2009).

- **Typica:** A esta variedad se le conoce también con los nombres de criollo o café arábico; fue la primera en introducirse al continente americano en 1715 y a México en 1796. Los cafetos de esta variedad pueden alcanzar hasta 4 m. de altura. Su ramificación no es abundante y sus hojas nuevas son de color bronceado con frutos de color rojo o amarillo cuando están maduros.
- **Bourbon:** Esta variedad manifiesta en las hojas nuevas una coloración verde claro a diferencia de la variedad Typica que son bronceadas; adicionalmente los arbustos tienen una forma cilíndrica. Sus ramas primarias nuevas forman con el tallo un ángulo de inserción más cerrado y su ramificación es más profusa. Sin embargo la variedad Typica posee frutas y semillas de un tamaño ligeramente mayor.
- **Caturra:** Es una variedad originada en Brasil, se le considera una mutación de la variedad Bourbon y se caracteriza por su tamaño reducido, de forma redondeada y entrenudos cortos tanto el tallo como el de las ramas. Su capacidad de producción

aceptable y su porte pequeño favorecen altos rendimientos por unidad de superficie bajo un manejo intensivo. Las hojas de la variedad Caturra son más anchas y de coloración más oscura que la variedad Bourbon, pero sus frutos y semillas son similares. Se conocen seleccionados con frutos maduros de color rojo y amarillo.

- **Mundo Novo:** Variedad originaria de Brasil, probablemente por el cruzamiento natural entre una selección de la variedad Typica denominada “Sumatra” y la variedad Bourbon.

2.5.2 Variedad de *Coffea canephora* (Café Robusta)

Café Robusta como su nombre lo indica, es una variedad de gran vigor y rusticidad. Tiene flores blancas, algunas veces ligeramente difusas con rosa, en dos racimos axilares, sésiles, con o sin brácteas con hojas. Se le señala como tolerante a la roya del cafeto y a los nematodos (Rivera, 1990). Se adapta a condiciones de altitud inferiores a los 600 m.s.n.m., produce una bebida fuerte, astringente y con buen cuerpo. Prospera en un suelo profundo, bien drenado, que no sea ni demasiado ligero ni demasiado pesado (Cecafé, 2009).



Figura 5. Variedad de *coffea canephora* (café robusta) Suárez 2001.

2.6 Clasificación Científica

De acuerdo con Arcilla, 1998 y Cardenas 2007 el café se clasifica de la siguiente manera

Cuadro 1. Clasificación científica del café de acuerdo con Arcilla, (1998) y Cárdenas, (2007):

Dominio: Eukaria
Tipo: Espermatofitas
Sub-tipo: Angiospermas
Clase: Dicotiledóneas
Sub-clase: Gamopétalas inferiovariadas
Orden: Rubiales
Familia: Rubiáceas
Género: <i>Coffea</i>
Especies: <i>arabica, canephora,</i>

2.7 Morfología

La planta de café (Figura 6) es un dicotiledónea, proviene de un arbusto perenne que pertenece a la familia de las *Rubiaceae*, puede alcanzar 10 metros de altura de forma silvestre y en una plantación de café controlada alcanza 3 metros de altura lo cual facilita el cosechado. Esta familia comprende alrededor de 500 géneros y más de 6000 especies. La mayor parte son árboles y arbustos que crecen en el estrato más bajo de los bosques tropicales (Doyle *et al.*, 2001; Clarke y Macrae, 1985).



Fig. 6. Planta de café. Tomado de Cenicafé 2010.

De acuerdo con Rivera (1990), la planta de café presenta la siguiente morfología:

- **Raíz.** El sistema radicular es superficial estando el 60% en los primeros 30 centímetros de profundidad y la raíz pivotante puede llegar a más de un metro de profundidad.

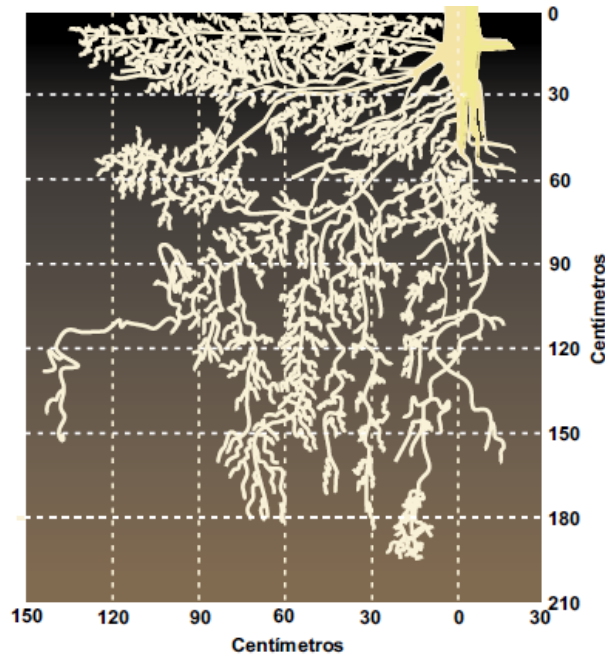


Figura 7. Sistema radicular de una planta de café. (Cenicafé 2010)

- **El Tallo.** (Figura 8) Dan origen a ramas plagiotrópicas primarias solamente. Tienen conexión vascular con el tallo desde el principio.



Figura 8. El tallo de la planta de café. A) ramas primarias y brotes, b) brotes de la zoca, c) flores culinares, d) frutos culinares. (Cenicafé 2010).

- **Hojas.** Son opuestas y alternas en el tallo ortotrópico de los cafetos jóvenes y en las ramas plagiotrópicas simplemente son opuestas (Figura 9). Son de color verde oscuro y brillante en la parte superior y verde claro mate en la interior. Presentan una forma oval y terminan en punta, sus bordes son ondulados. Las hojas nuevas presentan una coloración bronceada o verde claro para posteriormente tomar su coloración definitiva.



Figura 9. Hojas de una planta de café. (Cenicafé 2010)

- **Flores.** Se les encuentra formando grupos en las axilas de las hojas (Figura 10) de las ramas plagiotrópicas y en ocasiones ocurren en tallos ortotrópico de madera tierna. La corola es blanca y formado por cinco pétalos funcionados en su base, dando origen en el tubo de la corola; el cual se encuentra inserto en la parte superior del ovario. El ovario, normalmente con dos lóculos, contiene un ovulo por lóculo. Presenta cinco estambres con anteras lineales que se abren longitudinalmente. El estilo es largo, de color blanco y bifurcado en el estigma.



Figura 10. Floración del cafeto y órganos constitutivos. (Cenicafé 2010)

- **Fruto.** Después de la fecundación el ovario se transforma en fruto y sus óvulos en semillas. En ocasiones solo uno de los óvulos se fecunda y se desarrolla sin encontrar obstáculo y la semilla así originada toma una forma redonda a la que se le conoce como café caracol. El fruto es una drupa de superficie lisa y brillante y de pulpa delgada fácilmente desprendible del pergamino. Cuando madura es rojo o amarillo. El fruto es a menudo llamado cereza, que según SAGARPA (PC-010, 2004) se define como el fruto fresco completo del árbol que consta de una serie de capas que envuelven generalmente dos granos de café. Las capas externas se denominan como:
- Cascara o pericarpio: envoltura externa del fruto del café
 - Pulpa o exocarpio: Carne o tejido de la fruta que se encuentra por debajo de la cáscara.
 - Mucílago o Mesocarpio: Sustancia viscosa y pegajosa que se encuentra adherida al endocarpio.

- Pergamino o endocarpio: tejido duro y compacto que recubre a la semilla o grano del café individualmente.
- Cutícula: Membrana delgada de color blanquecino que se encuentra adherida a la semilla o grano del café. También conocida como película plateada. Episperma (Sinónimo de Espodermo).
- Grano de Café: Semilla(s) contenida en la fruta del café. Normalmente existen dos en cada fruta, pero puede haber solo una o hasta tres.

Las partes que conforman el fruto del café se muestran en la figura 11.

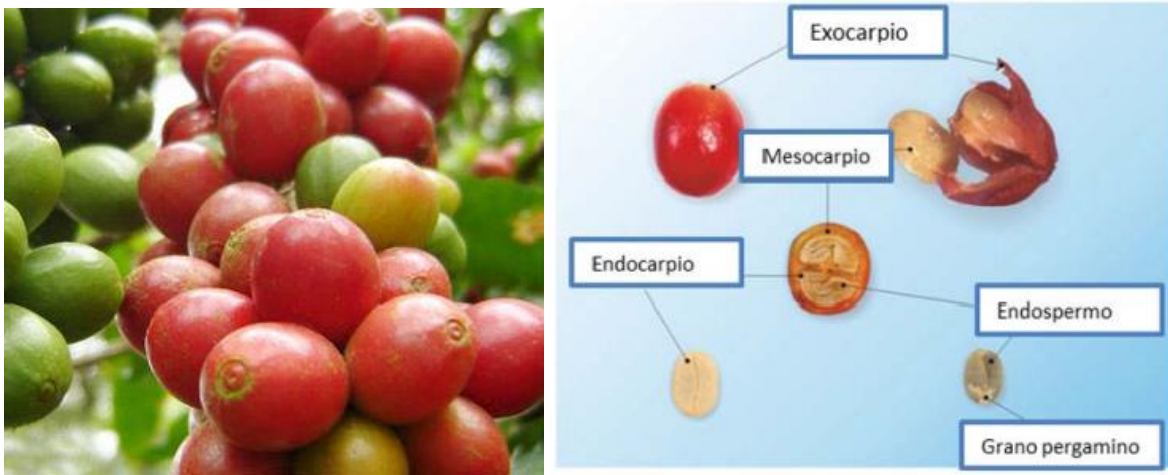


Figura 11. Partes que conforman el grano de café. Tomado de café de Colombia (2011).

- **Semillas.** Presentan un endocarpio o pergamino fibroso (Figura 12). Son oblongas, plano convexas cubiertas de una película plateada o perisperma que corresponde a vestigios del tegumento del óvulo. El endospermo es corneo constituido de hemicelulosa, proteínas, cafeínas, aceite, azúcares, dextrina, celulosa, ácido clorogénico y otros compuestos minerales. El embrión es pequeño, de 1 a 2 mm, localizado en la base del endosperma y contiene dos hojas cotiledonales.



Figura 12. Estructura del fruto y grano de un cafeto. (Cenicafé 2010)

El tamaño del grano de café varía y éste se mide en zarandas, laminas con perforaciones redondas o bien pueden ser alargadas, las más comunes se muestran en el cuadro 2. Las medidas se expresan en 1/64 de pulgada (0.3968 mm).

Cuadro 2. Clasificación del grano del café por tamaño (Aguilar-Ruiz, 1999).

	Número de zarandas
Terceras o grano pequeño	14 – 15
Segundas o grano mediano	16 – 17
Primeras o grano grande	18
Grano superior	19 – 20

El fruto de café tiene como base el color llamado verde olivo o verde aceituna. Esta coloración va variando dependiendo de la cosecha, las condiciones del terreno y las condiciones atmosféricas. Desde que se da el brote en la planta, se corta y se madura el fruto, el cual pasa por diversas coloraciones que van de verde oscuro a morado, lo anterior se muestra en la (figura 13).



Figura 13. Coloración de café desde el brote hasta su completa maduración. (Niño-Sandoval y Prieto-Ortiz, 2007).

El color del grano de café oro, es decir, el café que ya fue procesado, varía de acuerdo con la región y altura donde se produce, sin embargo, puede alterarse radicalmente con el beneficiado. Por ello se debe tener mayor cuidado con la aplicación de temperaturas elevadas; esta aplicación de calor debe ser cuidadosamente controlada. Finalmente, el color también puede variar de acuerdo a las condiciones de almacenamiento (Niño-Sandoval y Prieto-Ortiz, 2007; Badui, 1993).

2.8 Propagación

Existen dos métodos generales para reproducir el cafeto: por vía sexual y por vía asexual. El primero consiste en usar semilla y el segundo en utilizar partes de la planta. Los métodos de propagación asexual son: propagación por estacas, propagación por injerto y propagación in vitro (Benito, 2009).

2.9 Germinación

El cafeto produce frutos que contienen semillas con diferentes formas conocidas como: planchuela, triángulo, gigantes o burras y caracoles, todas tienen una capacidad de germinación (Figura 14). La temperatura necesaria para que germina la semilla es de 22 - 30°C, las bajas temperaturas las retardan. Por lo anterior la semilla se debe sembrar en la época de mayores temperaturas, por lo que ocurre después del periodo de cosecha y coincide con la estación seca del año (Carvajal, 1984). La germinación dura aproximadamente de 50 a 60 días (Cecafe, 2009).

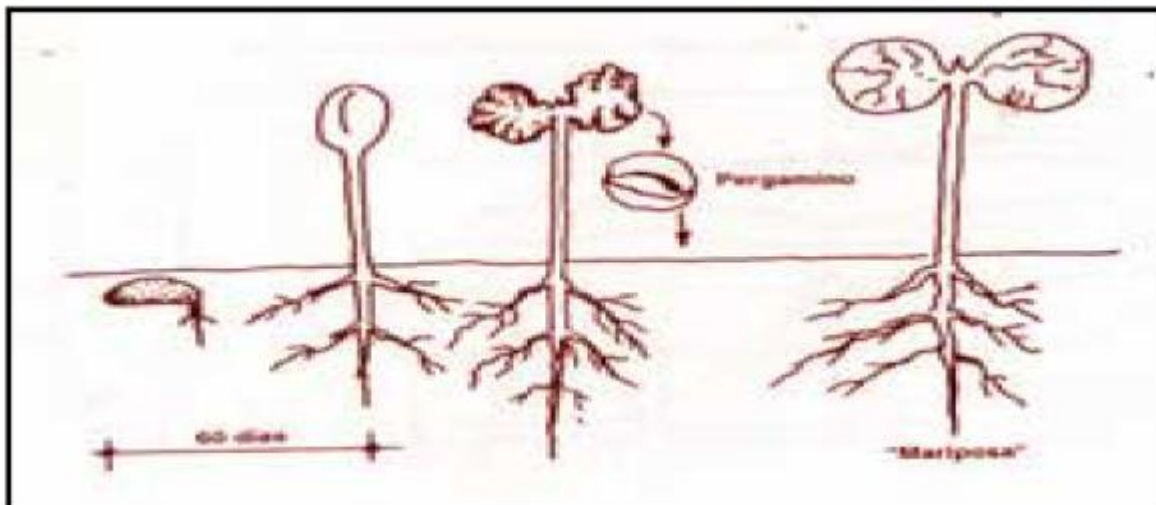


Fig. 14. Germinación de la semilla hasta la fase de "mariposa". Tomado de café de Colombia (2011).

2.10 Fenología del café

Fenología es el término que se utiliza para definir las diferentes etapas de desarrollo que se presentan durante el ciclo de vida de una planta, en relación a las condiciones ambientales (Figura 15). En el cafeto se pueden identificar dos etapas: la primera es la de germinación de semilla a la fase de hipocótilo (o periodo juvenil) en la cual el cafeto no tiene la capacidad para florecer. En la segunda etapa o periodo de madurez el cafeto tiene la capacidad de producir flores y frutos. En ambas etapas el crecimiento vegetativo es continuo (Rivera, 1990).

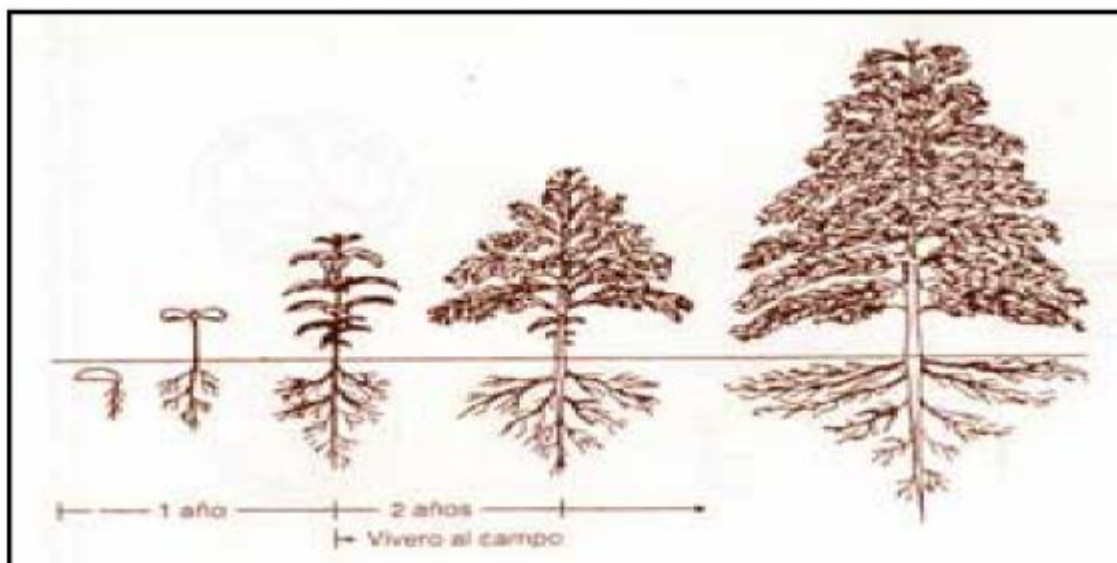


Fig. 15. Etapas de crecimiento del café. (Mariscal, A., 2011).

En este desarrollo del cafeto, dos aspectos destacan: la producción de hojas y el desarrollo del fruto, para el manejo del cultivo, esto se presenta en la siguiente forma de acuerdo con Cecafe (2009).

a) Crecimiento foliar. El cafeto produce hojas durante todo el año, pero el tamaño de ellas varía según la época que se desarrollan. Las que nacen en marzo, abril, mayo y junio son las que alcanzan el área foliar más grande (son más anchas y largas) que los que aparece en junio y Noviembre; además de su desarrollo es muy rápido. Estas hojas serán las que sostengan las cosechas del año siguiente, por lo que su conservación es muy importante, debido a que también en esa época aparecen las plagas y enfermedades.

b) Crecimiento del fruto. El fruto tiene un crecimiento muy característico, presentándose en varias etapas como sigue:

Etapa 1: después de la floración, se forma el fruto, el cual tiene un crecimiento muy lento que dura aproximadamente semanas.

Etapa 2: De 6 a 15 semanas el fruto tiene un crecimiento acelerado. En esta etapa se forma el pergamino y se lignifica y es el momento que se determina el crecimiento total que va a tener el grano.

Etapa 3: de la 15 a las 16 semanas el crecimiento del fruto se detiene, pero en la parte interna se empieza a formar el endospermo, ocurriendo el llenado del grano. En esta etapa el fruto requiere una gran cantidad de nutrientes.

Etapa 4: El endospermo se endurece, se forma la pulpa y el fruto llega a su madurez fisiológica.

Etapa 5: Ocurre de la madurez de corte, se dan los cambios de color en la epidermis (verde, puede cambiar a amarillo o rojo según la variedad). En los granos se acumulan los azúcares y las proteínas y es cuando el grano tiene su máxima calidad.

2.11 Establecimiento del cultivo del café.

La elección del terreno para establecer la plantación dependerá del resultado de análisis que se efectuara en base a los principales factores de orden técnico, económico y social. En terreno de topografía inclinada Es conveniente realizar la

plantación en curvas a nivel, de modo que los cafetos sigan el contorno de estas, alternando la posición de las plantas de una hilera. Los pasos a seguir son prospección y rozo, desmonte parcial, limpieza del terreno, trazado y apertura de hoyos, encalado y abonamiento de los hoyos y como por último siembras de plantas de café (Benito, 2009).

El cafetal puede establecerse en predios limpios, que no posean vegetación alta y donde se puede organizar el establecimiento de sombras temporales y permanentes, evitando dejar el suelo desprotegido, haciendo el trazo de la plantación en contorno. Cuando la pendiente es muy pronunciada se recomienda realizar prácticas de conservación de suelos como las barreras vivas, para reducir la erosión (Anónimo, 2004).

El suelo es una de las mayores riquezas que el cafecultor posee, ya que no tan solo sirve para dar soporte a los cafetos, sino que también sirve como almacén y fuente de nutrimentos para las plantas. Sin embargo, no todos los suelos son de la misma calidad, y que depende de la zona donde se encuentre, variara en profundidad, en inclinación topográfica y en fertilidad. Las características mínimas que un suelo debe tener para los cafetos se desarrollan bien en una profundidad mayor a un metro, textura de migajón o franca, buen drenaje, sin abundancias de piedras, altos contenidos de materia orgánica y pH entre 4.5 a 5.5 (Barrientos *et al.*, 1990).

En su mayoría, los suelos de las zonas cafetaleras de México, se caracteriza por tener una topografía accidentada. Lo que favorece junto con las abundantes precipitaciones, que la capa superficial se erosione ya que el agua de lluvia tiene facilidad para escurrir y provocar el arrastre del suelo hacia los arroyos, por lo que paulatinamente el suelo se va adelgazando y empobreciendo, puesto que la capa perdida es la más rica en nutrientes para el cafeto. Por lo que se considera emplear barreras para su protección de arrastre del suelo (Barrientos, *et al.*, 1990).

2.12 Época de siembra.

En la época de siembra se deben tener en cuenta las condiciones climáticas de la región, ya que estas determinan la dinámica de crecimiento y desarrollo de la planta de café. Dentro de ellas la distribución de la lluvia define en gran medida el ciclo vegetativo y reproductivo del cafeto; además condiciona la secuencia de las labores agrícolas (Anónimo, 2009).

La siembra debe hacerse en los meses de mayor humedad y cuando tengamos garantía que el suelo va a tener la suficiente agua para que la planta crezca y se desarrolle; normalmente la temporada de lluvias empieza en el mes de Mayo y termina en el mes de Noviembre (Barrera, J., Parra, M., Herrera, O, Jarquín, R., & Pohlan, J. 2004).

2.13 Procesamiento Del Café.

2.13.1 Cosecha

El método de cosecha depende de una mezcla de exigencias del beneficiado, consideraciones económicas y disponibilidad de mano de obra. Por lo general se cosecha anualmente, cuando maduran las cerezas, es decir, cuando adquieren un color rojo brillante, tienen lustre y están firmes al tacto. El momento de la cosecha varía según la zona geográfica, pero en general la cosecha se realiza entre septiembre y marzo.

En general se pueden señalar cuatro sistemas:

- 1) Cosecha selectiva en varias etapas (manual) en la que se recogen solo las cerezas maduras;
- 2) Cosecha selectiva en varias etapas en la que se arrancan los racimos cuando contienen principalmente cerezas maduras,
- 3) Cosecha única en la que los trabajadores cosechan todo a su paso por el cafetal;

- 4) Cosecha mecánica con maquinaria, a veces operada manualmente, que desprende el fruto del árbol mediante vibración.

Además de estos métodos de cosecha, antes y después de la misma se llevan a cabo otras actividades, de algunas de las cuales también se obtiene fruta. A menudo se realiza una cosecha previa para recoger los frutos que han madurado prematuramente, también se lleva a cabo el deshierbe y la limpieza del cafetal para acelerar el extendido de las esterillas o la recogida de la fruta caída (FAO, 2011a; FAO, 2011b).

La recolección selectiva de cerezas maduras evidentemente eleva al máximo la cantidad de café maduro que se cosecha, ya que los granos, que todavía no están maduros se dejan en el árbol para madurar, y las cerezas que se han pasado de madurez se evitan. De esta manera se lleva a cabo un control de calidad inicial sobre el producto. Desde el punto de vista de la calidad, es mejor evitar el uso de cerezas inmaduras, y también debe evitarse recoger cerezas del suelo ya que pueden estar muy contaminadas de esporas de hongos y presentar un elevado riesgo de presencia de Ocratoxina A (FAO, 2011 a).

Los factores económicos son cruciales para determinar el método de cosecha que se seleccione. La cosecha manual selectiva es la parte más costosa de la producción de café, suelen necesitarse entre 5 y 10 pasadas en una cosecha. La cosecha mecánica se ha perfeccionado desde la década de 1970 y ahora se utiliza mucho en países de América del Sur. Pero la cosecha mecánica es algo más que la simple introducción de una máquina, es necesario sembrar en setos dejando entre estos espacios adecuados, lo que es más importante en entornos en los que se produce una considerable sincronización de la floración y las cerezas pueden tener una vida prolongada (Norris, 2001).

Recientemente se ha comprobado que se puede mantener las cerezas frescas temporalmente en agua limpia, después de haber sido cosechadas; pero este material se debe despulpar y lavar pronto. El producto de la cosecha debe corresponder al beneficiado previsto y evaluarse de acuerdo a esta correspondencia (CEFP, 2011).

2.13.2 Procesamiento (Beneficiado)

El beneficiado es el tratamiento del café cosechado hasta producir granos secos y estables, es decir, la transformación del fruto maduro de la planta de café conocido como “cereza”. El principal objetivo es separar los granos de café de la piel y la pulpa de la cereza, lo que representa la primera parte de la cadena agroindustrial. Asimismo, la utilización de ese café para la obtención de una serie de productos con un valor agregado más alto, representa una tendencia muy reciente en la que la diversificación de usos del café conforma la segunda parte de la cadena agroindustrial (Cinza-Borrelli *et al.*, 2002; Fundación Produce, 2003).

Los frutos maduros de café pueden ser procesados por tres métodos distintos para obtener los granos verdes. El proceso más sencillo y rustico es el procesamiento seco, que se utiliza para fermentar y secar el café al sol sobre plataformas y/o cemento. Otro es el proceso húmedo, en el que la pulpa y/o mucílago es eliminado por medios mecánicos, y los granos se fermentan en depósitos con un gran volumen de agua. Y el proceso semi-seco que es una variación del proceso húmedo, en el que, de los frutos del café también se les quita la pulpa, pero el proceso de fermentación se realiza directamente en la plataforma (FAO, 2011a).

Los diferentes tipos de procesamiento producen bebidas con gustos y aromas que el cliente puede elegir de acuerdo a sus preferencias. La variedad arábica produce los cafés más apreciados por el bebedor de café más exigente, y se subdivide en el comercio en función de si en café ha sido procesado por el método húmedo o seco. Los cafés de mejor calidad, y por lo general los más caros, son los de la especie arábica preparados por el proceso húmedo y se les conoce como cafés suaves. Los granos de arábica preparados por el método seco están representados principalmente por Brasil, el mayor productor a nivel mundial (Marquez- Vilela *et al.*, 2010).

El beneficiado húmedo requiere cerezas de madurez uniforme. El producto principal del beneficiado húmedo es el café verde o pergamino. Las cerezas separadas pueden tener muchos defectos, algunos de los cuales, se asocian a un mayor riesgo de contaminación por Ocratoxina A en comparación con los granos sanos producidos en el mismo lote (Clarke y Macrae, 1985).

En el beneficiado seco se seca toda la cereza con o sin medidas previas de selección o separación. Entre las variaciones está mantener el café cosechado en sacos, que no se remuevan, antes de extenderlos para secar y abrir la cereza con medios mecánicos, como el despulpado, pero donde el pergamino y la piel se secan como masa sin separar (FAO 2011a).

El secado de la cereza, necesita de la aplicación de buenas prácticas y medidas de gestión tanto como en el método húmedo, que es más complicado. En el beneficiado seco hay que eliminar casi el doble de agua por kilogramo de café que en el beneficiado húmedo. Para observar mejor el proceso de beneficiado se muestra un diagrama de flujo en la Figura 10. (CEFP, 2011).

Por otro lado, es importante tomar en cuenta que hay estudios sobre el tema que demuestran que con frecuencia las cerezas recogidas se mantienen de 3 a 7 días en sacos o apiladas, sobre todo entre los pequeños productores. En estas condiciones se experimentan elevadas temperaturas y la fermentación se acelera en forma diferente que la fermentación utilizada en el beneficiado húmedo. Por esto se recomienda que una vez cosechada, la cereza fresca se extienda enseguida para secarla. Además, la demora antes de beneficiado a menudo deteriora considerablemente la calidad del café. (López, É., & Caamal, I. 2009).

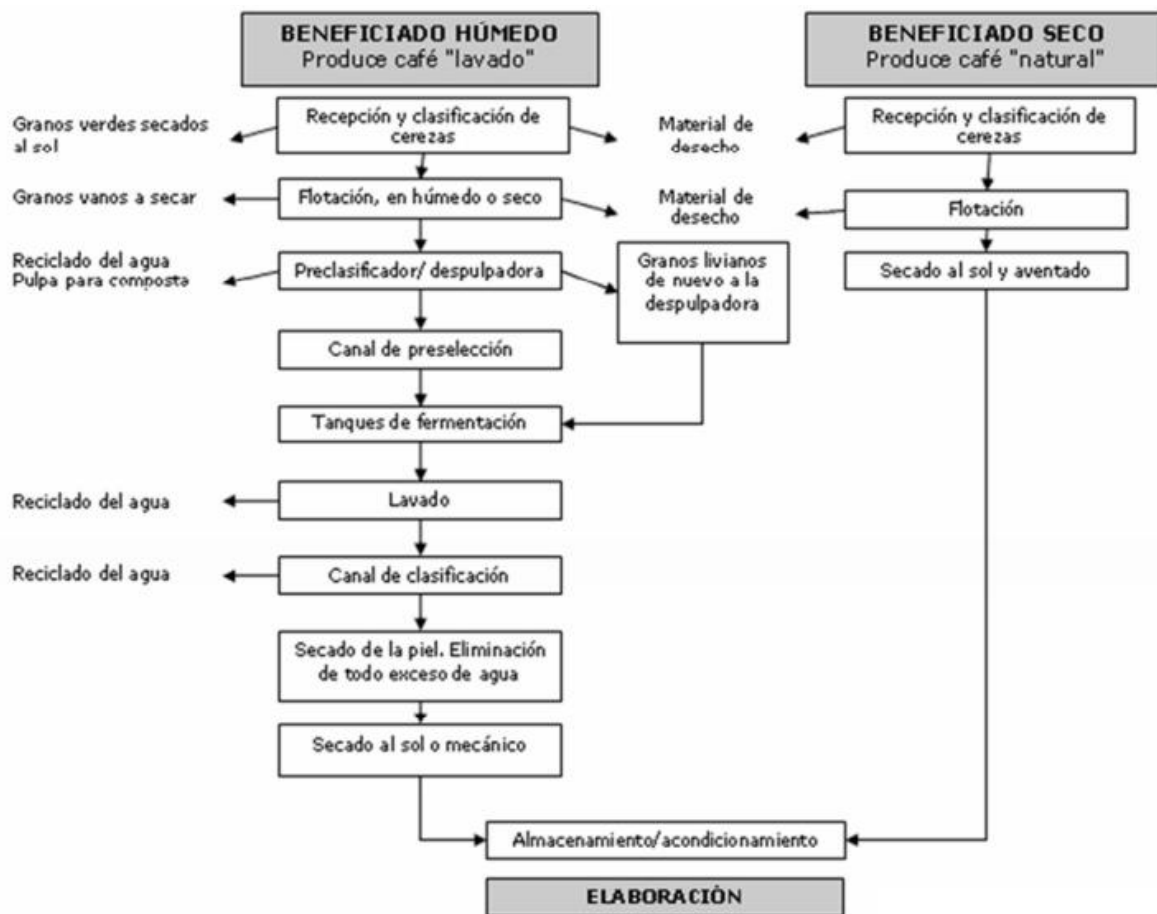


Figura 16. Diagrama de flujo del beneficiado de café húmedo y seco. Tomado de FAO (2011a)

2.13.3 Almacenamiento del café.

Es necesario tomar una serie de precauciones para mantener el café bien seco en buenas condiciones y sin deterioro ni pérdida de calidad durante el almacenamiento y el transporte. La humedad, el diseño y ubicación del almacén, la duración del almacenamiento y también evitar que el café se humedezca de nuevo durante el transporte, son factores importantes a considerar (ISO, 1986).

No deben almacenarse nunca las cerezas frescas antes de someterlas al procesamiento, y el lapso de tiempo entre la cosecha y el beneficiado debe reducirse al mínimo, a fin de que el peligro de contaminación por Ocratoxina A sea menor. También es importante que todos los recipientes utilizados para transportar las cerezas frescas y el pergamino húmedo estén limpios y no contengan cáscaras ni otras materias que puedan estar muy contaminadas por mohos.

Después del beneficiado, los granos verdes secos suelen almacenarse en sacos (Lo mejor es que sean de Yute para contener alimentos o de algún material equivalente), o en silos, antes de la elaboración final anterior a la exportación. Solo deben utilizarse sacos y silos o recipientes metálicos secos y limpios. El café debe cubrirse durante el transporte y solo se debe cargar y descargar cuando el tiempo es seco o manejarse en interiores. No se deben mezclar en el almacén los distintos tipos de café (Café pergamino, cerezas secas o granos).

En la Figura 17 se muestra un ejemplo de esquema de almacenamiento de café en sacos.

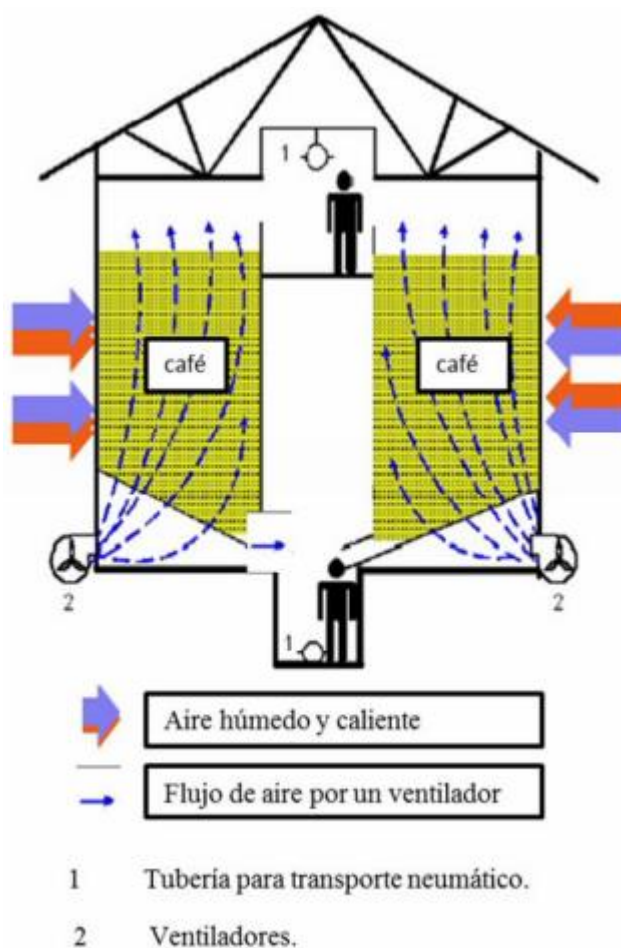


Fig. 17. Esquema de almacenamiento de sacos de café. (Bustillo-Pardey, 2007).

2.14 Principales plagas y enfermedades del café.

2.15 Enfermedades en el café.

Las enfermedades más graves son: la roya del cafeto (*Hemileia vastatrix*), antracnosis y mal de hilachas que están ligadas a las condiciones ambientales. (Bustillo-Pardey, 2001; Morales-Ramos, *et al.*, 2000).

2.15.1 Roya del café o roya amarilla (*Hemileia vastatrix*)

Es producida por un hongo, que ataca a todas las variedades de la especie de café arabica. Este hongo infesta el envés es decir la parte de atrás de las hojas, inicialmente éstas tienen un diámetro de 2 – 3 mm, pero se expanden alcanzando un diámetro de varios centímetros (Najera, 2002).



Figura 18. Roya del café o roya amarilla (*Hemileia vastatrix*) (Najera, 2002).

Esta enfermedad se caracteriza por producir manchas en las hojas, las cuales se tornan de color amarillo y después de color anaranjado y por debajo de ellas se observa un polvillo de color naranja (Figura 19), que es el síntoma característico de la enfermedad. Al ser invadidas las células de las hojas, el contenido de las células infectadas se contrae, muere y es remplazada por una masa, primero líquida y después con aire. Produce pequeñas manchas rojo amarillentas en el envés de la hoja. Las esporas se liberan y se propagan por el aire (Bustillo-Pardey, 2001; Morales-Ramos *et al.*, 2000).



Figura 19. Roya del café o roya amarilla (*Hemileia vastatrix*) (Najera, 2002).

En ataques severos, las hojas caen, perdiendo el cafeto gran parte del follaje y con ello disminuye drásticamente la producción. Algunos estudiosos indican que, aparentemente, la Roya no muestra gran resistencia a la luz solar. Pueden aparecer nuevas lesiones en forma de pequeños manchas antes de que ocurra la esporulación. (Bustillo-Pardey, 2007).

Hospedero primario: Coffea arábica, todas las variedades derivadas de ellas y Coffea canephora variedad robusta (Bustillo-Pardey, 2007).

2.15.2 Control.

Podas del cultivo y del árbol de sombra, en la época de descanso del cultivo. Tres aplicaciones a partir del inicio de lluvias (30 días). oxiclورو de cobre 50%, en dosis de 3 kg/ha, con volumen de 300 a 400 litros de agua, óxido cuproso y caldo bórdales. Caldo bórdales en un recipiente plástico con los siguientes materiales: 5 onzas de sulfato de cobre, 5 onzas de cal dolomita, ¼ de barra de jabón, 4 galones de agua. Realizar 2 aplicaciones de la mezcla, la primera en la entrada de las lluvias y la segunda 30 días después (Marquez- Vilela *et al.*, 2010).

Existen fungicidas para el control de este hongo tales como: Fungicidas de contacto y sistémicos (Bustillo-Pardey, 2007).

Fungicidas de contacto.

Hidróxido de cobre a una dosis de 250 ml/ha.

Óxido de cobre a una dosis de 250 ml/ha.

Oxicloruro de cobre 333 ml/ha

Fungicidas sistémicos con un ingrediente activo.

Opus 12.5 SC (Epoconazole) a dosis de 750 ml/ha

Atlas 25 EW (Tebuconazole) a dosis de 750 ml/ha

Fungicidas sistémicos en mezcla de dos ingredientes activos.

Silvacur Combi 30 EC (Tebuconazole + Triadimenol) a dosis de 500 – 700 ml/ha

Amistar Xtra 28 SC (Azoxistrobin + cyproconazole) a dosis de 500 – 700 ml/ha.

2.15.3 Preparado biológico

Prepare un extracto de papaya y fumigue contra la roya: macere 2 libras de hojas de papaya, agregue 6 litros de agua y deje reposar de un día a otro. Cuele la mezcla por un pedazo de tela y agregue una penca de sábila (cristal) o un pedazo de jabón en barra disuelto en agua caliente como adherente. En caso de ataques fuertes de gotera , roya o muerte descendente en el cafetal, fumigue con caldo bordéles (CEFP, 2011).

2.15.4 Antracnosis (*Colletotrichum coffeanum*)

Esta enfermedad se presenta en cafetales mal abonados, sobre tejidos afectados por otras enfermedades, por daños de insectos o por maltrato en las labores de cultivo. La enfermedad pudre los cogollos y tumba las hojas de las ramas. En los bordes y las puntas de las ramas aparecen manchas irregulares de color café oscuro. Los granos verdes y pintones atacados se manchan y las ramas se tornan negras y secas (Bustillo-Pardey, 2007).



Figura 20. Antracnosis *Colletotrichum coffeanum* (Cecafé, 2009).

2.15.5 Control cultural

- Llevar a cabo una buena fertilización orgánica.
- Regular el sombrío para mejorar la ventilación en el cafetal.
- Hacer continuamente un control de malezas
- Realizar una poda sanitaria de las partes afectadas y quemar el material (Bustillo-Pardey, 2007).

2.15.6 Mal de hilachas o araño (Pellicularia koleroga Cooke)

Afecta a los cafetales sembrados en zonas bajas, temperaturas altas, sombrío denso y alta humedad permanente. Puede causar la pérdida total de hojas, frutos y hasta la planta en su totalidad. Se reconoce porque las hojas se quedan pegadas a ellas por medio de unos hilos blancos. Los frutos también son atacados, se secan y se desprenden. La enfermedad avanza de la base de las ramas hacia la punta, desplazándose vía aérea y del eje ortotrópico hacia la periferia de las bandolas (Norris, 2001).



Figura 21. Mal de hilachas (*Pellicularia Koleroga* Cooke) (Bustillo-Pardey, 2001).

Este hongo se desarrolla en la parte inferior de las ramas y tallos jóvenes y avanza de la base hacia las puntas de las ramas. Este micelio forma hilos o cordones, penetrando los tejidos celulares. Las hojas se marchitan, oscurecen y mueren quedando en la rama sostenidas por el micelio. Este hongo ataca principalmente durante el período de lluvias, principalmente de junio a septiembre, al aparecer esta enfermedad también ataca a los frutos. Produce defoliación severa y pérdida de frutos (Barrientos *et al.*, 1990).

Se resienten sus daños en la cosecha actual y llegan sus efectos a la siguiente cosecha. Un buen control de las sombras, para evitar los excesos de humedad en el ambiente, así como una buena ventilación, evitará el desarrollo y la propagación de este hongo (Norris, 2001).

2.15.7 Medidas preventivas

Para preparar 100 litros de caldo bordéles necesita un tanque de plástico con capacidad de 35 galones. Mezcle un kilo de cal en 80 lt de agua. En un balde mas pequeño mezcle un kilo de sulfato de cobre en 20 lt de agua. Vierta el sulfato de cobre(liquido azul) a la solución con cal, revolviendo constantemente, hasta tener un preparado uniforme. Aplique caldo bordéles en forma preventiva a los 15 días de iniciada la época lluviosa. Con al bombilla aspersora dirija el producto, especialmente

hacia el envés de las hojas, el tallo y las ramas. Con 100 litros alcanza aproximadamente para una hectárea (Barrientos *et al.*, 1990).

2.15.8 Control cultural

Regular la sombra podando árboles, deshijando y deshojando las plantas de plátano. Realizar poda de mantenimiento de los cafetos para asegurar buena aireación. Abonar favorece el crecimiento de los cafetales (Benito, 2009).

2.15.9 Control químico

Para combatir esta enfermedad se usan productos basados en oxiclورو de cobre a 50%, en dosis de 500 g/100 l de agua y Benlate en dosis de 60 g/100 l de agua. La mezcla de Benlate + Cobre sigue siendo efectivo para el control del hongo (Benito, 2009).

2.16 Plagas en el café.

Las plagas del café son variadas, dependiendo de la zona productora de café y la temperatura del cultivo. Entre las plagas que atacan a este cultivo se encuentran: minador de la hoja, escamas, y algunos frutos por la broca (Bustillo-Pardey, 2001).

2.16.1 Minador de la hoja

Es una plaga común del cafeto en Cuba, que resulta particularmente dañina para las plantaciones. Su nombre científico es *Leucoptera coffella* (Benito, 2009).



Figura 22. *Leucoptera coffella* (Bustillo-Pardey, 2001).

2.16.2 Posición taxonómica y nombres comunes:

Phylum: Arthropoda

Clase: insecta

Orden: Lepidoptera

Familia: Lyonetiidae

Género: *Leucoptera*

Especie: *Leucoptera coffella*

2.16.3 Hospederos

Coffea arábica, *coffea canephora* y *Coffea liberica* (Benito, 2009).

2.16.4 Biología y Comportamiento

El daño que ocasiona, está dado fundamentalmente por la reducción de la capacidad fotosintética d las hojas y fuertes defoliaciones en plantas muy atacadas. Son polillas o mariposas de 2 a 3 mm de longitud y 4 mm de envergadura alar, de color blanco plateado con una pequeña mancha negra cerca de la extremidad del ala anterior. Los síntomas de infestación son característicos y llamativos en las hojas verde oscuras, aparecen manchas grandes blanco-gris hasta pardas, causadas por la destrucción del parenquima de las hojas al formar las «minas» que barrena la larva. Las larvas permanecen toda su vida dentro de la hoja y cuando cumplen su ciclo, abren un pequeño orificio en la parte superior de la «mina» para salir a pupar sobre la hoja. En severos ataques destruye gran cantidad de tejido vegetal de la planta, acompañado de una considerable caída del follaje. (Bustillo-Pardey, 2001).



Figura 23. Daño causado por *L. coffella* (Bustillo-Pardey, 2001).

2.16.5 Control integrado

Se elimina permanentemente la sombra al inicio de la época lluviosa. Es importante hacer mención del buen empleo de los muestreos y la aplicación de insecticidas selectivos, los cuales deben aplicarse en lo posible donde se encuentren los focos de infestación y de esa manera mantener las poblaciones de enemigos naturales. También es importante regular las podas para reducir las poblaciones de minador (Barrientos *et al.*, 1990).

2.16.6 Control cultural

La poda de la sombra después del inicio de la época lluviosa, disminuye la intensidad del daño. Es importante mantener los niveles adecuados de fertilización para tener plantas vigorosas que puedan contrarrestar el daño. Los cafetales que se encuentran a la orilla de carreteras se ven más afectados, ya que el polvo reduce o destruye los parasitoides del minador. Se recomienda la utilización de barreras contravientos para reducir la entrada del polvo (Cecafé, 2009).

2.16.7 Control Biológico

L. coffella presentado con un complejo de parasitoides en parte de la región Neotropical. Sobre todo en medios sin desequilibrio ecológico (plantaciones sobre 1000 m.s.n.m, árboles de sombra, y sobre todo cuando no utilizan insecticidas y fungicidas) el complejo de enemigos naturales, en conjunción con otros factores ecológicos y biológicos, es capaz de reducir y mantener a las poblaciones del minador de hoja de café a niveles debajo del umbral económico. Además, sin mayores disturbios en el entorno, hay una similitud entre la población de minador y sus parasitoides. Existen varios enemigos naturales reportados para este minador, pero son pocos los que han resultado eficientes. Entre ellos se encuentran *Buculatriplex letifer*, *Orgilus* sp. (Hymenoptera: Braconidae). También existen generos de *Closterocerus* y *Zagrammosoma* (Hymenoptera: Eulophidae) (Rivera, 1990).

2.16.8 Control Químico

Se recomienda que una vez alcanzado los niveles críticos se realicen aplicaciones dirigidas de insecticidas sistémicos al follaje o el uso de productos a base de abamectina. También se pueden realizar aplicaciones de insecticidas sistémicos dirigidas al suelo, especialmente cuando la planta se encuentre en una etapa de mayor actividad fisiológica.

Aplicaciones de Lebaycid 50% CE, de 0.8 a 1.2 l/ha; Lorban 4E, de 1.0 a 1.5 l/ha. (Cecafé, 2009).

2.16.9 Escamas

Son pequeños insectos que viven protegidos por una especie de concha y se encuentran pegadas a los tallos, ramas, hojas y frutos del cafeto (Figura 24). Al chupar la savia, esta plaga debilita la planta. Ataques de escamas favorecen la dispersión de la enfermedad fumagina que se caracteriza por el cubrimiento de tallos, ramas, flores y frutos con un polvo negro muy fino con apariencia de hollín. Existen varios tipos de escamas:

Escama verde (*Coccus viridis*) Se localiza en las hojas y ramas en plantas menores de un año.









Figura 24. *C. viridis*. Escamas en la planta del café (Cecafé, 2009).

Escama redonda (*Selenaspis articulatus*): Ataca el tallo y las ramas de los árboles pequeños menores de un año. Es de color pardo casi negro, de forma ovalada y forma grupos muy numerosos.

Escama negra (*Saissetia coffeae*): Se presenta en las hojas, las ramas y los frutos de cafetales viejos y mal manejados. Estas escamas parecen pedacitos de cera negra alargada (Bustillo-Pardey, 2001).

2.16.10 Control Biológico

Cuadro 3. Control biológico de la broca del café tomado de (Cecafé, 2009).

Yemas Florales	Floración	Fruto Acuoso	Fruto Lechoso	Fruto consistente	Fruto Maduro
					
<i>Planococcus citri</i>, <i>Selenaspidus articulatus</i>, <i>Saissetia coffeae</i>, <i>Coccus viridis</i>					
	<i>Sympherobius sp.</i>	<i>Aphytis roseni</i>		<i>Metaphycus spp.</i>	
	<i>Leptomastidea abnormis</i>				

Aphytis roseni es un parasitoide externo de la "queresa redonda"

Selenaspidus articulatus, las hembras de este parasitoide alcanzan a parasitar un promedio de 60 queresas durante sus 14 días de vida. Estas avispidas se liberan en forma inoculativa en colonias de 100 a 500 individuos; las que tienen que establecerse en el campo. Para que esta avispidita trabaje debe dejarse de aplicar productos químicos durante el resto de la campaña agrícola. En el campo se debe ubicar los árboles con mayor ataque de "queresa redonda" que previamente deben haberse lavado con agua sola, en esos árboles se liberan las avispidas quitando las tapas de tela de los vasos y distribuyendo las avispidas en la copa de los árboles (Barrientos *et al.*, 1990).

2.16.11 Control

Controlar hormigueros las hormigas son las encargadas de transportar la plaga. Eliminar plantas hospederas de la escama. Aplicar extractos de plantas con propiedades insecticidas (ají. Higuierilla, paico). El extracto de ají se machaca un puñado de aji y déjelo reposar en 10 litros de agua de un para otro, Filtre esta solución, agréguele $\frac{1}{4}$ de jabón en barra disuelto previamente y aumente a 20 litros de agua para aplicarlo con la bomba fumigadora. Aplique en forma localizada en las partes afectada. Aplicar orina de vacuno contra las escamas (Rivera, 1990).

Control químico

Control aplicar los siguientes productos: Lebaycid: 2 cc/l de agua; Dimecroa: 1 cc/l de agua; Basudín 1 cc/l de agua (Cecafé, 2009).

Control cultural

Regulación de sombra en la época lluviosa (Cecafé, 2009).

Control con especies botánicas

Mezclar litro y medio de vinagre blanco, $\frac{1}{4}$ de barra jabón negro, en cuatro galones de agua, aplicarlo de 8 a 10 días en las áreas afectadas del cultivo (Cecafé, 2009).

2.17 La Broca del café

Una de las principales plagas que atacan al café es la broca del café (*Hypothenemus Hampei* Ferrari) (Coleóptera: Scolytidae), la cual causa reducción en la producción (CEFP, 2011).



Figura 25. La broca del café. Tomado de café de Colombia (2011).

La Broca del Café es un coleóptero originario de África, del tamaño de la cabeza de un alfiler y es conocida por ser la plaga que más daño causa al cultivo de café a nivel mundial. Algunos de los nombres comunes son: broca del fruto del cafeto, barrenador del café, gorgojo del café y taladro de cerezas del cafeto; en México, fue detectada por primera vez en 1978, en el ejido Mixcum, Municipio de Cacahoatán, Chiapas y actualmente se presenta ocasionando daños en los 12 estados cafetaleros más importantes del país: Chiapas, Veracruz, Oaxaca, Puebla, Guerrero, Hidalgo, San Luis Potosí, Nayarit, Jalisco, Tabasco, Colima y Querétaro. Su importancia radica principalmente en que, sin un manejo fitosanitario integrado en tiempo y forma, los porcentajes de infestación se incrementan y en consecuencia, también las pérdidas de producción de café cereza, mismos que pueden llegar por arriba del 80% (Bustillo-Pardey, 2001).



Figura 26. Adulto de la Broca del Café. (CEFP, 2011).

2.17.1 Generalidades sobre la biología de la broca

En África el cafeto es una planta que en su estado natural debió encontrarse bajo sombra proporcionada por árboles grandes en la selva. Por esto se presume que la broca sea un insecto adaptado a las condiciones de sombrero, lo cual se ha comprobado en cafetales en América (Baker, 1984). Sin embargo, esto no quiere decir que sea más abundante en estos ecosistemas ya que la producción de frutos de los cafetos bajo esta condición es menor que a libre exposición. En los cafetales, a libre exposición plantadas en altas densidades de las variedades Caturra y Castillo, se produce un auto sombrero que favorece el ataque de la broca pero debido a las altas producciones de frutos de café se pueden reproducir más brocas por unidad de superficie (Bustillo *et al.*, 1998).

Los compuestos volátiles son aquellos que se evaporan fácilmente en el aire. Las sustancias volátiles proporcionan señales a los insectos sobre su existencia, para poder dirigirse a ellos. La broca es primero atraída por metabolitos secundarios que produce el cafeto en su proceso de formación del fruto y luego por el color y la forma del fruto. Las que llegan después son atraídas por los mismos factores, pero también por los volátiles liberados por la primera broca. Hay evidencias que en los desechos fecales se producen sustancias que atraen otras hembras. Las hembras de la broca debido a esto tienden a agregarse al llegar a un cafetal concentrándose en ciertas ramas y árboles (Giordanengo *et al.*, 1993)

2.17.2 Comportamiento reproductivo de la broca

La reproducción de *H. hampei* presenta una alta endogamia, en la que la broca colonizadora da lugar a una progenie de muchas hembras, y pocos machos. Los machos no vuelan y permanecen en el fruto y las hembras copulan con sus hermanos lo cual ocurre antes de salir de los frutos para ir a colonizar nuevos frutos de café. Este aspecto es acentuado por el mecanismo de haplodiploidía funcional en el cual tanto las hembras como los machos son diploides, pero estos últimos fallan en expresar y transmitir los cromosomas paternos (Brun *et al.*, 1995).

Recientemente se ha propuesto un mecanismo para explicar el comportamiento reproductivo de la broca que tiene que ver con la determinación sexual, en el que predominan las hembras sobre los machos. Ninguno de los siete cromosomas presentes en su forma haploide en la broca (Brun *et al.*, 1995) han sido ligados a la determinación sexual, se sugiere que probacterias del género *Wolbachia*, encontrada recientemente como un endosimbionte en la broca, es la causante de la determinación sexual (Vega *et al.*, 2002), de la misma forma como ha sido descrita en otras especies de insectos (Benavides, 2005b).

2.17.3 Descripción taxonómica de la broca del café de acuerdo con Decazy *et al.*, 1990.

La Broca del café se clasifica como sigue:

Dominio: Eukaria

Reino: Animal

Phylum: Artrópoda

Subphylum: Chelicerata

Clase: Hexápoda (Insecta)

Orden: Coleóptera

Familia: Curculionidae

Género: *Hypothenemus*

Especie: *Hypothenemus hampei* (Ferrari, 1867)

2.17.4 Distribución geográfica

Esta plaga es originaria de África. En América se encuentra en Bolivia, Brasil, Colombia, Costa Rica, Cuba, Ecuador, El Salvador, Guatemala, Honduras, Jamaica, México, Nicaragua, Perú, República Dominicana y Venezuela (Vega y Mercadier, 1998).

2.17.5 Síntomas por broca del café

Los frutos verdes, maduros y secos atacados presentan generalmente un agujero en su parte apical; el agujero coincide con el centro o anillo del ostiolo del fruto. A través del agujero se puede observar la emisión de un aserrín o polvo oscuro, el cual es más notorio en café robusta. El corte de un fruto perforado puede mostrar uno o ambos granos dañados (OIRSA, 2013).



Figura 27. Daño del fruto del café causado por la broca. Tomado de OIRSA 2013

2.17.6 Daños e importancia económica

La Broca del Café es considerada como una “plaga directa” pues daña directamente el producto que se desea cosechar, es decir, el grano. Su ataque reduce el rendimiento y merma la calidad del grano. Los daños más característicos son: pudrición de granos en formación por efecto de microorganismos saprófitos que entran por la perforación; caída de frutos jóvenes por efecto del ataque; disminución de peso del grano por efecto de la alimentación del insecto. Con 100% de frutos perforados al momento de la

cosecha, la broca puede causar de 30 a 35% de pérdidas en el rendimiento. Si la cosecha se efectúa muy tardíamente, las pérdidas pueden ser aún mayores. Todas las variedades y especies comerciales de café son atacadas por este insecto; aparentemente, presenta cierta preferencia por el café robusta y su multiplicación también es más alta en los granos de esta especie de café. Recientemente se asoció a *Aspergillus ochraceum*, hongo responsable de ocratoxinas, en frutos infestados por la Broca (Vega y Mercadier, 1998).

Pérdidas en el mercado internacional: debido a que si no se cuenta con un estricto control de la calidad en los beneficios y granos brocados se exportan, esto podría representar pérdidas de prestigio (con lo que pierde valor) y de algunos mercados. Aumento en los costos de beneficiado: debido a que se debe invertir más en la selección de los granos dañados por la broca. Aumento en los costos de producción: por las labores que deberá realizar el productor en su cafetal (OIRSA, 2013).

2.17.7 Descripción del insecto

La broca del café tiene metamorfosis completa: huevo, larva, pupa y adulto (Figura 28) (Alonzo-padilla f., 1984)

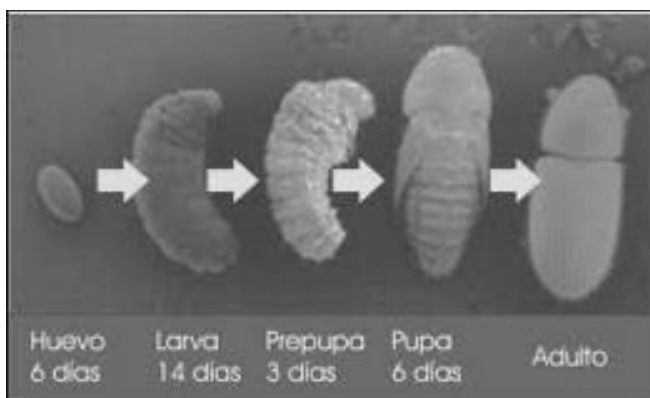


Figura 28. Metamorfosis de *H. hampei* (Cecafé, 2009).

El Huevo (Figura 29) es de forma elíptica, de color cristalino y hacia la madurez es amarillento (Alonzo-padilla f., 1984).



Figura 29. Huevo de *H. hampei* (Cecafé, 2009).

Larva (Figura 30), no tiene patas, es blanca-amarillenta, con el cuerpo en forma de “C” y la parte torácica más ancha. La cabeza es de color café claro con las mandíbulas visibles y extendidas hacia adelante. Antes de convertirse en pupa, la larva pasa por un estado llamado prepupa, el cual es semejante a la larva pero su color es blanco-lechoso, su cuerpo es menos curvado que la larva y no se alimenta (Alonzo-padilla f., 1984).

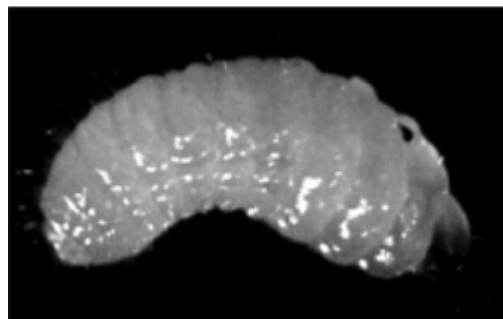


Figura 30. Larva de *H. hampei* (Cecafé, 2009).

Pupa (Figura 31) es de color blanco lechoso y amarillento hacia la madurez. Presenta muchas de las características del adulto (Alonzo-padilla f., 1984).

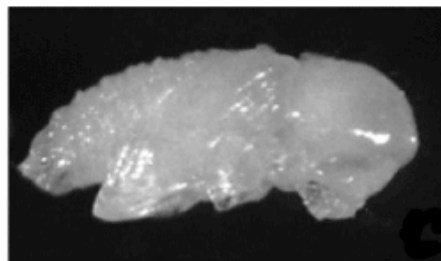


Figura 31. Pupa de *H. hampei* (Cecafé, 2009).

Adulto (Figura 32) Es de cuerpo negro brillante, alargado, cilíndrico y ligeramente arqueado hacia la región ventral con una longitud de 1.50 a 1.78 mm. La cabeza se sitúa ventralmente y es protegida por el pronoto. Las antenas son acodadas y terminan con forma de un mazo. El aparato bucal es masticador y los élitros son convexos y presentan estrías longitudinales alternadas con series longitudinales de cerdas. Las hembras poseen alas bien desarrolladas que le permite volar con habilidad, mientras que las alas de los machos están atrofiadas. Las hembras se diferencian fácilmente de los machos porque son más grandes (Alonzo-padilla f., 1984).

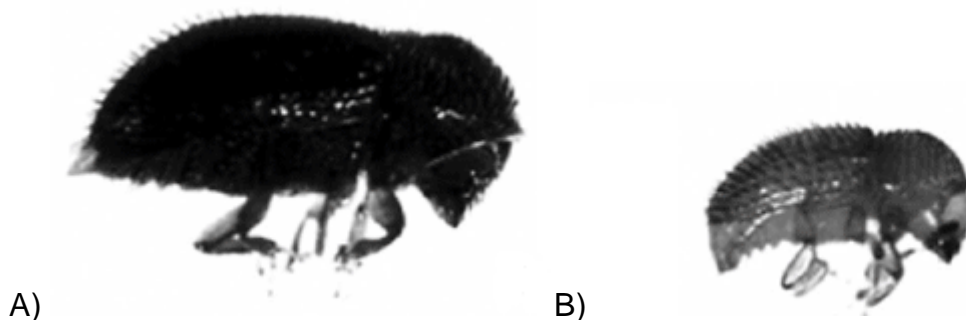


Figura 32. *Hypothenemus hampei* A) Hembra, B) Macho (Cecafé, 2009).

2.17.8 Biología y ecología

Las hembras adultas inician la infestación. Generalmente un fruto es infestado por una sola hembra. Si el grano se encuentra acuoso o lechoso, el insecto tiende a abandonarlo y generalmente se pudre. Pero si la consistencia del grano es suficientemente dura, la hembra fundadora construye una galería donde pone los primeros huevos. Los huevos son puestos de uno en uno formando pequeños grupos dentro del grano de café (Benavides, 2008).

La hembra oviposita de 1 a 3 huevos por día durante los primeros 15 o 20 días, después la ovoposición disminuye gradualmente. Tanto la hembra fundadora como las larvas construyen túneles en el grano de café mientras se alimentan de éste. La pupación ocurre dentro del grano de café donde nació la larva. La duración del ciclo biológico, de huevo a adulto, varía de acuerdo con la temperatura: 21 días a 27°C, 32 días a 22°C y 63 días a 19.2°C. (Bustillo, 2006).

Hacia la aparición de los primeros adultos de la descendencia, la población está constituida por 25-30 individuos en todos los estados de desarrollo, de los cuales hay aproximadamente 10 hembras por cada macho. El apareamiento se efectúa entre hermanos y hermanas en el interior del fruto. Las hembras apareadas abandonan el fruto donde se desarrollaron para buscar otro donde establecerán una nueva familia (Bustillo, 2008).

Varias generaciones se presentan mientras haya disponibilidad de frutos. Después de la cosecha, la broca continúa reproduciéndose en los frutos que no fueron cosechados y que se encuentran en la planta como en el suelo. En los lugares donde se presenta un periodo intercosechas bien definido con baja precipitación, los adultos de la plaga se refugian en los frutos negros y secos. Las hembras adultas emergen masivamente de los frutos viejos con las primeras lluvias, dando inicio la infestación con el ataque de los frutos de las floraciones más tempranas de la nueva cosecha (chaves, 2000)

En la figura 33 se aprecia el ciclo de la infestación de la broca del café.

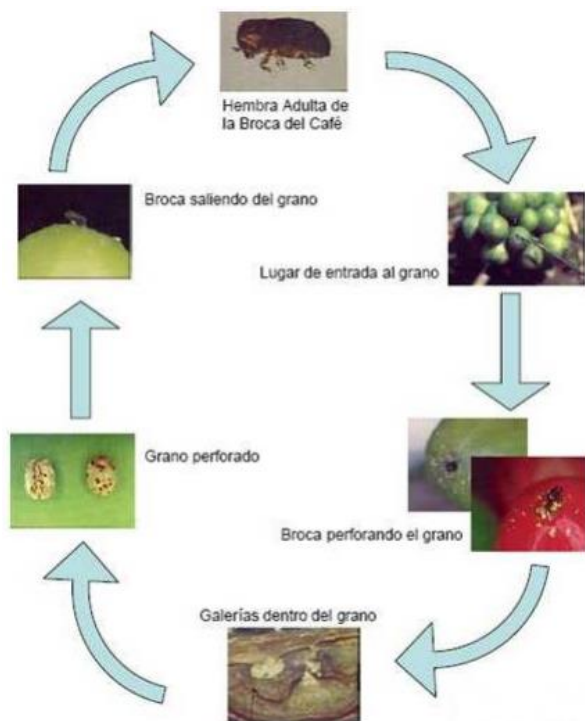


Figura 33. *Hypothenemus hampei* A) Hembra, B) Macho (Cecafé, 2009).

2.17.9 Medios de disseminación

Al tratarse de un insecto tan pequeño puede trasladarse de una zona a otra con mucha facilidad, por lo cual los medios a través de los que se disemina son variados, entre otros se encuentran: Granos que se utilizan como semilla, café en fruta y pergamino, implementos de cultivo y cosecha, en la ropa e instrumentos domésticos de los trabajadores en las aguas del beneficiado el viento es muy eficiente para diseminar la broca a cortas distancias.

2.17.10 Relación fenológica del cafeto con la broca

Aunque el árbol de cafeto suele florecer después de las lluvias que siguen a un periodo de sequía (déficit hídrico), en el año se presentan en la región cafetera central dos períodos definidos de floraciones correspondientes a la cosecha principal del segundo semestre y a la mitaca o cosecha del primer semestre. El primer período va de mediados de marzo a finales de mayo y el segundo desde principios de septiembre hasta finales de noviembre (Vélez *et al.* 2000; Camayo y Arcila 1997; Arcila *et al.* 1993).

Estudios sobre el desarrollo del fruto del café (Salazar *et al.* 1993, Jaramillo y Guzmán 1984) han demostrado que entre la antesis y el fruto maduro transcurren 32 semanas y que el fruto alcanza un 20% de peso seco entre 110 y 140 días después de la floración. Se comprobó que la broca puede atacar los frutos desde 70 días después de la floración, pero tan sólo en frutos mayores a 120 días cuando éstos tienen más del 20% de peso seco, los encuentra aptos para iniciar su reproducción mediante la ovoposición (Salazar *et al.* 1993). La ovoposición ocurre en menos de 4 a 5 días en frutos mayores a 150 días con un peso seco del 27%, mientras que esta toma hasta 90 días cuando se expone a frutos de 60 días de edad. (Ruiz, 1996).

El registro de las floraciones en las fincas es muy importante porque permite hacer predicciones sobre el tiempo de ocurrencia de la cosecha, sus picos y los momentos críticos de posibles ataques de la broca (Bustillo 2002). Esta información es muy útil para un programa de manejo de la broca y lograr una mayor eficiencia para controlar las poblaciones de la broca que estén penetrando los frutos.

2.17.11 Efecto de la humedad y temperatura sobre la broca

La humedad afecta la mortalidad y el potencial reproductivo de la broca. A bajas humedades ocurre alta mortalidad y la máxima fecundidad se encontró entre 90% y 93,5% de H.R. La emergencia de la broca de frutos infestados se incrementa a humedades altas entre 90 - 100% H.R. y es muy baja a temperaturas inferiores a 20°C (90-100% H.R.) y se incrementa considerablemente entre 20-25°C (Baker *et al.* 1992b, 1994)

Los periodos prolongados de sequía en los cafetales causan la caída de frutos, se acelera la maduración y las almendras resultan mal formadas y de calidad inferior. Si estos están infestados con la broca su desarrollo también es más rápido o sea que el tiempo generacional es más corto, hay una mayor reproducción dentro de los frutos caídos al no recibir humedad por las lluvias. La broca, como se dijo antes, no emerge de los frutos durante los periodos secos generando una gran descendencia la cual inicia su salida cuando comienzan las lluvias. Durante los periodos lluviosos se presenta una emergencia muy continua pero en cantidades muy bajas debido a que por efecto de las precipitaciones la broca no se reproduce en grandes cantidades dentro de los frutos (Cenicafé, 1997 y 1998).

2.17.12 Efecto de la broca sobre la producción de café

El daño que ocasiona la broca al fruto de café, consiste en perforaciones a los frutos y caída de estos cuando atacan frutos jóvenes. Se encontró que cuando la broca ataca frutos de café de dos meses de edad, más del 50% de los frutos afectados se caen de las ramas y muchos de ellos toman un color característico de madurez; pero si el ataque ocurre después de los tres meses de edad, la caída de frutos es menor al 23,5%. La pérdida de peso del café pergamino seco por causa de la broca fue en promedio de 18,1%, y los frutos que fueron atacados tempranamente se maduran prematuramente, lo cual repercute en un manchado del pergamino de los granos sanos (Alzate, 1993).

2.17.13 Muestreo y umbrales de daño económico

El daño causado por la broca del café, hace que se deban tomar medidas de control eficientes, en el momento oportuno y cuando el insecto amenace causar pérdidas económicas. Por lo tanto un requisito importante en un programa de manejo integrado es el de poder medir una población en el campo en un momento dado y correlacionar esta población con el daño que se obtiene cuando el cafetero vende su cosecha.

En el caso de la broca y otros insectos es imposible hacer un censo por lo que se debe acudir al muestreo apoyado en fundamentos estadísticos (Cochran 1977, Elliott 1977, Southwood 1978, Taylor 1984). Para el caso de *H. hampei* el diseño del muestreo se ha basado en investigaciones realizadas en Centroamérica) (Decazy 1990b, 1990c, Baker 1989, Baker *et al.* 1989, Muñoz 1988).

En general se ha establecido que para una hectárea de café (universo de muestreo) es suficiente muestrear 30 sitios por hectárea (tamaño de la muestra) y en cada sitio se escoge un árbol y en este se selecciona una rama en la zona productiva que tenga entre 30-100 frutos (unidad de muestreo) y se contabiliza el total de frutos en la rama y el total de frutos brocados. Esta evaluación se demora en promedio 42 min (Bustillo *et al.* 1998). Una variante de este plan de muestreo se ha validado recientemente con caficultores, y esta basado en la calibración de la población de frutos en una rama a través de una medida. Este muestreo es mas rápido y la información generada es estadísticamente igual al de las ramas (Trujillo *et al.* 2006; Bustillo y Mejia 2003).

Estos planes de muestreo son apropiados y aconsejables para evaluar niveles de infestación de la broca, siempre y cuando se los realice recorriendo los lotes de café en una forma representativa. Se recomienda hacer estas evaluaciones mensualmente, y por lotes para poder hacer seguimiento a las poblaciones de broca y tomar las medidas de control oportunamente en la finca (Bustillo *et al.* 1998).

El recorrido de los lotes, también permite al evaluador localizar sitios de concentración o “focos” de broca, en donde se deben intensificar los esfuerzos de control. Por otra parte a medida que se evalúa el nivel de infestación se pueden tomar muestras aleatorias de 2 a 3 frutos brocados/sitio, que al abrirlos dan información sobre el grado de penetración de la broca. Esta muestra también permite evaluar cualquier

medida de control al relacionar la población de broca muerta con el total de brocas encontradas en toda la muestra. El nivel de infestación de broca en un lote, su localización dentro del lote y la posición de la broca en el fruto es información básica para poder tomar decisiones de control (Bustillo 2002; Bustillo *et al.*, 1998).

La pérdida económica al momento de la venta del grano por el caficultor, está establecida por normas de la Federación Nacional de Cafeteros, que estipula un nivel máximo de defectos en el café pergamino del 5,0%, incluyendo daño por broca. Esto indica que al establecerse un tope del 2% de daño por broca en café pergamino, significa que en los cafetales a la cosecha no deben tener más del 5% de infestación (Rivera, 1990).

El 5% de infestación de café cereza produce 2,5% de infestación en café pergamino, ya que en la mayoría de los casos sólo uno de los dos endospermos está atacado por la broca. Además se estima que en el proceso húmedo de beneficio del café un 20% del café brocado se puede separar, resultando una reducción adicional del 0,5% en la infestación del pergamino para teóricamente llegar a un 2% de infestación en el pergamino seco (Fajardo y Sanz 1999). El umbral durante los periodos entre cosechas no debe sobrepasar el 2% con el fin de no correr riesgos (Bustillo *et al.* 1998).

Con frecuencia se indica por parte de los cafeteros que los niveles de infestación en campo no correlacionan con las mediciones al momento de la venta de café. Sin embargo, esto se puede explicar por diferentes circunstancias: las evaluaciones no se realizan apropiadamente en una forma representativa y con la frecuencia establecida; los datos de los niveles de infestación se confunden y no se llevan por lotes; al momento del beneficio se mezcla el café de diferentes lotes; no se realizan oportunamente los pases de cosecha, por lo tanto caen muchos frutos brocados que posteriormente dan lugar a la emergencia de brocas y al incremento de los niveles de infestación en las poblaciones de frutos que vienen madurando durante la cosecha (Bustillo *et al.* 1998).

2.18 MIB

El MIB o Manejo Integrado de la Broca es una estrategia que une armónicamente varios métodos de monitoreo y control, dándole preferencia al control biológico, con el fin de reducir la población de la plaga a niveles que no causen daños económicos ni ambientales. Este concepto ha sido desarrollado desde la década de 1980 y algunas de las publicaciones más importantes al respecto son Decazy & Castro (1990), Guharay & Monterrey (1997), Bustillo *et al.* (1998) y Baker (1999). Consideramos que el enfoque de Guharay & Monterrey (1997) ha trascendido más en nuestras investigaciones más recientes, porque ha dado prioridad a la participación de los cafecultores en la ejecución del MIB.

A continuación expondré una serie de prácticas sugeridas para el control de la broca en las fincas de café y en los beneficiados del grano que han resultado exitosas en la mayoría de los países donde se encuentra la plaga (Bustillo-Pardey, 2001).

El manejo integrado de la plaga comprende varios métodos de control que utilizados y aplicados adecuadamente durante todo el año reducen el impacto del daño económico que puede causar la misma. Una sola estrategia o método de control no será eficaz en la disminución de las poblaciones de esta plaga en los cafetales. El conjunto de métodos bien aprovechados se refuerzan el uno al otro y consecuentemente tendremos mejores resultados en nuestra lucha contra la broca del café (Rivera, 1990).

2.18.1 Registro de floración.

Esta información es extremadamente valiosa e importante para tener un control efectivo en la plaga. Nos ayuda a identificar cuando es el momento adecuado para llevar a cabo determinado método de control. Conociendo el comportamiento de la plaga y la fenología del arbusto del café seremos más eficaces controlando la broca (Cecafé, 2009).

Es necesario anotar las fechas de cuando florece el café y registrarlas. Esta etapa de consistencia del grano es importante porque es el momento en que las brocas comienzan a percibir su olor y emergen de los lugares donde están hospedadas para

atacar los frutos. Por lo tanto es uno de los momentos en que se puede observar más brocas en vuelo o tránsito. Con esta información determinamos que método aplicar (Cecafé, 2009).

2.18.2 Control Mecánico o Manual (recolección sanitaria) de acuerdo con Bustillo-Pardey (2001).

Con este método podemos controlar y prevenir los ataques de la broca especialmente a futuras cosechas. Además aumentamos la producción, el rendimiento y la calidad del café. Esto se realiza de dos formas:

- Recolectando todos los frutos que quedaron en los arbustos una vez terminada la cosecha.
- Recogiendo todos los frutos que cayeron al suelo durante la cosecha del grano.

2.18.3 Control con prácticas agronómicas o culturales.

Es de suma importancia que el caficultor no descuide las prácticas culturales en su finca. Las plantas débiles y mal nutridas son más susceptibles al ataque de las plagas y la broca no es la excepción. Muchas veces la llegada de una plaga como la broca crea incertidumbre y preocupación entre los agricultores lo que desarrolla cierto grado de apatía en la realización de tareas en el cafetal. Los descuidos en estos casos se pagan caros porque el insecto se apodera en las plantaciones y luego es más difícil y cuesta más controlarlo. En estos momentos hay que mantener las plantaciones en su estado óptimo para que den altas producciones como para mantener al agricultor y a la broca (Barrientos *et al.*, 1990).

Fertilización.

Un programa adecuado de abonamiento es la clave para obtener:

Plantas fuertes, vigorosas y saludables, mayor fructificación, mejores rendimientos, mejorar la calidad del grano y estabilizar la floración (Cecafé, 2009).

Regulación de sombra

La broca del café se desarrolla mejor bajo condiciones de sombra, humedad y temperaturas altas. La regulación de sombra mediante poda y/o eliminación de árboles (viejos, enfermos, etc.) de sombra permanente es necesaria para mantener una buena aireación e iluminación de la plantación además de que es adecuado y eficiente favoreciendo a los enemigos naturales de la broca (Rivera, 1990).

Poda de cafetos.

Se refiere al manejo del tejido de los arbustos de café para desarrollar mejor su capacidad reproductiva a la vez que se provoca un ambiente no favorable para la broca. Al regular la entrada de luz y aire a la plantación se mejora las condiciones de humedad y temperatura.

Al realizar la poda se eliminan ramas y vástagos improductivos, ramas viejas y enfermas, entrelazadas, etc. Para reducir la competencia por nutrientes y abrir la copa para una mejor entrada de los enemigos naturales de la plaga (Bustillo-Pardey, 2001).

Control de malezas

Las malezas son una plaga dentro de los cafetales. Tienen una gran capacidad de sobrevivir, resisten largos periodos de sequía, producen una gran cantidad de semillas, se diseminan fácilmente y se adaptan a diversos ambientes. De ahí la dificultad de tener un control adecuado de éstas. El número de malezas que crecen en un cafetal es grande. Compiten por agua, luz, espacio, nutrimentos y favorecen el desarrollo de otras plagas como hongos, insectos y nematodos que causan daños al cafeto. Además, dificultan las labores de cultivo y recolección del café. Las malezas requieren un control adecuado y programado para disminuir los daños al cultivo, no obstante, hay que tener en consideración que un control excesivo de las malas hierbas traería como consecuencia grandes pérdidas de suelo por efectos de la erosión. (Bravo, 1996).

La eliminación total de las malezas puede causar desequilibrios biológicos difíciles de predecir sus consecuencias. En la mayoría de los casos el control de malezas es exitoso, rentable y conveniente si se integran todos los métodos de control. Debe tenerse en cuenta que cuando se habla de control de malezas no se refiere exclusivamente al uso de herbicidas como única alternativa. Existen otros métodos que deben emplearse según las condiciones del cultivo. Integrar todos los métodos es lo más eficiente, económico y menos dañino al ambiente (Bravo, 1996).

Distancias de Siembra.

Las distancias de siembra muy cortas con densidades poblacionales de cafetos muy altas favorecen el desarrollo de la broca al provocar un ambiente con abundante sombra, pobre aireación y alta humedad (Cecafé, 2009).

2.18.4 Control con trampas.

Se realiza para capturar y matar a la broca, evita que la broca llegue a atacar a los frutos de la próxima cosecha. Las ventajas de este control es que protege la calidad del fruto, evita residuos químicos en el grano, es amigable con el medio ambiente, es utilizable en cafetales sustentables, orgánicos, convencionales, etc., Bajo costo, Rentable porque aumenta el rendimiento de la cosecha (Cecafé, 2009).

2.18.5 Control Biológico

Consiste en maximizar la utilización de los enemigos naturales para atacar la broca. Entre ellos pueden mencionarse otros insectos, hongos, nematodos, y plantas (Neem) para controlarla sin afectar el medio ambiente, los recursos naturales y la salud humana. Estos pueden alimentarse de la plaga, ahuyentarla o evitar su reproducción (Bustillo-Pardey, 2001).

Parasitoides

Cephalonomia stephanoderis

C. stephanoderis (Figura 39) es parecido a una hormiga pequeña con alas. Este insecto se reproduce en la broca y la mata. Entra al fruto del café por el orificio que hizo la broca al entrar y se la come. Puede usar las crías de la broca para alimentar a sus hijos. Se requiere de Broca para su crianza ya que es un parasito obligado de esta. No representa un riesgo para animales y plantas (Cecafé, 2009).



Figura 34. Parasitoide *Cephalonomia stephanoderis* tomado de Cecafé (2009).

Existen otros parasitoides que afectan a la broca de forma similar a la anterior como son:

Phymasticus coffea, *Prorops nasuta*, *Heterospilus coffeicola* (Bustillo-Pardey, 2001).

Hongos entomopatogenos.

Trata del uso de hongos que atacan insectos en sus diferentes etapas y le causan la muerte. El más utilizado y eficaz para controlar la broca es el hongo *Beauveria bassiana* (Figura 35), es un hongo presente en todas partes del mundo (cosmopolita) y puede encontrarse de forma natural en los cafetales. Parasita a la broca desarrollándose en el insecto al cual mata. Puede atacar a la broca cuando esta fuera del fruto o si se encuentra no muy profunda dentro de este. La broca muere después de 3 o 6 días en condiciones de humedad saturada cuando se contamina con el hongo. Se reconoce por el micelio blanco sobre su hospedero (Cecafé, 2009).



Figura 35. Broca del cafeto atacado por *Beauveria bassiana* Tomado de (Cecafé, 2009).

2.18.6 Control Químico.

El comportamiento biológico de la broca hace difícil y complicado su control por medios químicos. El método es efectivo cuando las hembras están en vuelo o recién entradas al fruto a poca profundidad. El uso frecuente de insecticidas puede causar resistencia por parte de la plaga. La residualidad de algunos productos químicos puede durar de 6 a 8 meses. Los productos químicos se utilizan cuando los niveles de infestación están sobre el 5% por lo que se requiere realizar muestreos. Este método es parte de las prácticas de manejo y debe evaluarse su aplicación como última opción y por ciento de infestación de la plaga. Los insecticidas más usados contra la broca son: Endosulfan y clorpirifos (Rivera, 1990).

CONCLUSION

La cafecultura en nuestro país tiene una gran importancia económica y social considerable, siendo el café uno de los productos más populares alrededor del mundo, sin embargo, es atacado por enfermedades y demás plagas de las cuales, su principal enemigo la broca del café *Hypothenemus hampei* es considerado una de las especies de plagas en este cultivo que causa una reducción en la cosecha hasta del 50% afectando la calidad de la semilla en un 21 hasta un 80%

La broca del fruto del café *H. hampei* es el principal insecto plaga en todos los países productores de café. Es la plaga más importante de este cultivo a nivel mundial al ocasionar pérdida de peso y calidad de la semilla. La hembra perfora el fruto y coloca los huevos en el endospermo, los cuales eclosionan dando origen a las larvas que ocasionan importantes pérdidas económicas. Tiene la capacidad de reducir la cosecha al disminuir la conversión de café uva a pergamino. Igualmente disminuye las cualidades organolépticas del grano y afecta la inocuidad de la bebida debido a la presencia de ocratoxinas.

Al analizar el daño que este insecto hace al café, su biología y comportamiento de ataque, es fácil deducir que las labores agronómicas del cultivo, especialmente la cosecha, desempeñan un papel importante en la reducción de las poblaciones de esta plaga. Estas labores denominadas “prácticas de control cultural” constituyen el 80% del éxito en el control de la broca; dicho control está sustentado en las prácticas encaminadas a minimizar la disponibilidad de alimento y refugio de la plaga y a modificar las condiciones favorables para la reproducción de la broca.

Actualmente se sabe que el uso de agentes de control biológico ofrece una importante reducción en los porcentajes de infestación en campo. Los hongos entomopatógenos, es decir, microorganismos que atacan insectos y ácaros, juegan un rol importante dentro de la biodiversidad, pues a partir de ellos se obtienen productos biológicos llamados bioinsecticidas. Entre los hongos entomopatógenos tenemos a *Beauveria bassiana* el cual juega un papel importante en el control de la broca causando el 70 a 80% de mortalidad en los insectos.

El MIB parece ser la estrategia más adecuada para lidiar con esta plaga, ya que ninguno de los métodos disponibles ha logrado por si solo reducir sus poblaciones a niveles que no causen daños económicos.

LITERATURA CITADA

Aguilar-Ruiz, R. 1999, *Tomando café. Manual del catador*. Litográfica Dorantes. México, D.F. 116 p.

Alonzo-padilla, F. 1984. El problema de la broca (*Hypothenemus hampei* Ferrari) (Coleoptera: Scolytinae) y la caficultura. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. 242 p.

Alzate, V. A. 1993. Rendimiento y porcentaje de infestación del café cereza atacado por broca. Cenicafé, Informe de labores no publicado, Chinchiná, 14 p.

AMECAFÉ-SIAP. (s.f.). Recuperado el 13 de Diciembre de 2012, de <http://amecafe.org.mx/padron-nacional-cafetalero/>

Anónimo, 2009. Descripción del proceso productivo y del beneficio del café. Guía ambiental para el sector cafetalero. p. 30.

Anónimo, 2004. Descripción del proceso productivo y del beneficio del café. Guía ambiental para el sector cafetalero. p. 30.

Arcila, J., Cárdenas S., 2007. La floración del cafeto y su relación con el control de la broca. Cenicafé, Avances Técnicos No.193. 6 p.

Badui, S. 1993. *Química de los alimentos*. Pearson Education. México. 736 pp.

Baker, P.S. 1984. La Broca del café en Colombia. Informe final del proyecto MIP para el café DFID- CENICAFE-CABI Bioscience (CNTR 93/1536A). Chinchina, Colombia, DFID, 148 p.

Baker, P. S. 1989. A sampling plan for a control project against the coffee berry borer (*Hypothenemus hampei*) in Mexico. Tropical Pest Management 35 (2): 169-172.

Baker, P. S.; Barrera, J. F.; Valenzuela, J. E. 1992b. The distribution of the coffee berry borer (*Hypothenemus hampei*) in Southern Mexico: a survey for a biocontrol project. *Tropical Pest management* 35 (2): 163-168.

Baker, P.S. & J.F. Barrera. 1994. A field study of a population of coffee berry borer, *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae), in Chiapas, Mexico. *Trop. Agric.*, 70: 351- 355.

Barrera, J., Parra, M., Herrera, O, Jarquín, R., & Pohlan, J. (2004). Plan Estatal de Manejo Agroecológico del Café en Chiapas: Guía hacia una cafecultura sustentable. México, Chiapas: Comisión para el Desarrollo y Fomento del Café de Chiapas y el Colegio de la Frontera Sur.

Blanco, M., J. Hagggar, P. Moraga, J.C. Carmen, and G. Pavon. 2003. Morfología del café (*Coffea arabica* L.), en lotes comerciales. Nicaragua. *Agron. Mesoamer.* 14:97-103.

Barrientos, M.E. 1990. Manejo de los suelos cafetaleros. 125-135.

Benavides, P. 2005b. Distribución global de la broca del café: la versión molecular. En: *Memorias XXXII Congreso de la Sociedad Colombiana de Entomología (Socolen)*. Ibagué, Julio 27-29. p. 7-11.

Benavides, P. 2008. Aspectos genéticos relacionados con la Broca del Café, *Hypothenemus hampei* (Ferrari), Capítulo 17, pp. 284 -297. Editor A. E. Bustillo P. En: *Los insectos y su manejo en la caficultura colombiana*. FNC - Cenicafé, Chinchiná (Colombia). Editorial Blanecolor Ltda., Manizales, 466 p.

Benito, S., J. 2009. Paquete Tecnológico de Manejo Integrado del café. INIA.

Bravo, M, E. Ponencia. Manejo intergrado de la Broca del Fruto del Café. INIFAP. Oaxaca de Juárez. 1996.

Brun, L. O., Stuart, J., Gaudichon, V., Aronstein, K., French-Constant, R. H. 1995. Functional haplodiploidy: a mechanism for the spread of insecticide resistance in an important international insect pest. *Proceedings National Academy of Sciences, U. S. A.* 92: 9861-9865.

Bustillo, A., R. Cárdenas M., D.A. Villalba G., P. Benavides M., J. Orozco H. & F.J. Posada F. 1998. Manejo Integrado de la Broca del Café, *Hypothenemus hampei* (Ferrari) en Colombia. CENICAFE, Colombia, 134 p.

Bustillo, A. E. 2006. Una revisión sobre la Broca del Café, *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae). Revista Colombiana de Entomología 32 (2): 101-116.

Banegas, R.K. 2009. Identificación de las fuentes de variación que tienen efecto sobre la calidad del café (*Coffea arabica*) en los municipios del Paraíso y Alauca, Honduras. Tesis: 74.

Bustillo P., A.; Mejía M., C. G. 2003. Un plan de muestreo más rápido para determinar la infestación de broca en un cafetal. Memorias Curso Tecnología y Equipos de aspersión para el control de la broca del café. Chinchiná, marzo 2003. Cenicafé p. 14-18.

Bustillo-Pardey, A. 2001. El manejo de cafetales y su relación con el control de la broca del café en Colombia. CENICAFE. Pp. 12-16

Bustillo-Pardey, A. 2007. El manejo de cafetales y su relación con el control de la broca del café de Colombia. Nexo 1. Cenicafé. 40 p.

Bustillo, A. E.; Cárdenas, R.; Posada, F. J. 2002. Natural enemies and competitors of *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Scolytidae) in Colombia. Neotropical Entomology 31 (4): 635-639.

Bustillo, A. E. 2008. La Broca del Café, pp. 387-418. Editor A. E. Bustillo. En: Los Insectos y su manejo en la caficultura colombiana. FNC- Cenicafé, Chinchiná (Colombia) Editorial Blanecolor Ltda, Manizales, 466 p.

Ca Agroalimentaria del Café. 2003. Caracterización de la cadena del café e identificación de las demandas tecnológicas.

Café de Colombia 2011. "¡Qué bien huele, mejor sabrá!". Instituto de Ecología, México. 9-18 p.

Camayo, G. C.; Arcila, J. 1997. Desarrollo floral del cafeto en condiciones de la zona cafetera colombiana (Chinchiná-Caldas). Cenicafé. Avances Técnicos, No. 245. 8 p.

Cano F., E., C. Conde, H. Eakin, C. Tucker. 2004. "Final Report to IA: Project Results of Adapting to Market Shocks and Climatic Variability in Mesoamerica: The coffee Crisis in Mexico, Guatemala and Honduras". Pp. 23-28

Cárdenas, S.I. 2007. Caracterización morfológica y agronómica de la colección núcleo de café (*Coffea arabica* L.) del CATIE. Tesis del licenciado Cardenas. Universidad Autónoma de Chapingo 117p.

Carmona, A. 1999. "El café rey de los sentidos". Servicio de Publicaciones Universidad de Almería, España. pp. 9-19, 49-51.

Carcache, 2002. "El café rey de los sentidos". Servicio de Publicaciones Universidad de Almería, España. pp. 9-19, 27,38, 49-51.

Castellanos, E., C. Conde, H. Eakin, C. Tucker. 2003. "Final Report to IA: Project Results of Adapting to Market Shocks and Climatic Variability in Mesoamerica: The coffee Crisis in Mexico, Guatemala and Honduras". Pp. 23-28

Castellanos, E., C. Conde, H. Eakin, C. Tucker. 2008. "Final Report to IA: Project Results of Adapting to Market Shocks and Climatic Variability in Mesoamerica: The coffee Crisis in Mexico, Guatemala and Honduras". Pp. 23-28

Cecafe. 2009. Paquete tecnológico para el cultivo de café orgánico en el estado de Colima: 58. Servicio de Publicaciones Universidad de Nuevo León. Pp. 17-25

CEFP. 2011. Centro de Estudios de las Finanzas Públicas. Disponible en: www.cefp.gob.mx. Accesado: 03/09/2016

Centro nacional de investigaciones de café - Cenicafé. 1997. Influencia de las lluvias sobre la dispersión de la broca. Brocarta No. 32, septiembre 30 de 1997. 2 p.

Centro nacional de investigaciones de café - Cenicafé. 1998. La broca del café y su relación con los fenómenos climáticos. Brocarta No. 34. febrero 28 de 1998. 4 p.

Centro nacional de investigaciones de café - Cenicafé. 2010. La broca del café y su relación con los fenómenos climáticos. Brocarta No. 34. febrero 28 de 1998. 4 p.

Chaves, A., 2000. Una revisión sobre la Broca del Café, *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae). Revista Colombiana de Entomología 32 (2): 101-116.

Cinza-Borrelli, R., Visconti, A., Mennella, C., Anese, M., Fogliano, V. 2002. Chemical characterization and antioxidant properties of coffee melanoidins. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 50:6527-6533.

Clarke, R. J., Macrae, R. 1985. *Coffee. Volume 1: Chemistry*. Eds. Clarke, R. J., Macrae, R. J. RELSEVIER. EUA. 306. Canada.

Cochran, W. G. 1977. Sampling techniques. 3rd ed., John Wiley and Sons, New York, 428 p.

Contreras, A. y G. Hernández. 2008. "¡Qué bien huele, mejor sabrá!". Instituto de Ecología, México. 9-18 p.

Decazy, B. & M.T. Castro. 1990b. El Manejo Integrado de la Broca del fruto del cafeto (*Hypothenemus hampei*, Ferrari). Manual técnico de PROMECAFE. Publicación miscelánea del IICA A1/GT-90-01. Guatemala, Guatemala, 21 p.

Decazy, B. & M.T. Castro. 1990c. El Manejo Integrado de la Broca del fruto del cafeto (*Hypothenemus hampei*, Ferrari). Manual técnico de PROMECAFE. Publicación miscelánea del IICA A1/GT-90-01. Guatemala, Guatemala, 21 p.

Doyle, M. P., Beuchat, L. R., Montville, T.J. 2001. *Food Microbiology: Fundamentals and Frontiers*. ASM. Press. E.E.U.U. 768 p.

Escantilla, E. 1993. El café cereza en México: tecnología de la producción. Universidad Autónoma de Chapingo, 116 p.

Elliott, J. M. 1977. Statistical analysis of samples of benthic invertebrates. Freshwater Biological Association, Scientific Publication No. 25, 159 p.

Ferrari 1867. El café orgánico en México. Cuaderno de Desarrollo Rural 48: 59-75

Food and agriculture organization of the United Nations FAO a. 2011. Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación. Reducción de la Ocratoxina A en café. Disponible en: <http://www.coffee-ota.org>. Accesado: Septiembre/2016.

Food and agriculture organization of the United Nations FAO b. 2011. Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación. Directrices para prevenir la formación de moho en el café. Disponible en: ftp://ftp.fao.org/ag/agn/coffee/guidelines_final_es. Pdf Accesado: Septiembre/2016.

Fajardo, I. E.; Sanz, J. R. 1999. Dinámica en los procesos de beneficio tradicional y ecológico, de los granos afectados por la broca del café. *Revista Cenicafé* 50 (2): 136-144.

Fundación Produce Chiapas A.C., Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey. 2003. *Programa Estratégico de Necesidades de Investigación y Transferencia de Tecnología del Estado de Chiapas*. Cadena Agroalimentaria del Café. Pp. 43-51.

Geromel, C., L.P. Ferreira, S.M. Guerreiro, A.A. Cavalari, D. Pot, L.F. Pereira, T. Leroy, L.G. Vieira, P. Mazzafera, and P. Marraccini. 2006. Biochemical and Genomic analysis of sucrose metabolism during coffee (*Coffea arabica*) fruit development. *J Exp Bot* 57:3243-58

Giordanengo, P.; Brun, L. O.; Frérot, B. 1993. Evidence for allelochemical attraction of the coffee berry borer *Hypothenemus hampei*, by coffee berries. *Journal Chemical Ecology* 19:763-769.

González, S.J. 1978. Notas sobre clasificación de clima y ecología de zonas cafetaleras Inmecafe: 29

ISO-8455-1986. *International Organization of Standardization*. Guía para el almacén y transporte del café verde en sacos. Agricultural Food Products. Disponible en: http://www.iso.org/iso/iso_catalogue/catalogue_ics/catalogue_detail_ics.htm?csnumber=15644.

Jaramillo, A; Guzmán, O. 1984. Relación entre la temperatura y el crecimiento en *Coffea arabica* L. variedad caturra. *Revista Cenicafé* 35 (3): 57-65.

López, É., & Caamal, I. (2009). Los costos de producción del café orgánico del estado de Chiapas y el precio justo en el mercado internacional. *Revista Mexicana de Economía Agrícola y de los Recursos Naturales*, 175-198.

Mariscal, A. (2011). El café orgánico de Chiapas crece a contracorriente y sin incentivo. CNN México. Consultado el 08 de Diciembre de 2014 en: http://www.ecosur.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=1184:el-cafeorganico-de-chiapas-crece-a-contracorriente-y-sin-incentivo&catid=154:ecomedios&Itemid=1138&lang=tze

Marques-Vilela, D., Vinicus-Pereira, G., Ferreira-Silva, C., Roberto-Batista, L., Freitas-Schwan R. 2010. Molecular ecology and poliphasic characterization of the microbiota associated with semi-dry processed coffee (*Coffea arabica* L.). *Food Microbiology*. (27):128-1135.

Morales-Ramos, J. A., Rojas, M. G., Sittertz-Bhatkar, H., Saldaña, G. 2000. Symbiotic relationship between *Hypothenemus hampei* (Coleoptera Scolytidae) and *Fusarium solani* (Moniliales: Tuberculariaceae). *Arthropod Biology*. 93 (3):541-547.

Muñoz, R. 1988. Muestreo en fincas para determinar la población de broca (*Hypothenemus hampei* Ferr.) y metodología para calcular el nivel de daño económico. IICA, Boletín de PROMECAFE No. 38, p. 4-14.

Najera, O. 2002. El café orgánico en México. Cuaderno de Desarrollo Rural 48: 59-75

Niño-Sandoval, Z. L., Prieto Ortiz, F. A. 2007. Caracterización de café cereza empleando técnicas de visión artificial. *Revista Facultad Nacional Agrícola Medellín*. 60(2):4105-4127

Norris, C.P. 2001. *Mechanization of the Harvesting of coffee*, Baker, P.S. (Editor). *Coffee Futures: A Source Book of Some Critical Issues Confronting the Coffee Industry*. Commodities Press: CABI. EE. UU. 480 p.

OIRSA 2013. Una revisión sobre la Broca del Café, *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae). *Revista Colombiana de Entomología* 32 (2): 101-116.

Renard, C. 1993. *La comercialización internacional del café*, Universidad Autónoma de Chapingo, Colección Cuadernos Universitarios, Serie Ciencias Sociales (11):11-12. México.

Rivera, F.A. 1990. Programa de colaboración técnica e investigación aplicada para el fomento a la cafecultura. Inmecafe: 36-37.

Rochac, A. 1964. "Diccionario del Café". Oficina panamericana del café. New York. 60 – 63 p.

RUIZ, R. 1996. Efecto de la fenología del fruto del café sobre los parámetros de la tabla de vida de la broca del café; *Hypothenemus hampei* (Ferrari). Universidad de Caldas, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Tesis: Ingeniero Agrónomo. Manizales, Colombia. 87 p.

Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación SAGARPA 2004. PC-010-2004. Pliego de condiciones para el uso de la marca oficial México calidad selecta en café verde. Certificación México Calidad Suprema para Café-verde.

Sagarpa. 2008. Mercado Internacional del Café. Universidad de Caldas, Facultad de Ciencias Agropecuarias. 45 p.

Salazar, M. R.; Arcila, J.; Riaño, N.; Bustillo, A. E. 1993. Crecimiento y desarrollo del fruto del café y su relación con la broca. Cenicafé. Avances Técnicos, No. 194. 4 p.

Segura, H., J. Barrera, H. Morales, A. Nazar. 2004. "Farmer's perceptions, Knowledge and management of coffee pests and diseases and their natural enemies in Chiapas, Mexico." *Journal of Economic Entomology* 97 (5): 1491-1499.

Southwood, T. R. E. 1978. *Ecological methods, with reference to the study of insect populations*. 2nd ed., John Wiley and Sons, New York, 524 p.

Suárez de Castro, F 2001. Equilibrio de materia orgánica en plantaciones de café. *Cenicafé* 2:1-47.

Taylor, L. R. 1984. Assessing and interpreting the spatial distributions of insect populations. *Annual Review of Entomology* 29: 321-357.

Trujillo, H. I.; Aristizábal, L. F.; Bustillo, A. E.; Jiménez, M. 2006. Evaluación de métodos para cuantificar poblaciones de broca del café, *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae), en fincas de caficultores experimentadores. *Revista Colombiana de Entomología* 32 (1): 39-44.

Vega, F.E. & G. Mercadier. 1998. Insects, coffee, and ochratoxin A. *Florida Entomologist* 81: 543- 544.

Vega, F.; Benavides, P.; Stuart, J. J.; O'neil, S. 2002. Wolbachia infection in the coffee berry borer, *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Scolytidae). *Annals Entomological Society of America* 95 (3): 374-378.

Vélez, B. E.; Jaramillo, A.; Chávez, B.; Franco, M. 2000. Distribución de la floración y la cosecha de café en tres altitudes. Cenicafé, Avances Técnicos, Colima. No. 272. 4 p.