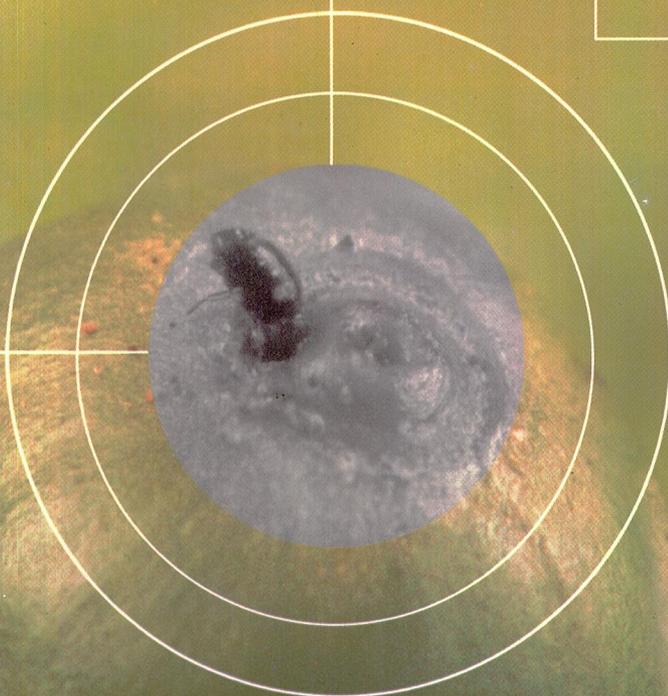


El manejo de cafetales y su relación con el control de la broca del café en Colombia

Álex Enrique Bustillo Pardey



GERENCIA TÉCNICA
PROGRAMA DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA
CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE CAFÉ
"Pedro Uribe Mejía"

Cenicafé
Chinchiná - Caldas - Colombia

Boletín Técnico

Nº 24

2002



FEDERACIÓN NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA

COMITÉ NACIONAL

Período 1° enero/07-diciembre 31/10

Ministro de Hacienda y Crédito Público
Ministro de Agricultura y Desarrollo Rural
Ministro de Comercio, Industria y Turismo
Director del Departamento Nacional de Planeación

Juan Camilo Restrepo Salazar
Mario Gómez Estrada
Carlos Alberto Gómez Buendía
Carlos Roberto Ramírez Montoya
César Eladio Campos Arana
Darío James Maya Hoyos
Jaime García Parra
Héctor Falla Puentes
Fernando Castrillón Muñoz
Javier Bohórquez Bohórquez

Gerente General

GABRIEL SILVA LUJÁN

Gerente Administrativo

LUIS GENARO MUÑOZ ORTEGA

Gerente Financiero

CATALINA CRANE ARANGO

Gerente Comercial

ROBERTO VÉLEZ VALLEJO

Gerente Técnico

ÉDGAR ECHEVERRI GÓMEZ

Director Programa de Investigación Científica

Director Centro Nacional de Investigaciones de Café

GABRIEL CADENA GÓMEZ

Los trabajos suscritos por el personal técnico del Centro Nacional de Investigaciones de Café son parte de las investigaciones realizadas por la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. Sin embargo, tanto en este caso como en el de personas no pertenecientes a este Centro, las ideas emitidas por los autores son de su exclusiva responsabilidad y no expresan necesariamente las opiniones de la Entidad.

UNA PUBLICACIÓN DE CENICAFÉ

Editor: Héctor Fabio Ospina Ospina, I.A., MSc.
Diseño y Diagramación: Carmenza Bacca Ramírez
Fotografía: Gonzalo Hoyos Salazar

1ª Edición en Enero de 2002
5.000 ejemplares
2ª Edición Febrero de 2007
10.000 ejemplares



FEDERACIÓN NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA

**GERENCIA TÉCNICA
PROGRAMA DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA**

CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE CAFÉ
"Pedro Uribe Mejía"

Cenicafé

**"EL MANEJO DE CAFETALES
Y SU RELACIÓN CON EL CONTROL
DE LA BROCA DEL CAFÉ EN COLOMBIA"**

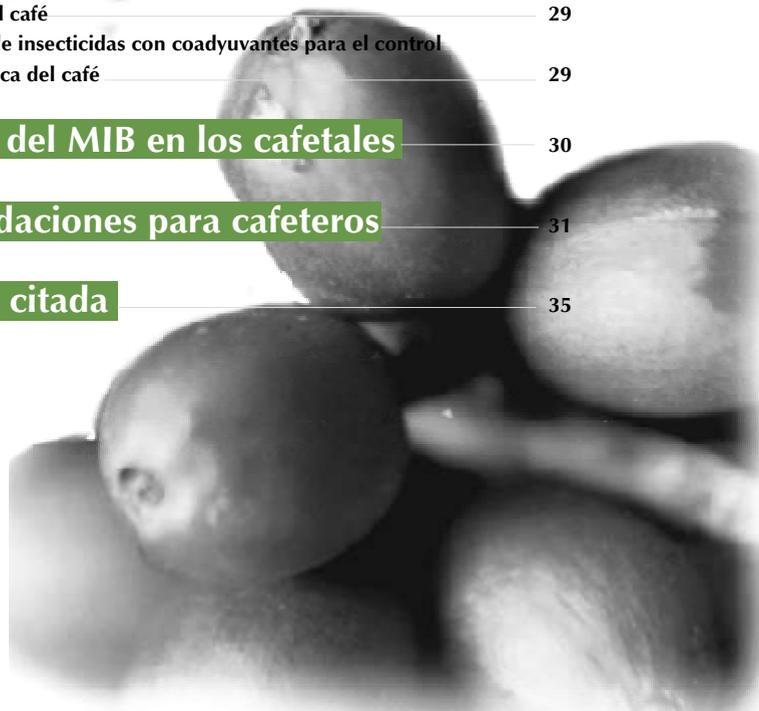
Por:

Álex Enrique Bustillo Pardey¹

¹ Investigador Principal. Entomología. Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafé. Chinchiná, Caldas, Colombia. Apartado Aéreo, 2427, Manizales, Colombia. E-mail: Alex.Bustillo@cafedecolombia.com

1. Antecedentes	6
2. Generalidades sobre la broca del café	9
2.1. Origen de la broca	9
2.2. Dispersión de la broca	9
2.3. Biología de la broca	10
2.4. Orientación de la broca hacia los cafetales	10
2.5. Penetración en los frutos	10
2.6. Edad de los frutos y el ataque de la broca	11
2.7. Desarrollo de la broca en los frutos de café	11
2.8. Efecto de la humedad y la temperatura sobre la broca	12
2.9. Vuelo de la broca en cafetales	12
2.10. Dispersión de la broca después del zoqueo del cultivo del café	13
2.11. Efecto de la broca sobre la producción de café	13
3. Muestreo y umbrales de daño económico	14
4. Enemigos nativos de la broca	16
5. Control cultural	16
5.1. Registro de floraciones	17
5.2. Ataque agregado o en "focos" de la broca	17
5.3. Ataque de la broca a frutos en el suelo	17
5.4. Tratamiento a los frutos cosechados en los focos de broca	17
5.5. Emergencia de brocas de la pasilla durante el beneficio	18
5.6. Escape y mortalidad de la broca durante el beneficio del café	18
5.7. Prácticas agronómicas que contribuyen al control de la broca	19

6. Hongos para el control de la broca del café	22
6.1. Producción de <i>Beauveria bassiana</i>	22
6.2. Bioecología y modo de acción	23
6.3. Evaluaciones en el campo	24
6.4. Evaluaciones en cafetales con la cepa Bb9205	24
6.5. Efecto de los hongos sobre poblaciones de broca que emergen de frutos en el suelo	24
6.6. Nuevos desarrollos	25
7. Introducción de parasitoides de la broca	26
7.1. <i>Cephalonomia stephanoderis</i> y <i>Prorops nasuta</i>	26
7.2. <i>Phymastichus coffea</i>	27
7.3. Compatibilidad de los parasitoides con otros métodos de control	28
8. El uso de insecticidas	28
8.1. Eficacia de insecticidas en relación con el desarrollo de los frutos del café	29
8.2. Mezcla de insecticidas con coadyuvantes para el control de la broca del café	29
9. Evaluación del MIB en los cafetales	30
10. Recomendaciones para cafeteros	31
11. Literatura citada	35



El cultivo del café en Colombia representa el segundo renglón generador de divisas para el país. En 1991 participaba en el PIB total con el 5,3% y en el PIB agropecuario con el 23,4% (35). Por tanto, cualquier problema que lo afecte sigue siendo de especial importancia para la economía colombiana. El ecosistema cafetero se ha caracterizado por el buen manejo que ha recibido, lo cual ha permitido la preservación de los recursos renovables, la protección de la biodiversidad y el mantenimiento del equilibrio biológico, al no hacerse uso de insecticidas en forma irracional.

La broca del fruto del café, *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Scolytidae) introducida a Colombia en 1988 es la plaga más importante que afecta el café en Colombia. Hace el daño al atacar la cereza (Figura 1) y reproducirse internamente en el endospermo, causando la pérdida total del grano y en muchos casos, la caída prematura de los frutos (Figura 2). Además, reduce la calidad del producto final (25, 37). Actualmente infesta cerca de 800.000 hectáreas

de café, afectando el patrimonio de más de medio millón de familias cafeteras.

El cultivo del café en Colombia se había mantenido libre de problemas de insectos a través de todo su desarrollo como explotación comercial. Solamente se habían registrado ataques esporádicos de insectos como: *Orthezia praelonga* Douglas, *Coccus viridis* (Green), *Planococcus citri* (Risso), *Dismicoccus brevipes* (Cockerell); *Leucoptera coffeellum* (Guerin - Méneville); *Oxydia* spp. y el ácaro *Oligonychus yothersi* McGregor (35, 36, 64). Estos insectos y ácaros nunca llegaron a convertirse en plagas serias debido a la estabilidad del ecosistema cafetero, con su rica biodiversidad, lo cual favorece el desarrollo de la fauna benéfica y mantiene el equilibrio entre las especies.

Por otra parte, en las zonas cafeteras no se han usado indiscriminadamente los insecticidas, hasta tal punto que Colombia es el único país en el mundo en el que la caficultura se manejó hasta la llegada de la broca con muy poco uso o casi ningún insecticida (25).



Esta situación de equilibrio se vio afectada por la aparición de la broca del café, plaga exótica originaria de la zona ecuatorial del África e introducida accidentalmente al continente americano (Brasil) a principios del siglo pasado (22). Por esta razón, al llegar a un lugar con condiciones favorables desarrolló todo su potencial biótico sin ninguna restricción, alcanzando

niveles altos de población debido a la ausencia de agentes benéficos con los cuales ha coevolucionado en su sitio de origen.

El uso de insecticidas para el control de *H. hampei* como única medida de control no es recomendable. Esta práctica ampliamente usada en otros países cafeteros de América afectados por la plaga (51) tiene muchos inconvenientes: como es el control del insecto una vez alcanza el interior de los frutos, cuando no es posible

el uso de insecticidas. Éstos entonces, deben usarse sólo cuando la broca está penetrando a nuevos frutos (112). Lo anterior se agrava debido a que en Colombia el café presenta múltiples floraciones (34), como respuesta a las condiciones climáticas, lo cual es causa de que en zonas como el eje cafetero se encuentren durante todo el año frutos susceptibles de ser atacados, incrementándose considerablemente la frecuencia de las aspersiones de insecticidas (6, 109).

Figura 1.

El adulto de la broca perfora el fruto del café por el "ombbligo".



Por otra parte, en Colombia esta situación es compleja ya que el caficultor no tiene tradición en el uso de insecticidas y en la zona cafetera habitan 550.000 familias que viven en las fincas cafeteras y estarían expuestas a la toxicidad de estos compuestos

Figura 2.

La broca daña la almendra del fruto del café debido a la alimentación de sus estados inmaduros.



químicos. Además, el uso indiscriminado de insecticidas químicos conlleva a graves problemas de contaminación ambiental, residuos no admisibles de los insecticidas tanto en la planta como en el suelo, riesgos para la vida animal y el hombre, y desequilibrios biológicos al eliminar la fauna benéfica ocasionando el incremento de poblaciones de insectos y su surgimiento como plagas (27).

El uso continuado de insecticidas también conduce al desarrollo de resistencia como ha sido comprobado para el endosulfan en Nueva Caledonia (24, 57). Además la alta productividad y la continuidad geográfica de la zona cafetera permiten una reproducción casi ilimitada de la broca en los cafetales si no se cuenta con restricciones. Todo lo anterior hace que el problema sea catalogado como la plaga más importante en Colombia no sólo por la extensión del área afectada y la importancia del cultivo, sino por los hábitos mismos de la plaga que dificultan su control.

Como consecuencia de lo anterior es necesario utilizar todas las herramientas

disponibles para combatir la broca, como son prácticas de control cultural, de manejo agronómico del cultivo del café que reduzcan sus poblaciones, el fomento de la fauna benéfica, la introducción desde su sitio de origen de enemigos biológicos como parasitoides y entomopatógenos que jueguen un papel importante sobre las poblaciones de la plaga. Entre estos organismos, los parasitoides *Cephalonomia stephanoderis* Betrem, *Prorops nasuta* Waterston, *Phymastichus coffea* La Salle y el hongo *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuillemin, se consideran componentes importantes en un programa de control biológico (25, 28, 29, 83, 84).

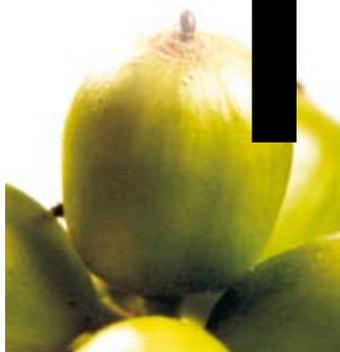
El anterior enfoque está enmarcado dentro del concepto de Manejo Integrado de Plagas (MIP) (3, 79, 91).

El MIP proporciona una serie de principios y conceptos sobre control de plagas que se integran y en una forma teórica, se esbozan para establecer un derrotero ecológico en la solución del problema. Por tanto, el MIP es flexible, dinámico, susceptible siempre de mejorarse, aunque su comprensión y adopción por parte de

los agricultores puedan ser difíciles. En el caso de *H. hampei*, el desarrollo del programa de manejo integrado de la broca (MIB) (32), se ha enfocado dentro del siguiente marco teórico: "El uso de una serie de medidas de control (culturales, biológicas y químicas) y de prácticas agronómicas tendientes a reducir las poblaciones de la broca en los cafetales a niveles que no causen daño económico y que permitan la producción de café para exportación en forma competitiva. Las medidas de control que se utilicen deben ser compatibles y no causar efectos deletéreos a los moradores de la zona cafetera, a la fauna, ni contaminar el ecosistema cafetero".

En esta publicación se presentan los resultados más importantes de investigación sobre la broca del café durante los últimos años, que han permitido conocer en detalle su sistema de vida, sus debilidades, diversos métodos de control y esencialmente analizar holísticamente el ecosistema para proponer a los cafeteros soluciones prácticas y viables de manejo de la finca y en esta forma, puedan seguir produciendo café de calidad Federación en presencia de este dañino insecto.

2. Generalidades sobre la broca del café



2.1. Origen de la broca

Es originaria del África Ecuatorial y fue introducida al continente americano a principios del siglo pasado. En la actualidad se encuentra prácticamente en todos los países productores de café (67). En Colombia se registró por primera vez en el sur del país en 1988 y su dispersión ha sido rápida debido especialmente al clima, a la continuidad de la zona cafetera y su grado de tecnificación, que le aseguran suministro permanente de alimento (25).

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 sombrío, lo cual se ha comprobado en el campo (11). Sin embargo, esto no limita su abundancia a estos ecosistemas, ya que la producción de frutos de los cafetos bajo esta condición es menor que a libre exposición. En plantaciones de la variedad Caturra establecidas a libre exposición en altas densidades, existe un autosombrío en las ramas que favorece el ataque de la broca y, debido a las

mayores producciones, es posible encontrar más brocas por unidad de superficie.

2.2. Dispersión de la broca

En la selva tropical, donde se originó la broca hace mucho tiempo, se supone que había una gran diversidad de especies y por tanto, los cafetos se encontraban dispersos y con baja producción de frutos. Se debe tener en cuenta que la broca es un insecto que en condiciones de laboratorio puede volar libremente hasta una hora y media, y más de tres horas en vuelos sucesivos (11), levantándose lentamente y casi en forma vertical hasta encontrar corrientes de aire que la arrastran a otros sitios.

En general, muchos insectos tratan de migrar como un mecanismo de supervivencia. Una alta proporción de adultos de la broca vuela y se dispersa; por consiguiente, es casi imposible erradicar un insecto con aspersiones de insecticidas o control cultural si en un momento dado parte de su población está volando y otra parte está refugiada en otros cafetales donde no se están haciendo prácticas para reducir su población. Por tanto, una

vez la broca aparece en una zona hay que tratar de convivir con ella (11).

2.3. Biología de la broca

La biología y los hábitos de vida han sido estudiados por varios autores (11, 14, 22, 47, 49, 78, 103). En Colombia se han llevado a cabo varios estudios al respecto (59, 74, 96, 97). Existen considerables diferencias en cuanto a la información sobre la duración de sus estados, pero esto obedece fundamentalmente a diferencias en las condiciones ambientales de los diversos estudios, especialmente de temperatura. El adulto hembra de la broca del café una vez emerge de la pupa puede aparearse y unos tres días después puede iniciar posturas. Su período de oviposición es de unos 20 días y coloca entre 2 y 3 huevos/día. El número de días que puede permanecer ovipositando se estima en Colombia en 15 días, y es posible que una broca tenga períodos de intermitencia y la reanude. La incubación del huevo dura 7,6 días (23°C) y el estado de larva 15 días para los machos y 19 días para las hembras, la prepupa 2 días y la pupa 6,4 días (25,8°C). El ciclo total de huevo a emergencia de adulto se estima en 27,5

días (24,5°C). Sin embargo, el tiempo generacional, o sea el tiempo que tarda en iniciarse otra generación del insecto bajo condiciones de campo se estima para la zona cafetera colombiana en 45 días a una temperatura de 22°C en promedio, y de unos 60 días para una temperatura de 19°C. La relación de sexos es aproximadamente de 1:10 en favor de las hembras.

La hembra colonizadora una vez que inicia su oviposición, permanece en el interior del fruto hasta su muerte, cuidando de su progenie. En las condiciones de la zona central cafetera se ha determinado que en un fruto de café, desde el momento que es susceptible al ataque de la broca hasta la época de cosecha se pueden producir dos generaciones de la broca. Si estos frutos no se cosechan y se dejan secar en el árbol, se pueden alcanzar rápidamente unas cuatro generaciones (96).

El adulto macho de la broca tiene solo función reproductora. Éste es de menor tamaño, se encuentra siempre en el interior de los frutos y nunca los deja; además, es incapaz de perforar un fruto. Debido a que sus alas se encuentran atrofiadas no puede volar. Este comportamiento explica el porqué no es viable el uso

de atrayentes sexuales en el manejo de la broca (32).

2.4. Orientación de la broca hacia los cafetales

La broca, primero es atraída por el olor y luego por el color y la forma del fruto. Las que llegan posteriormente son atraídas por los mismos factores, pero también por los olores liberados por la primera broca. Hay evidencias que en los desechos fecales se producen sustancias que atraen otras hembras. Las hembras tienden a agregarse al llegar a un cafetal concentrándose en ciertas ramas y árboles. Estudios realizados en Brasil (17) y confirmados en Colombia, muestran que una mezcla de los alcoholes metanol/etanol en relación de 1:1 atrae hembras adultas a trampas colocadas en cafetales; sin embargo, el radio de acción es pequeño limitando así su uso para fines prácticos de control (32, 63). Esta herramienta es útil para detectar los vuelos de broca en cafetales y saber cuándo están ocurriendo ataques a los frutos sanos.

2.5. Penetración en los frutos

Al hacer observaciones sobre el tiempo que una

hembra demora en penetrar un fruto, se encontró que éste varía de acuerdo con el estado de desarrollo del fruto así: frutos verdes 5 horas 36 minutos, frutos pintones 5 horas 54 minutos, frutos maduros 4 horas 50 minutos y frutos secos 11 horas 21 minutos (73). Lo anterior indica que hay una tendencia de la broca a penetrar con mayor rapidez en los frutos maduros.

2.6. Edad de los frutos y el ataque de la broca

Normalmente los frutos de café empiezan a ser susceptibles al ataque de la broca cuando su peso seco es cercano a un 27% o mayor, lo cual se logra cuando el fruto alcanza más de 150 días de desarrollo, lo que depende de la latitud y la altitud, o sea que el período de vulnerabilidad de la broca a un insecticida de contacto se concentra entre 120 y 150 días después de la floración (96).

Cuando el insecto inicia el ataque sobre frutos no muy desarrollados (<150 días) el tiempo de exposición en el canal de penetración es muy prolongado, ya que debe esperar a que la consistencia de las almendras sea la adecuada para iniciar su oviposición, volviéndola vulnerable al tratamiento con insecticidas químicos

y biológicos durante este tiempo.

En estudios realizados en Colombia en cafetales ubicados entre 1.200 y 1.350 msnm, se encontró la influencia directa que tiene la acumulación de la materia seca en el fruto de café sobre el tiempo que tarda el insecto desde el inicio de la perforación hasta iniciar la oviposición (Figura 3). Este tiempo fluctúa entre 91 días para frutos de 60 días de edad (11% de peso seco) hasta sólo 4 días en frutos de 210 días de edad (33% de peso seco) (96). Aquí también se debe tener en cuenta la diferencia que existe en el desarrollo de los frutos de café en Colombia, que haría variar estos datos. Cuando el cafetal está ubicado a unos 1.200m de altitud (22°C) el desarrollo desde floración a cosecha puede tomar 7 meses, pero a 1.800m de altitud (19°C),

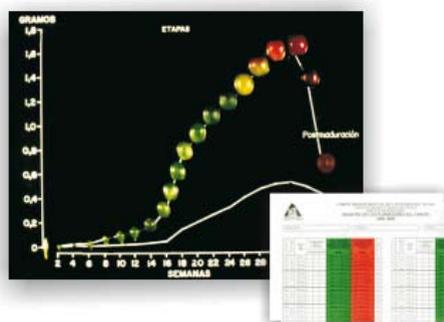
éste puede tardar 9 meses (65, 109).

La información anterior muestra la importancia de realizar labores de control dirigidas a los adultos a tiempo, ya que una vez la broca alcanza el endospermo sólo es controlable con la recolección oportuna del café o liberando parasitoides que entran y atacan los estados de la broca dentro del fruto.

2.7. Desarrollo de la broca en los frutos de café

El insecto, una vez se establece en un fruto apto para su desarrollo, permanece en su interior ovipositando y cuidando de su progenie. Para el tiempo que los frutos completan su desarrollo como mínimo ha producido una generación, y en el interior de los frutos se pueden encontrar adultos

Figura 3. El registro de las floraciones y el conocimiento del desarrollo del fruto del café ayudan a entender el comportamiento del insecto (100).



de la primera progenie y estados inmaduros. Si los frutos maduros brocados no se cosechan, pueden caer al suelo o permanecer en el árbol en donde se secan y la broca continúa desarrollándose (Tabla 1). La broca daña la almendra del fruto del café debido al proceso de alimentación de sus estados inmaduros dentro del fruto. Un fruto seco puede albergar desde unos pocos adultos de broca (p. e., 10) hasta un gran número (p. e., 150), y allí permanecen hasta que las condiciones ambientales le sean favorables para su reproducción. Cuando el período de lluvias llega, se inicia la emergencia de las brocas de estos frutos que luego van a colonizar nuevos frutos en el árbol (32).

2.8. Efecto de la humedad y la 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. (15,16)

La emergencia de la broca de frutos infestados se incrementa con humedades altas entre 90 y 100% H.R. y es muy baja a temperaturas

Tabla 1. El desarrollo de la broca del café y en especial el período de preoviposición, está afectado por la edad del fruto del café y su peso seco (96).

Edad	Preoviposición	%Peso Seco
60	91	10,9
90	70	14,6
120	12	20,0
150	5	26,7
210	5	34,2
240	4	33,1

inferiores a 20°C (90-100% H.R.). También se incrementa considerablemente entre 20-25°C (15, 16).

Los períodos prolongados de sequía en los cafetales causan caída de frutos, se acelera la maduración y las almendras resultan mal formadas y de calidad inferior. Si estos están brocados el desarrollo de la broca también es más rápido o sea que el tiempo generacional es más corto, hay una mayor reproducción de la broca dentro de los frutos caídos al no recibir humedad por las lluvias.

La broca, como se dijo antes, durante los períodos secos no emerge de los frutos generando una gran descendencia la cual inicia su salida cuando se inician las lluvias. Durante los períodos lluviosos las brocas no permanecen mucho tiempo en el fruto y su reproducción por consiguiente es menor (44, 45).

2.9. Vuelo de la broca en cafetales

La emergencia de la broca de los frutos infestados está relacionada con las condiciones climáticas.

Normalmente la emergencia en la zona central cafetera coincide con períodos lluviosos y los picos se presentan durante los meses lluviosos de abril y mayo, y en la época de la cosecha entre septiembre y octubre (44). En años muy 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.

En general, se puede concluir que en los cafetales colombianos y debido a las variaciones climáticas, la dinámica de la broca es muy variable favoreciéndose su incremento en los tiempos de sequía.

2.10. Dispersión de la broca después del zoqueo del cultivo del café

En cafetales zoqueados, a los cuales previamente no se les retiran los frutos brocados, ocurre una proliferación de altas poblaciones de broca y su diseminación a los cafetales vecinos, causando incrementos súbitos en los niveles de infestación.

En un estudio (39) realizado para evaluar las poblaciones de la broca y su dispersión en cafetales vecinos después del zoqueo sin el retiro previo de los frutos de los árboles zoqueados, se encontró que el potencial de estados biológicos vivos en lotes de una hectárea era de 5.800.000. Se observó que su reproducción continuó aún después de tres meses de haber caído al suelo.

En los primeros 30 días emerge del suelo la mayor cantidad de adultos de broca y se triplica el porcentaje de infestación en los lotes vecinos. A los 70 días después del zoqueo cerca del 80% de la población de adultos de broca emergió y

se continuaron registrando emergencias aún después de 150 días (39).

Esto implica que se tiene un flujo constante de brocas hacia los cafetales vecinos, que dificulta y encarece el control de la broca (39). Esta información ratifica la necesidad de seguir las recomendaciones de Cenicafe sobre zoqueo, que en esencia se reducen a remover los frutos brocados de los árboles antes de desramarlos, usar árboles trampas y cosecharlos oportunamente (40).

2.11. Efecto de la broca sobre la producción de café

El daño que le ocasiona la broca al fruto de café

consiste en perforaciones a los frutos y caída de éstos 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 caen de las ramas y muchos de ellos toman un color característico de la madurez; pero si el ataque ocurre después de los tres meses de edad, la caída de frutos es menor del 23,5% (Figura 4). 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 tienen maduración prematura, lo cual repercute en un manchado del pergamino de los granos sanos ¹

Figura 4. La caída de los frutos atacados por broca se debe evitar para que no se produzcan reinfecciones permanentes en los frutos en formación en los árboles.



¹Alzate, V.A. Rendimiento y porcentaje de infestación del café cereza atacado por broca. Cenicafe, Informe de labores, Chinchiná, 14p.

3. Muestreo y umbrales de daño económico



El daño causado por la broca del café obliga a que se tomen medidas de control eficientes, en el momento oportuno y cuando el insecto amenace con causar pérdidas económicas. Por 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 correlacionarla con el daño que se obtiene cuando el caficultor vende su cosecha.

Para medir una población es necesario contarla o sea, establecer el número de individuos existentes en un momento determinado en un área específica. En el caso de la broca y otros insectos es imposible hacer censos, por lo cual debe acudirse al muestreo apoyado en fundamentos estadísticos (46, 55, 101, 102). Para el caso de *H. hampei* el diseño del muestreo se ha basado en investigaciones realizadas en Centroamérica (12, 13, 50, 51, 77) y discusiones con especialistas en la materia.

En general, se ha establecido que para una hectárea de café (universo de muestreo) es suficiente evaluar 30 sitios (tamaño de la muestra) y en cada sitio se escoge un árbol y en éste se selecciona una rama en la zona

productiva, que tenga entre 30 y 100 frutos (unidad de muestreo).

Así se contabiliza el total de frutos en la rama y el total de frutos brocados. Esta evaluación se demora en promedio 42 minutos (32).

El método de la rama es apropiado y aconsejable para evaluar niveles de infestación de la broca, siempre y cuando se realice en una forma representativa en el lote, es decir, tomando 30 sitios de muestreo por hectárea y recorriendo el lote en una forma representativa. Se recomienda hacer estas evaluaciones mensualmente con el fin de tener un seguimiento de la evolución de las poblaciones de broca en los diferentes lotes de la finca.

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 por 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 (32).

El nivel de pérdida económica al momento de la venta del grano por el caficultor está establecido por norma de la Federación Nacional de Cafeteros, que estipula un nivel máximo de defectos en el café pergamino del 5,0%, incluyendo daño por broca. Por encima de éste se acepta hasta el 7% pero con una reducción porcentual en el precio de compra. Esto indica que al establecerse un tope del 2% de daño por broca en café pergamino, significa que en los cafetales a la cosecha se debe tener un máximo del 5% de infestación.

El 5% de infestación de café cereza produce 2,5% de

infestación en pergamino, ya que 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, ocurriendo una reducción adicional del 0,5% en la infestación del pergamino para, teóricamente, llegar a un 2% de infestación en el pergamino seco (56).

Por estas razones, el caficultor no debe permitir en sus lotes un nivel de infestación de broca superior al 5% durante la época de cosecha para poder ofrecer "Café Tipo Federación" a las cooperativas. El umbral durante los períodos entre cosechas se establece en un 2% con el fin de no correr riesgos. Con frecuencia los caficultores manifiestan que los niveles de infestación en el campo no correlacionan con las medidas de infestación al momento de la venta de café; sin embargo, esto se puede explicar por diferentes circunstancias:

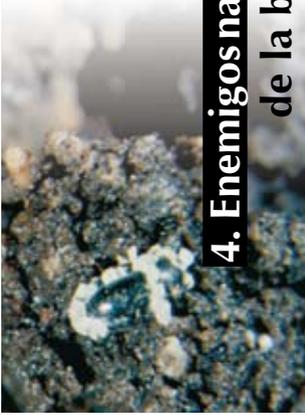
1) las evaluaciones no se realizan apropiadamente en una forma representativa y con la frecuencia establecida;

2) los datos de los niveles de infestación se confunden y no se llevan por lotes;

3) al momento del beneficio se mezcla el café de diferentes lotes;

4) no se realizan oportunamente los pases de cosecha, por tanto, caen muchos frutos atacados 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.

4. Enemigos nativos de la broca



Los reconocimientos de la fauna benéfica han mostrado que hasta el momento existen en nuestro medio 18 reguladores biológicos de poblaciones de broca y 7 grupos de organismos compitiendo por su nicho ecológico. Entre los primeros se encuentran 9 entomopatógenos, 1 parasitoide de adultos y 8 predadores. Estos hallazgos no han sido registrados con anterioridad en la literatura, lo cual muestra la biodiversidad del ecosistema

cafetero colombiano y especialmente, tratándose de una plaga como la broca de reciente introducción a este hábitat.

La preservación de esta fauna benéfica redundará muy favorablemente en la reducción de las poblaciones de broca favoreciendo así directamente al cafetero, quien tendrá que hacer menos esfuerzo físico y económico en el control de esta plaga (28, 32).

5. Control cultural



Al analizar el daño de la broca en el café, su biología y comportamiento al atacar, es fácil deducir que las labores agronómicas del cultivo, especialmente la cosecha, juegan un papel importante en la reducción de las poblaciones de esta plaga. Empíricamente se manifiesta que estas labores denominadas “prácticas de control cultural”, constituyen un 80% del éxito en el control global de la broca. Esto ha sido comprobado en estudios sobre escape del insecto en el beneficio, en donde se demuestra que entre un 64 y 75% de la población llega al beneficio durante la cosecha (76).

Se ha demostrado que después de la cosecha queda en los árboles y en el suelo un 10% de frutos maduros y que la recolección de éstos se paga con la venta de café pergamino seco; además, la calidad de la bebida preparada con estos frutos recuperados no se afectó (48). Estudios recientes han indicado que es factible que la cosecha disminuya el número de frutos que normalmente quedan en los árboles después de un pase de cosecha. Como indicador de frecuencia para un buen recolector o cosechero se ha establecido que sólo se permite dejar un máximo de cinco frutos maduros por árbol después de un pase de cosecha (52).

En Colombia se demostró que las prácticas de cosecha oportunas y la recolección de los frutos maduros dejados por los cosecheros redujeron los niveles de infestación superiores al 70% a menos del 6% durante el ciclo de cosecha (86, 98).

5.1. Registro de floraciones

Aunque el cafeto suele florecer después de las lluvias que siguen a un período 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 (6, 34, 109).

Estudios sobre el desarrollo del fruto del café (65, 100) 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. De acuerdo con la temperatura media de la región y la dinámica poblacional de la broca del café, en relación con el desarrollo del fruto, se comprobó que el insecto

puede atacar frutos con 10 semanas de formado, pero tan sólo en frutos mayores de 120 días, cuando éstos tienen más del 20% de peso seco, la broca puede iniciar su reproducción (100); sin embargo, Ruiz (96) demostró que la oviposición ocurre rápidamente sólo en frutos mayores de 150 días y un peso seco del 27%.

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. Así se puede aprovechar esta información para realizar la práctica de control más apropiada para reducir las poblaciones de la broca que estén penetrando los frutos. Las labores se deben concentrar en la protección de la producción proveniente de las floraciones que representan los mayores volúmenes de la cosecha principal.

5.2. Ataque agregado o en "focos" de la broca

Los puntos de agregación de la broca del café en cafetales mayores de tres años se localizan hacia los bordes de los lotes (tres primeros surcos) y hacia las depresiones o partes bajas del cafetal, lo mismo que en

los cafetos situados cerca al beneficiadero, a los puntos de pesaje de café cereza y alrededor de las tolvas recolectoras (42). En estos sitios comúnmente referidos como "focos" se deben cosechar de los árboles todos los frutos brocados, y recolectar los frutos presentes en el suelo, tanto los frutos sanos como brocados, puesto que se comprobó que los adultos de broca del café pueden salir de los frutos brocados y atacar frutos sanos en el suelo (32).

5.3. Ataque de la broca a frutos en el suelo

La broca se considera una plaga de la parte aérea del cafeto y hasta nuestros estudios no se había mencionado su capacidad de reproducirse en frutos sanos caídos al suelo, pero esto se comprobó experimentalmente. Por tanto, la broca que emerge de los frutos caídos del suelo es capaz de atacar frutos sanos caídos que también se encuentren en el suelo (32).

5.4. Tratamiento a los frutos cosechados en los focos de broca

Los frutos maduros, sobremaduros y secos infestados por la broca que se recogen en las labores del Re- Re deben tratarse

inmediatamente con calor. Si los volúmenes de café son pequeños pueden colocarse en una olla con agua hirviendo durante 30 minutos. Si se dispone de un silo para el secado del café puede entonces someterse a temperaturas de secado de 55°C durante una hora. Otra alternativa es hacer una fosa en la finca para depositar los frutos cubriéndolos con una capa de tierra de unos 10cm (41, 42).

Los frutos sobremaduros y especialmente los frutos secos, constituyen el reservorio de donde surgen las poblaciones que pueden dañar la siguiente cosecha.

En los frutos secos o “guayaba” es frecuente encontrar 50 y más adultos de broca, que emergen tan pronto las condiciones climáticas son favorables. Si estos frutos no se tratan o se benefician inmediatamente, se da oportunidad para que la broca los abandone y vuelva al cafetal.

Estos resultados son el soporte de la recomendación acerca de la recolección exhaustiva de frutos sobremaduros y secos (repose), después de la cosecha, como práctica fundamental para mantener niveles bajos de daño por broca del café en la finca (43).

5.5. Emergencia de brocas de la pasilla durante el beneficio

Se hizo una evaluación de la cantidad de brocas hembras que pueden emerger de la pasilla, para lo cual, en una finca durante la cosecha de un cafetal con más del 10% de frutos brocados, se hizo un registro semanal de las capturas de adultos que salían del carro secador donde se tenía la pasilla durante 14 semanas, utilizando una trampa con alcohol.

Los resultados mostraron que en total se capturaron 2.061 brocas en las 14 semanas. De esta cantidad, el 61,1% correspondió a capturas del mismo día en que se sacó la pasilla al sol y el 83,2% a los dos primeros días de secado de la pasilla. Estas capturas representaron un 10% de la población en el café en observación y la cantidad de pasilla utilizada fue de aproximadamente 25kg (32).

Para eliminar la población de broca de las pasillas se recomienda sumergirla en agua hirviendo durante 10 minutos, para poderla secar y almacenar sin riesgo en la finca. Cuando las cantidades son muy pequeñas (<3kg), la pasilla se puede enterrar en una fosa (41).

5.6. Escape y mortalidad de la broca durante el beneficio del café

Al evaluar la población de broca del café que se retiró de una hectárea del cultivo durante una cosecha de mitaca y una cosecha principal, se demostró que con la cosecha se retiró y se llevaron al beneficiadero entre el 66% y el 74% de los estados de broca que se encontraban vivos al iniciar el proceso. También se encontró que entre el 4,6% y el 12,4% de esta población se quedó en los platos de los árboles al finalizar la cosecha y el resto de la población quedó en los árboles, en los frutos verdes infestados (76). Al medir la mortalidad y el escape de broca durante los procesos de recolección de los frutos maduros, almacenamiento en la tolva, almacenamiento de la pulpa, fermentación, lavado y secado al sol del café pergamino y durante el secado de pasillas en elbas y marquesinas, se obtuvieron los siguiente resultados: el secado fue la etapa donde ocurrió el mayor escape de broca. Para el caso del secado de pasillas en marquesinas el escape alcanzó hasta el 64% de adultos; durante el secado de pasillas en elbas hasta el 24%. Durante el secado de café pergamino se encontró escape hasta del 17%.

Durante el lavado se encontró en el agua utilizada un 43% de adultos vivos. En la pulpa el escape de adultos alcanzó niveles del 59% (76).

Los resultados de mortalidad indican que durante los procesos de la recolección y de beneficio por vía húmeda ocurre mayor mortalidad que escape de la broca. La supervivencia del insecto es crítica en las etapas de descomposición de la pulpa, durante la fermentación y durante el secado al sol del café pergamino y de las pasillas. También se encontró que los descensos bruscos de la humedad relativa así como las altas temperaturas ocasionan la muerte rápida de los estados biológicos del insecto, así como el aborto de estados inmaduros desde las almendras (76).

5.7. Prácticas agronómicas que contribuyen al control de la broca

Existen muchas labores que es posible realizar

Figura 5.

La disposición apropiada de los árboles de café, aún en las altas densidades en las fincas, permite realizar prácticas eficientes de control de la broca. Se pueden sembrar a 2mx1m, utilizando dos plantas por sitio o dos chupones por planta.

en las fincas cafeteras y que contribuyen a la reducción de las poblaciones de broca. A continuación se discuten las más importantes:

► **La siembra de variedad Castillo®**, además de evitar el control de la roya (1), presenta ventajas en relación con la broca, especialmente porque permite un mejor establecimiento del hongo *B. bassiana* porque no es necesario el uso de fungicidas en el cafetal; además, sus frutos permanecen más tiempo en los árboles permitiendo que los pases de cosecha se hagan antes de que frutos infestados por broca caigan al suelo.

► **La disposición de los árboles en el campo**, es necesario que los trabajadores se puedan despla-

zar dentro de los cafetales eficientemente para hacer labores de Re - Re, evaluación de infestaciones y las aspersiones para el control de la broca (Figura 5). Por otra parte, las labores de podas y deschuponamiento en los cafetales, realizadas oportunamente, facilitan la realización de las labores de cosecha y Re - Re.

► **La renovación de los cafetales**, como lo aconseja Cenicafé (71, 72), permite el ordenamiento de la finca, de tal manera que no existan cafetales muy viejos que dificulten las labores de control de la broca, ya que en estos lotes es difícil el Re - Re, se dejan muchos frutos maduros en los cafetales sin cosechar y caen muchos frutos infestados al suelo (Figuras 6 y 7 y Tabla 2).





Figura 6.

La renovación de los cafetales en el tiempo apropiado favorece una caficultura ordenada y permite hacer más eficientemente las prácticas de control de la broca. En la zona central se recomienda realizar ciclos de renovación cada 5 años.



Figura 7.

La división de la finca en lotes de diferente edad y renovados de acuerdo a un ciclo establecido, es la base no sólo para mantener las fincas con unos ingresos estables, sino para poder realizar las labores del control de la broca en una forma diferencial, de acuerdo al estado de desarrollo de cada uno de los lotes, lo que resulta en una labor más eficiente y económica.

Tabla 2. De acuerdo con un plan de renovación se pueden establecer diferentes actividades de manejo en los lotes de la finca, que permiten mayor eficiencia y reducción de costos en el control de la broca.

Lote	Edad	Labores	Producción
1	0-1	P.A.	0%
2	1-2	P.A.+C.O.	10%
3	2-3	P.A.+C.O.+Re-Re	50%
4	3-4	P.A.+C.O.+Re-Re+Hongo	100%
5	4-5	P.A.+C.O.+Re-Re+Hongo +Insecticidas en focos	80%
6	5-6	P.A.+C.O.+Re-Re Intensivo+ Hongo+Insecticida en todo el lote	50%

P.A.= Prácticas agronómicas; C.O. = Cosecha oportuna; Re-Re= Pases de cosecha frecuentes, repase al final de la cosecha para coleccionar los frutos maduros que quedan en los árboles; Hongo= aspersión del hongo *Beauveria bassiana* en dosis de 1×10^9 esporas/árbol; Insecticida=aspersión de insecticidas químicos con licencia ICA de categoría toxológica III solo cuando los niveles y condiciones de penetración de la broca en los frutos de café lo ameriten.

▶ El uso del selector de arvenses,

para aplicar herbicidas en una forma selectiva para controlar las arvenses indeseables (malezas) (Figura 8), es una herramienta de mucha utilidad para el caficultor ya que así se puede mantener una cobertura de arvenses nobles que no compiten con el café y proporcionan protección al suelo (93, 94, 95).

A través de esta herramienta se puede fomentar la fauna benéfica que ataca la broca del café, ya que se ha demostrado que los parasitoides como *C. stephanoderis* se alimentan del néctar de las arvenses nobles (99).

▶ El beneficio del café,

exige prácticas que eviten el retorno de la broca a los cafetales. Por tanto, es necesario mantener las tolvas de recibo cubiertas con una tapa impregnada con grasa para que las brocas que salgan queden atrapadas.

El despulpado del café sin agua (2), reduce los volúmenes de agua y evita que la broca salga flotando por los desagües hacia el cafetal. En los canales de correteo se deben colocar dispositivos que tamicen el agua residual del beneficio para capturar las brocas contenidas en ésta. Disponer

de un silo con aire caliente es fundamental para eliminar los estados de broca que sobreviven en el grano pergamino.

▶ El beneficio ecológico utilizando el sistema Becolsub,

evita que la broca escape; además de sus ventajas en el proceso (81, 82) al usar tan poca agua no hay riesgo de escape de la broca.

Además, permite un secado en un silo inmediatamente, muriendo así los estados de la broca que se encuentren en el interior del grano pergamino.

Figura 8.

Las desyerbas con el selector de arvenses son aconsejables para la protección de los suelos, reducen el costo de estas actividades y al mantener una cubierta permanente de arvenses nobles, la fauna benéfica de insectos de la broca se favorece al poder alimentarse del néctar de sus flores.



6. Hongos para el control de la broca del café



El hongo *Beauveria bassiana* se encuentra naturalmente infectando la broca en casi todas las regiones en donde la broca hace su aparición (Figura 9). Hasta el momento Cenicafé posee 102 aislamientos procedentes de diferentes países y colectados localmente, de los cuales aproximadamente la mitad han mostrado actividad contra broca. Los avances en los estudios con hongos entomopatógenos han sido muy importantes no sólo para el control de la broca sino para aplicar estos conocimientos a otras situaciones de insectos-plagas en el país (89).

6.1. Producción de *Beauveria bassiana*

Para la producción de *B. bassiana* se desarrollaron a la vez un método de

producción artesanal (4) y uno industrial (75), lo que permitió adelantar evaluaciones sobre su eficacia en los cafetales y tener inóculo del hongo disponible para el agricultor al poder éste, producirlo en su finca. Además, financiado por la Federación de Cafeteros se pudo llevar a cabo un programa nacional de introducción del hongo en toda la zona cafetera infestada por la broca.

La tecnología generada para la industria se ha transferido a productores particulares para que se encarguen de la producción del hongo. En la actualidad existen varios laboratorios comerciales con licencia del ICA (Instituto Colombiano Agropecuario), que suministran hongo formulado para el control de la broca. Durante 1992 se utilizaron cinco toneladas de hongo en una concentración



Figura 9. El uso de *B. bassiana* es útil en el control de la broca de introducción.

de 1×10^8 esporas/gramo con fines experimentales. La producción de *B. bassiana* para el control de la broca del café fue de 60 toneladas en 1993 (88) y para 1998 se estimó en 300 toneladas de un producto que contenía al menos 1×10^9 esporas/gramo de producto.

El desarrollo de un bioensayo (61) para seleccionar los aislamientos más virulentos y los procedimientos para el control de calidad de los hongos producidos artesanal e industrialmente (107), han permitido controlar y mejorar el producto que comercialmente se ofrece a los caficultores.

6.2. Bioecología y modo de acción

Para que el hongo ataque la broca, sus esporas deben entrar en contacto

con el cuerpo del insecto. Luego de la adhesión, éstas germinan y penetran en la cavidad hemocélica del insecto y se reproduce mediante el micelio matando la broca. Finalmente, bajo condiciones de alta humedad produce sus cuerpos fructíferos sobre el cuerpo del insecto y dispersa las conidias para ampliar su infección a otras poblaciones que se encuentren en los cafetales (Figura 10). Un cadáver de broca con buena esporulación puede producir unos 10 millones de esporas lo que facilita su dispersión y establecimiento en los cafetales (80). Cuando se observa una mota o moho blanco sobre el cuerpo de la broca en el campo, ha ocurrido un proceso infeccioso en el insecto por *B. bassiana*. Esto ocurre al penetrar la broca el fruto y entrar en contacto con las esporas del hongo. Si el insecto

ya ha entrado al fruto es difícil que el hongo lo pueda infectar (30).

El ciclo de vida de *B. bassiana* sobre la broca bajo condiciones de laboratorio se completa en promedio en 8,2 días desde la inoculación del insecto con el hongo hasta la liberación de las esporas. En el campo y dependiendo de las condiciones ambientales, esto puede tomar entre 15 a 30 días.

Se ha demostrado también la importancia de pasar el hongo *B. bassiana* a través de insectos para reactivar su patogenicidad.

Cuando se cultiva el hongo en medios artificiales por tres o más generaciones su patogenicidad se reduce considerablemente y el tiempo promedio para causar mortalidad en la

Figura 10.

Para obtener óptimos resultados en el control con *B. bassiana* es importante aplicarlo cuando la broca esté penetrando el fruto y logrando un buen cubrimiento con equipos apropiados. El hongo se disemina en los cafetales debido a su alta producción de esporas, una broca puede producir en promedio 10 millones de esporas.



mitad de la población se incrementa, en comparación con el hongo activado sobre broca (61).

En otros estudios se ha explorado el efecto de la radiación solar sobre *B. bassiana* (106) encontrándose que las esporas son muy sensibles a la luz solar, por lo que las formulaciones deben contener protectores solares para una mayor permanencia en el ecosistema. En relación con la compatibilidad con fungicidas e insecticidas (95), en general los resultados muestran que no se deben hacer mezclas.

Con la mayoría de las insecticidas evaluados se reduce la viabilidad del hongo y los fungicidas comúnmente utilizados para el control de la roya matan el hongo. Por tanto, no se recomienda este tipo de mezclas.

6.3. Evaluaciones en campo

La eficiencia de *B. bassiana* en el campo se ha experimentado ampliamente (26, 29, 30, 58).

Los resultados son muy variables y están influenciados por condiciones climáticas y condiciones del cultivo, los niveles de control pueden fluctuar entre valores muy

bajos, p. e. 20% hasta niveles del 75%.

Las investigaciones sobre equipos para asperjar el hongo *B. bassiana* demostraron que este se puede aplicar eficientemente con todos los equipos disponibles para el cultivo del café; sin embargo, el equipo motorizado de espalda Motax con una descarga de 60L/ha mostró ser muy eficiente y más económico (58).

6.4. Evaluaciones en cafetales con la cepa Bb9205

El efecto patogénico de *B. bassiana* cepa Bb9205, se estudió bajo diferentes aspectos en condiciones de cafetales (5). Al evaluar el efecto de diferentes niveles de infestación de la broca se encontró que la patogenicidad es independiente del porcentaje de infestación de broca. En relación con la sombra se encontró una tendencia a incrementarse la eficacia del hongo cuando se incrementa la sombra, esta posiblemente no fue más evidente debido al auto sombrero que normalmente tiene el café en altas densidades.

En cuanto a la posición de la rama en el árbol se observó un incremento en la mortalidad en las ramas

bajas. Mediciones previas de la radiación fotosintética activa (RFA), mostraron que los dos tercios superiores reciben significativamente más RFA que el inferior. Al comparar la mortalidad entre la parte interna y externa de la rama no se encontraron diferencias significativas (5).

La permanencia o residualidad de *B. bassiana* Bb9205 sin formular en el cafetal, se evaluó infestando con broca las ramas del árbol el mismo día, 2, 4, 8 y 15 días después de la aspersión de Bb. El control obtenido con el hongo fue de 74, 24, 21, 20 y 19% para cada caso respectivamente, mostrando una reducción en su eficacia a través del tiempo. La evaluación de cuatro dosis comprendidas entre 1×10^8 y 5×10^9 esporas/árbol de Bb 9205 permitió encontrar que a medida que se incrementa la dosis la mortalidad sobre la broca es mayor (5).

Se espera que los resultados sean mejores con un hongo formulado.

6.5. Efecto de los hongos sobre poblaciones de broca que emergen de frutos en el suelo

Se evaluó el efecto de aspersiones de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium*

anisopliae al suelo sobre la broca que emerge de frutos caídos, a medida que transcurre el tiempo después de depositar el hongo.

Los resultados mostraron que los niveles más altos de infección por los hongos sobre la broca en las ramas de los árboles se produjeron los cinco primeros días después de la infestación en el suelo; estos fueron cercanos al 30% para *B. bassiana* y del 11% para *M. anisopliae*; sin embargo, la infección disminuyó posteriormente para ambos hongos, pero de nuevo alcanzó un pico hacia los 25 días de 24,3% para *B. bassiana* y de 7,7% para *M. anisopliae*. Lo anterior se puede explicar por la reproducción de los hongos en el suelo y la acumulación de esporas infectivas sobre insectos atacados que reinfectan nuevos insectos para asegurar la perpetuación del microorganismo (33).

Los anteriores resultados muestran las bondades de *B. bassiana* en la regulación

de la población de la broca que emerge del suelo y permite concluir que su efecto es superior al de *M. anisopliae*; sin embargo, esta eficiencia se podría mejorar con otro tipo de formulaciones del hongo, p. e. una formulación granulada, que permitiera una mayor permanencia en el suelo para evitar la lixiviación o arrastre causada por las lluvias.

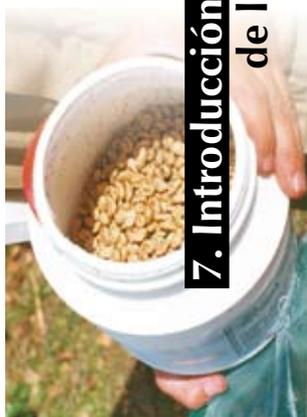
El hongo *B. bassiana* se ha utilizado en casi toda la zona cafetera infestada con broca, a través de un programa de introducción patrocinado por la Federación de Cafeteros lo que lo ha convertido en el factor de mortalidad natural más importante de la broca en Colombia. Durante 1995 se estimó que en promedio el 49% de la población total de broca murió a causa de este hongo (96).

6.6. Nuevos desarrollos

Las investigaciones actuales están dirigidas a mejorar la eficacia de estos hongos en el control de la broca.

Para esto se han realizado estudios de selección y caracterización de aislamientos de *B. bassiana* y *M. anisopliae* teniendo en cuenta su morfología (85), su patogenicidad (23, 66), sus características fisiológicas y de reproducción (105, 108) y utilizando técnicas moleculares (104). Recientemente se está intentando la transformación genética de estos hongos con genes que incrementen su virulencia y puedan ser más eficaces en el control de la broca del café en el campo (60).

7. Introducción de parasitoides de la broca del café



Con el fin de incrementar la fauna de enemigos biológicos de la broca se logró introducir tres especies de parasitoides desde África: *Cephalonomia stephanoderis* Betrem, *Prorops nasuta* Waterston y *Phymastichus coffea*. La Salle. La producción masiva de las dos primeras especies ha sido bien documentada (31, 83, 84, 87). Estos parasitoides se han liberado en los cafetales a través de actividades conjuntas con el Servicio de Extensión de la Federación Nacional de Cafeteros, con el propósito inicial de establecerlos en el ecosistema cafetero para que luego se distribuyeran a todos los cafetales infestados

con la broca. Los métodos de producción aún no son lo suficientemente de bajo costo para que se justifique su uso comercial.

7.1. *Cephalonomia stephanoderis* y *Prorops nasuta*

Estudios de campo han demostrado la viabilidad de *C. stephanoderis* y *P. nasuta* para reducir los niveles de infestación de la broca pero utilizando relaciones altas de parasitoides que oscilan entre 3 y 10 parasitoides por fruto infestado (10, 99)(Figura 11). Estos parasitoides atacan todos los estados de la broca cuando colonizan los frutos



Figura 11. *C. stephanoderis* y *P.nasuta* atacan todos los estados de la broca cuando colonizan frutos infestados.

infestados. Primero matan el adulto de la broca y se alimentan de su hemolinfa, luego consumen los huevos y las larvas de primer instar. Posteriormente paralizan las larvas de segundo instar, las prepupas y las pupas sobre las cuales ovipositan y se desarrollan (31). Debido a este comportamiento la acción de *C. stephanoderis* y *P. nasuta* está dirigida a los frutos maduros, sobremaduros y secos que no fueron recolectados y quedaron en el árbol. Por tanto, las épocas más oportunas para liberar las avispidas son: al terminar la cosecha principal y después de la mitaca.

Los parasitoides se liberan en los “focos” de la finca donde los niveles de infestación son más altos. No se recomienda su aplicación en forma generalizada debido a los altos costos de producción de los parasitoides (9).

El establecimiento de los parasitoides es evidente en todas las zonas donde se han liberado.

El parasitismo ocasionado por *C. stephanoderis*, es dependiente de las densidades de *H. hampei* y aumenta cuando las poblaciones de la broca son mayores (18). En estudios de campo se encontró que *C. stephanoderis* disminuyó

significativamente el número de estados biológicos de la broca, tanto en frutos recolectados en árboles como en frutos del suelo (7).

Observaciones en Nariño después de cuatro años de realizar liberaciones de las especies *P. nasuta* y *C. stephanoderis* en cafetales del Departamento, se comprobó su establecimiento en la región. Sin embargo, *P. nasuta* demostró más adaptación al medio ya que se encontró en mayor proporción y en más lugares que *C. stephanoderis* (90).

Tanto para *C. stephanoderis* como para *P. nasuta* se determinó que realizan una acción depredadora sobre los adultos que se encuentran colonizando los frutos. El nivel de ataque encontrado puede variar del 48% hasta 65% para *C. stephanoderis* (8). En el caso de *P. nasuta* estos niveles se han registrado

entre el 60 y 70% de predación (10).

7.2. *Phymastichus coffea* (Figura 12)

Un programa similar se adelanta con *Phymastichus coffea*, parasitoide de adultos de la broca.

Para esta especie también se ha desarrollado un proceso de producción masiva (84) y después de comprobar su selectividad a especies de Scolytidae (68) se autorizó su liberación en cafetales colombianos. *P. coffea* parasita el adulto de la broca que está penetrando los frutos, lo cual la hace un complemento ideal para las otras dos especies. En condiciones de campo se ha comprobado una alta capacidad de búsqueda

Figura 12.
Phymastichus coffea es un parasitoide de adultos de broca.



y adaptación de *P. coffea* sobre poblaciones de la broca (54, 110). Los estudios sobre dispersión han mostrado una buena capacidad para establecerse en el campo, aún en presencia de poblaciones de broca inferiores al 5% de infestación (111).

7.3. Compatibilidad de los parasitoides con otros métodos de control.

Los hongos *B. bassiana* y *M. anisopliae* bajo condiciones de campo cuando se expusieron a adultos de *C. stephanoderis*

y *P. nasuta* causaron mortalidades muy bajas.

Los entomopatógenos y los parasitoides se pueden emplear en un programa de manejo integrado de la broca del café, donde el intervalo de tiempo entre aplicación de los hongos y liberación de los parasitoides sea de 8 días para disminuir los riesgos de infección del parasitoide, los cuales de acuerdo con este estudio fueron inferiores al 7%. El riesgo se reduce si los parasitoides se liberan antes

de asperjar los hongos (69, 92).

En relación con el uso de insecticidas para el control de la broca se demostró que todos los productos con licencia del ICA causan altas mortalidades a los parasitoides introducidos en los cafetales. Sólo se recomienda la aspersión cuando han transcurrido como mínimo 30 días después de la liberación. Si los insecticidas se asperjan primero, se deben esperar 21 días (32, 62).

8. El uso de insecticidas

El uso de insecticidas para el control de la broca sólo se debe llevar a cabo cuando técnicamente se requiera, o sea, se justifique por los niveles de infestación en forma localizada, en el tiempo apropiado de ataque de la broca y con la tecnología de aspersión recomendada (112).

Los resultados de estudios llevados a cabo en Colombia (112), mostraron que la eficacia de los insecticidas se redujo a medida que el tiempo aumentó después de la infestación de la broca.

También se encontró que existen otras formulaciones diferentes al endosulfan de

igual o mayor eficacia en el control de *H. hampei* como, pirimifos metil, fenitrothion, clorpirifos, fenthion, de categoría toxicológica III y con una actividad biológica que no supera los 15 días, lo cual hace recomendable su uso en programas de manejo integrado en donde los insecticidas son uno de los componentes del control de la broca.

De este estudio se puede concluir que los insecticidas, independiente de la formulación, sólo son eficaces en el control de la broca cuando ésta se encuentra penetrando los frutos (Figura 13) y su uso obedece a un esquema de MIP donde priman



los criterios técnicos para evitar efectos adversos al ecosistema cafetero.

8.1. Eficacia de insecticidas en relación con el desarrollo de los frutos del café

El control de la broca con el uso de insecticidas es muy errático. Para explicar estas fallas se han estudiado diferentes factores que lo afectan como son el ingrediente activo utilizado, la correcta dosificación, la calibración tanto de los operarios como de los equipos, la topografía del terreno, las condiciones ambientales reinantes al hacer las aspersiones y el momento oportuno de las aspersiones relacionado con el ataque de la broca. Sin embargo, es muy poco lo que se conoce sobre el efecto de la edad de los frutos del café que son atacados por la broca y la eficacia de los insecticidas.

Figura 13.

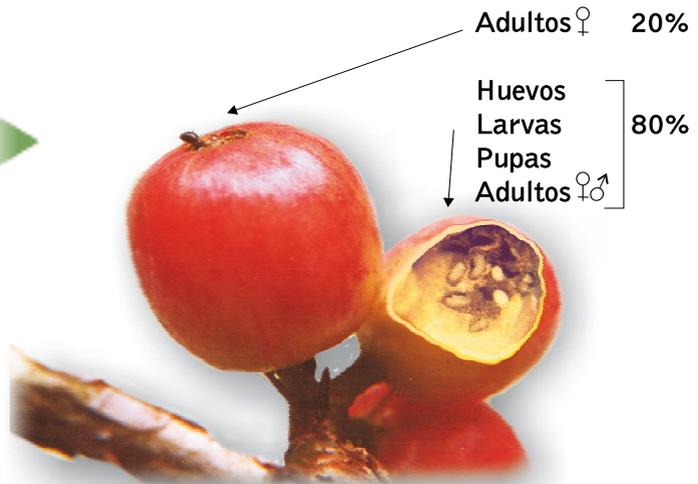
La eficacia de los insecticidas es muy errática debido al hábito de la broca de permanecer en el interior de los frutos. Sólo cuando sale el adulto a colonizar nuevos frutos se torna susceptible a estos productos. Por eso los niveles de control, considerando toda la población que existe en el interior de los frutos, son muy bajos.

Para todos los productos evaluados se encontró que la eficacia disminuyó a medida que se incrementó la edad del fruto. Todos los productos mostraron una eficacia superior al 98% cuando se asperjaron en las parcelas con frutos de edades entre 60 y 120 días. Ésta disminuyó a medida que se acercaron a los 210 días. Lo anterior se explica por el comportamiento de la broca que prefiere y se desarrolla más rápidamente en frutos de mayor edad. Durante el presente estudio se observó que sólo después de los 180 días de edad del fruto y al cabo de los tres días de infestación, la broca alcanzó la posición C (penetración total en la almendra o endospermo) en baja proporción. Este estudio

ratifica la hipótesis de que la edad del fruto incide en la eficacia de los insecticidas para el control de la broca del café².

8.2. Mezcla de insecticidas con coadyuvantes para el control de la broca del café

La eficacia de insecticidas químicos y la reducción de sus dosis para el control de la broca se puede lograr mediante la mezcla con coadyuvantes. En evaluaciones hechas en la zona central cafetera se demostró que la eficacia de algunos insecticidas se puede incrementar usando coadyuvantes en proporción de 0,75L /ha reduciéndose la dosis de insecticida de 1,5L /ha a 1,0L /ha.³



² Villalba, D.A.; Bustillo, A. E; Chaves, B. 1998. Eficacia de insecticidas para el control de la broca en relación con el desarrollo de los frutos del café (Informe interno no publicado). Cenicafé, Chinchiná, 11p.

³ Villalba, D. 1997. El uso de coadyuvantes para incrementar la eficacia de insecticidas en el control de la broca. Informe de labores, Disciplina de Entomología. Cenicafé, Chinchiná, 15p.

9. Evaluación del MIB en los cafetales



Los resultados sobre evaluación de la adopción del manejo integrado de la broca MIB, en fincas cafeteras constataron que las recomendaciones derivadas de los estudios aquí descritos permiten disminuir las poblaciones de la broca en los cafetales, para que el caficultor pueda seguir produciendo café tipo “Federación” (19, 20, 21).

Las labores de control cultural como el Re - Re y el impedimento del escape de la broca en el beneficio son un pilar fundamental para evitar altas infestaciones en las cosechas subsiguientes.

El uso del control biológico con *B. bassiana* constituye un factor de mortalidad para la broca muy importante cuando ésta se encuentra en posición de entrada en el fruto, lo cual es complementado por la acción de *C. stephanoderis* y *P. nasuta* que atacan la broca cuando su progenie se desarrolla dentro del fruto.

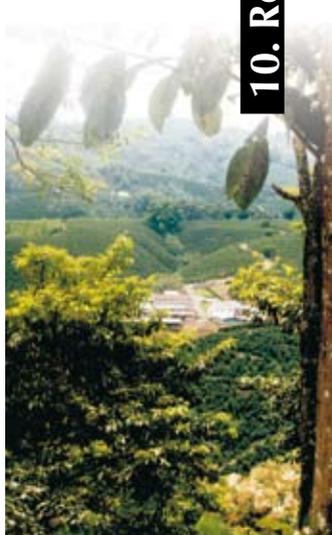
El uso de insecticidas es eficaz para el tratamiento de focos de broca; sin embargo, este método de control se debe hacer siguiendo criterios técnicos, aplicándolos en el momento

oportuno de ataque de la plaga con equipos de aspersión calibrados, operarios capacitados y utilizando la formulación apropiada de categoría toxicológica III para no causar efectos deletéreos al ecosistema cafetero.

Este enfoque de control de la broca del café es el más ecológico y permite mantener la biodiversidad de la zona cafetera, evitar el surgimiento de otras plagas y lo más importante, al hacer un uso racional de los insecticidas prevenir la contaminación ambiental y los riesgos sobre las 550.000 familias que habitan estas áreas.

Estudios sobre adopción del manejo integrado de la broca realizados en 1996 por parte de los cafeteros en Colombia, mostraron un índice de adopción del 60%, el cual es considerado alto tratándose de que el MIB es un concepto o filosofía de manejo de plagas que en ocasiones es difícil de entender (53).

10. Recomendaciones para cafeteros



La broca del café, *Hypothenemus hampei*, es la plaga más importante del café y debido al hábito de ataque al permanecer la mayor parte de su vida en el interior de los frutos hace su control muy complicado. Para lograr un control eficiente es necesario establecer en forma integrada una serie de medidas que el caficultor debe seguir para poder ser exitoso en la producción de café en presencia de la broca.

A continuación se presenta el listado de labores que se recomienda realizar en la finca:

10.1. En fincas a cargo de un **administrador**, se debe procurar tener una persona de confianza con capacidad para asimilar los conceptos básicos sobre la broca y ponerlos en práctica. Además, es necesario contar con personal calificado (“plagueros”) para que ejecuten las evaluaciones de infestación de broca y personal capaz de realizar aspersiones de insecticidas adecuadamente. Por otra parte, se debe hacer conciencia sobre los cosecheros acerca del daño de la broca y de, cómo de ellos depende en buena parte que permanezca en los cafetales.

10.2. Las fincas cafeteras deben estar **divididas en lotes** de diferentes edades siguiendo un plan de renovación que permita mantener los cafetales jóvenes y productivos. Esto facilita planear las labores de control de la broca ya que el manejo de cada lote será diferente de acuerdo con su edad y el nivel de infestación.

10.3. El tener el cafetal con **variedad Castillo®** además de los beneficios de no hacerse necesario el control de la roya, permite el uso del hongo *Beauveria bassiana* sin la interferencia de fungicidas que se utilizan para el control de la roya; además, los frutos de la variedad Castillo® no caen tan rápido como los de Caturra, lo que hace posible programar mejor las recolecciones oportunas de los frutos maduros.

10.4. Las desyerbas selectivas con el **selector de arvenses**, además de dejar que prosperen las arvenses nobles, conservar los suelos y reducir los costos de las desyerbas, fomentan la fauna de insectos benéficos que controlan los insectos plagas del café al alimentarse del néctar de las flores de estas plantas.

10.5. Las **deschuponadas o podas** oportunas en el cafetal permiten mantener el número de tallos apropiados a las densidades originales del cultivo; además, facilitan la cosecha del café y los repases, lo cual disminuye el número de frutos presentes en la planta luego de la cosecha y que posteriormente pueden caer al suelo generando más poblaciones de broca.

10.6. Los **registros de floración** son importantes para establecer la edad de los frutos, ya que se conoce que la broca puede reproducirse en aquellos frutos de más de 150 días de edad.

Sin embargo, es posible encontrar broca perforando frutos de menor edad cuando la población es demasiado alta, aunque en ellos no se reproduce.

10.7. Durante la **cosecha** es importante supervisar esta labor procurando seleccionar los mejores cosecheros, inculcándoles que es necesario hacer recolecciones eficientes sin dejar frutos en los árboles, evitando así su caída al suelo.

Como norma debe establecerse que después de un pase de cosecha se debe evaluarla y si en promedio se encuentran más de cinco frutos maduros en

los árboles, la cosecha fue deficiente.

10.8. El **programa de manejo** de la broca se inicia con una recolección exhaustiva de todos los frutos secos y su tratamiento en agua caliente o si se requiere, sumergiéndolos en suspensiones insecticidas.

10.9. Posteriormente se debe establecer un programa de **cosechas oportunas** de frutos maduros y sobremaduros evitando que caigan al suelo o permanezcan secos en los árboles.

10.10. Una vez hechas las recolecciones de frutos maduros se inician las **evaluaciones de infestación** mensuales en cada uno de los lotes. Esto permite tomar decisiones de control y evaluar estas acciones en los lotes y así establecer el estado general de la finca.

10.11. Cuando se utilice una **medida de control contra la broca**, debe evaluarse. La evaluación se hace al mismo tiempo que se determina la infestación, recolectando 3 ó 4 frutos infestados con broca de cada rama para tener una muestra de unos 100 frutos brocados por lote. Luego se disecan para contar el número de brocas muertas del total examinado y estimar el porcentaje de mortalidad. Al hacer esta evaluación también se deben

hacer observaciones sobre la posición de la broca dentro del fruto.

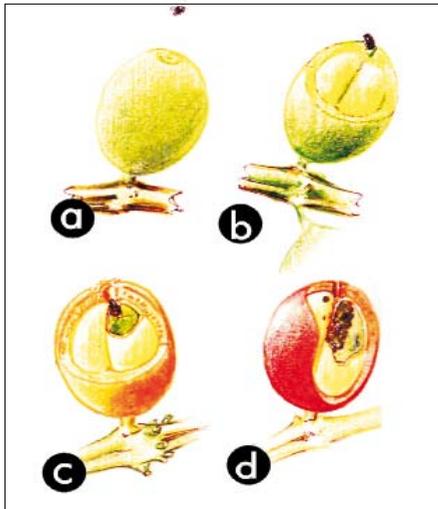
La posición **A** se refiere a una broca que inicia la perforación del fruto; la posición **B** muestra una broca en el canal de penetración; en la posición **C** la broca está perforando la almendra; y finalmente la posición **D** muestra una broca con su descendencia (huevos, larvas y pupas) (Figura 14).

10.12. El **nivel de infestación** es una medida indirecta de la cantidad de broca que existe en un cafetal.

Los estudios han mostrado que en Colombia no se pueden permitir **niveles superiores al 5%** durante la cosecha para producir café tipo Federación. Sin embargo, cuando no hay cosecha, debido a la dinámica de la broca, estos niveles se deben mantener por debajo del 2%.

10.13. Cuando los niveles de infestación lo ameriten y una proporción alta (>50%) de los frutos infestados se encuentren con la broca penetrando o en el canal de penetración (posiciones A y B), se justifica tomar **medidas de control** con insecticidas (p. e. fenitrothion, pirimifos-methyl, fenthion) y/o bioinsecticidas (p. e., *Beauveria bassiana*). Generalmente se ha observado que la aspersión

Figura 14.
Posiciones de la broca del café en relación con el ataque a los frutos del café



del hongo en el momento oportuno ejerce un buen control de la broca.

10.14. Al determinar las infestaciones, el evaluador se puede dar cuenta que el **ataque de la broca no es uniforme** en todo el lote y que existen áreas donde es más concentrado. Con la ayuda de los mapas de la finca y señales en los árboles, estos sitios se pueden ubicar fácilmente y las aspersiones con hongo y/o insecticidas se pueden concentrar en estos "focos" o "puntos calientes."

10.15. Las aspersiones de hongos e insecticidas sólo son eficaces cuando la broca está penetrando el fruto.

El hongo se debe asperjar durante la **época de cosecha**, cuando por el efecto de ésta muchos adultos dejan el fruto y van a infestar los frutos verdes que quedan en los árboles.

Al mismo tiempo se debe asperjar la base de los árboles para infectar las brocas que salgan de los frutos caídos.

El hongo tiene la ventaja de que no restringe la entrada de los cosecheros al cafetal y se perpetua al reproducirse sobre la broca para infectar otras, mucho tiempo después de su aspersión.

10.16. La liberación de avispitas se debe realizar hacia

finales de la cosecha cuando quedan frutos maduros brocados sin recolectar en los cuales pueden establecerse.

La fase inicial de este programa tiende al establecimiento de los parasitoides en los cafetales con broca, por tanto, se debe evitar el uso de insecticidas y favorecer su recuperación y distribución.

10.17. Durante la cosecha debe evitarse que la broca que se encuentra dentro de los frutos cosechados **vuelva al cafetal**, para lo cual se recomienda:

- ▶ **Vaciar** con frecuencia los "cocos de recolección" en los costales.
- ▶ Los costales deben ser en **fibra sintética** y permanecer amarrados durante la cosecha para evitar el escape de la broca.
- ▶ Estos costales **no deben permanecer** todo el día dentro del cafetal, deben llevarse al beneficiadero para su despulpado al medio día y hacia el final de la labor diaria.
- ▶ Si se observa que de la pulpa emergen muchos adultos de broca, ésta se puede **tratar con insecticidas de baja residualidad** como malathion al 0,4% y/o aspersiones del hongo *B. bassiana*.

► En los desagües de las aguas provenientes del despulpado y del lavado del café debe colocarse una **ma-lla que capture los adultos de broca** que salen de los frutos.

► Si se dispone de una **fosa** para depositar la pulpa, ésta se debe tapar con un plástico impregnado de pegante para evitar el escape de las brocas.

► En caso de tener un **silo para el secado**, se debe dar prioridad al café proveniente de lotes muy infestados para eliminar rápidamente los huevos, larvas y pupas que quedan en el interior de la almendra.

► En caso contrario se deben usar secadores parabólicos o **marquesinas** cubiertas con plástico y con los extremos cubiertos con tela nylon, para evitar el escape de la broca. En estas marquesinas también pueden secarse los frutos “guayaba” infestados de broca.

► Los cafeteros que han adoptado el sistema de beneficio ecológico **BECOLSUB**, tienen una gran ventaja ya que mediante este sistema el proceso de beneficio del café es más rápido, evitando así el escape a través de las aguas de lavado. Por otra parte este sistema permite una mejor separación del grano pergamino brocado, ya que el grano muy afectado colapsa con la máquina y se separa en el sobrenadante. Además, se puede proceder a secar el café pergamino inmediatamente en un silo, matando todos los estados de broca que se encuentren en el café.

10. 18. La renovación por zoca se debe realizar inmediatamente después de la cosecha principal cuando se ha hecho una buena recolección de frutos. En estos árboles no se deben cortar ramas sin antes recoger los frutos infestados por la broca, ya que toda

la población ahí presente se dispersa a los cafetales vecinos. Además, se deben dejar líneas de **árboles trampa** y cosecharlos con frecuencia. Estos árboles permanecerán en el cafetal entre 45 y 60 días, tiempo después del cual se le retira la totalidad de sus frutos para tratarlos apropiadamente y proceder a zoquear los cafetos. Los árboles aledaños al cafetal renovado por zoca, deberán ser **observados semanalmente** para detectar poblaciones de broca penetrando los frutos que provengan del suelo.

De la magnitud de estas poblaciones dependerá la decisión de realizar aspersiones con hongo o con un insecticida.

El material en el suelo se puede asperjar las veces que sea necesario con hongo para infectar los adultos de broca que estén emergiendo.

1. ALVARADO A., G.; MORENO R., G.. ¿Cómo se distribuye anualmente la cosecha de las variedades Caturra y Colombia?. Avances Técnicos Cenicafé No. 260: 1-4. 1999
2. ÁLVAREZ G., J. Despulpado de café sin agua. Avances Técnicos Cenicafé No. 164: 1-8. 1991.
3. ANDREWS, K.L.; QUEZADA, J.R. Manejo integrado de plagas insectiles en la agricultura: Estado actual y futuro. Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano, Honduras, 1989. 623p.
4. ANTÍA L., O. P.; POSADA F., F.J.; BUSTILLO P., A.E.; GONZÁLEZ G., M.T. Producción en finca del hongo *Beauveria bassiana* para el control de la broca del café. Avances Técnicos Cenicafé No. 182:1-12. 1992.
5. ARCILA P., J.; BUSTILLO P., A.E.; CHAVES C., B. Estudio de la cepa Bb9205 de *Beauveria bassiana* en el control de la broca del café. Cenicafé, en revisión. 2002. 20p.
6. ARCILA P., J.; JARAMILLO R., A.; BALDIÓN R., V.; BUSTILLO P., A.E. La floración del café y su relación con el control de la broca. Avances Técnicos Cenicafé No.193: 1-8. 1993.
7. ARISTIZÁBAL, L.F.; BAKER, P.S.; OROZCO H., J.; CHAVES C., B. Parasitismo de *Cephalonomia stephanoderis* Betrem sobre una población de *Hypothenemus hampei* (Ferrari) con niveles bajos de infestación en campo. Revista Colombiana de Entomología, 23 (3-4): 157-164. 1997
8. ARISTIZÁBAL, L.F.; BUSTILLO P., A.E.; BAKER, P.S.; OROZCO H., J.; CHAVES C., B.. Efecto depredador del parasitoide *Cephalonomia stephanoderis* (Hymenoptera: Bethyilidae) sobre los estados inmaduros de *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae) en condiciones de campo. Revista Colombiana de Entomología, 24 (1-2): 35-42. 1998.
9. ARISTIZÁBAL, L.F.; BUSTILLO P., A.E.; OROZCO H., J.; CHAVES C., B. Efecto del parasitoide *Cephalonomia stephanoderis* (Hymenoptera: Bethyilidae) sobre las poblaciones de *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae) durante y después de la cosecha. Revista Colombiana de Entomología, 24 (3-4): 149-155. 1998.
10. BACCA, R. T. Efecto del parasitoide *Prorops nasuta* Waterston (Hymenoptera: Bethyilidae) sobre poblaciones de broca del café *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Scolytidae). Santafé de Bogotá, Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Agronomía. 1999. 186 p. (Tesis: Maestría en Ciencias Agrarias)
11. BAKER, P.S. Some aspects of the behavior of the coffee berry borer in relation to its control in southern Mexico (Coleoptera: Scolytidae). Folia Entomológica Mexicana 62: 9-24. 1984
12. BAKER, P.S. A sampling plan for a control project against the coffee berry borer (*Hypothenemus hampei*) in Mexico. Tropical Pest Management, 35 (2):169-172. 1989
13. BAKER, P.S.; BARRERA, J.F.; VALENZUELA, J.E. 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. 1989
14. BAKER, P.S.; BARRERA, J.F.; RIVAS, A. Life history studies of the coffee berry borer (*Hypothenemus hampei*, Scolytidae) on coffee trees in southern Mexico. J. of Appl. Ecol., 29: 656-662. 1992
15. BAKER, P.S.; LEY, C.; BALBUENA, R.; BARRERA, J.F. Factors affecting the emergence of *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae) from coffee berries, Mexico, Bull. Ent. Res., 82: 145-150. 1992
16. BAKER, P.S.; RIVAS, A.; BALBUENA, R.; LEY, C.; BARRERA, J.F. Abiotic mortality factors of the coffee berry borer (*Hypothenemus hampei*). Entomol. Exp. Appl., 71: 201-209. 1994
17. BATISTA Filho, A.; ABRAHÃO, J.; BASTOS CRUZ, B.P. Contribuição ao estudo de *Hypothenemus hampei* (Ferrari 1867). Arquivos do Instituto Biológico, São Paulo, 55(1/4): 37-41. 1988.
18. BENAVIDES M., P.; BUSTILLO P., A.E.; MONTOYA R., E.C. Avances sobre el uso del parasitoide *Cephalonomia stephanoderis* para el control de la broca del café, *Hypothenemus hampei*. Revista Colombiana de Entomología, 20 (4): 247-253. 1994

19. BENAVIDES M., P.; CÁRDENAS M., R. Experiencias de campo en manejo integrado de broca del café *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae). Memorias XXII Congreso de SOCOLEN. Bogotá, Julio 26 - 28, 1995. p. 74-78.
20. BENAVIDES M., P.; CÁRDENAS M., R. Experiencias de campo en manejo integrado de broca del café *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae). Memorias XXII Congreso de SOCOLEN. Bogotá, Julio 26 - 28, 1995. p. 74-78.
21. BENAVIDES M., P.; BUSTILLO P., A.E.; CÁRDENAS M., R.; MONTOYA R., E.C. Experiencias de manejo integrado de la broca del café y su evaluación biológica y económica en Colombia. Revista Folia Entomológica Mexicana. 1999. (En imprenta).
22. BERGAMIN, J. Contribuição para o conhecimento da biologia da broca do café *Hypothenemus hampei* (Ferrari, 1867) (Col. Ipidae). Arquivos do Instituto Biológico, São Paulo, 14: 31-72. 1943
23. BERNAL, M.G.; BUSTILLO P., A.E.; POSADA F., F.J. Virulencia de aislamientos de *Metarhizium anisopliae* y su eficacia en campo sobre *Hypothenemus hampei*. Revista Colombiana de Entomología, 20 (4):225-228. 199
24. BRUN, L.O.; MARCILLAUD, C.; GAUDICHON, V.; SUCKLING, D.M. Endosulfan resistance in *Hypothenemus hampei* (Coleoptera:Scolytidae) in New Caledonia. J. Econ. Entomol., 82 (5): 1312-1316.1989.
25. BUSTILLO P., A.E. Perspectivas de manejo integrado de la broca del café, *Hypothenemus hampei* en Colombia. Sociedad Colombiana de Entomología (Socolen), Medellín, Colombia. Miscelánea No 18, 1991. p. 106-118.
26. BUSTILLO P, A.E.; CASTILLO, H.; VILLALBA G., D.A.; MORALES, E.; VÉLEZ, P.E. Evaluaciones de campo con el hongo *Beauveria bassiana* para el control de la broca del café, *Hypothenemus hampei* en Colombia. Colloque International sur le Café, 14e. San Francisco, 1991. p.679-686.
27. BUSTILLO P., A.E.; VILLALBA G., D.A.; CHAVES C., B. Consideraciones sobre el uso de insecticidas químicos en la zona cafetera en el control de la broca del café, *Hypothenemus hampei*. In: Memorias Congreso SOCOLEN, 20. Cali, 1993. p.152-158.
28. BUSTILLO P., A.E. Utilización del control biológico clásico en un programa de manejo integrado: El caso de la broca del café, *Hypothenemus hampei*, en Colombia. In: Memorias Curso Internacional Manejo Integrado de Plagas, ICA- Universidad de Nariño, nov. 27-dic. 1, 1995, San Juan de Pasto. 1995. p.143-148
29. BUSTILLO P., A.E.; VILLALBA G., D.A.; OROZCO H., J.; BENAVIDES M., P.; REYES, I.C.; CHAVES C., B. 1995. Integrated pest management to control the coffee berry borer, *Hypothenemus hampei*, in Colombia. In: Colloque International sur le Cafe, 16. Kyoto, 1995. p. 671-680.
30. BUSTILLO P., A.E.; POSADA F., F.J. El uso de entomopatógenos en el control de la broca del café en Colombia. Manejo Integrado de Plagas 42: 1-13. 1996
31. BUSTILLO P., A.E.; OROZCO H., J.; BENAVIDES M., P.; PORTILLA R., M. Producción masiva y uso de parasitoides para el control de la broca del café, *Hypothenemus hampei*, en Colombia. Cenicafé 47 (4): 215-230. 1996
32. BUSTILLO P., A.E.; CÁRDENAS M., R.; VILLALBA G., D.A.; BENAVIDES M., P.; OROZCO H., J.; POSADA F., F.J. Manejo integrado de la broca del café, *Hypothenemus hampei* (Ferrari) en Colombia. Chinchiná, Cenicafé, 1998. 134p.
33. BUSTILLO P., A.E.; BERNAL, M.G.; CHAVES C., B.; BENAVIDES M., P. Dynamics of *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* infecting *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae) populations emerging from fallen coffee berries. Florida Entomologist 82 (4): 491-498. 1999
34. CAMAYO V., G.C.; ARCILA P., J. Desarrollo floral del cafeto en condiciones de la zona cafetera colombiana (Chinchiná - Caldas). Avances Técnicos Cenicafé No. 245:1-8. 1997.
35. CÁRDENAS M., R. 1983. La araña roja del cafeto *Oligonychus yothersi* McGregor. Avances Técnicos Cenicafé No. 110:1-2. 1983.
36. CÁRDENAS M., R. La palomilla de las ramas del cafeto *Planococcus citri* (Risso) (Homoptera: Pseudococcidae.) Avances Técnicos Cenicafé No. 125:1- 2p. 1985.

37. CÁRDENAS M., R. La broca del café *Hypothenemus hampei* (Ferrari 1867). In: Seminario sobre broca del café. Socolen, Medellín, 21 de mayo de 1990. Miscelánea No.18, 1991. p.1 - 13.
38. CÁRDENAS G., J. La industria del café en Colombia. Ensayos sobre la Economía Cafetera 9: 3-15. 1993
39. CASTAÑO S., A. Determinación del patrón de ataque de la broca *Hypothenemus hampei* (Ferrari), a los frutos del café en diferentes situaciones del cultivo. Manizales (Colombia). Universidad de Caldas. Facultad de Ciencias Agropecuarias, 1997. 46 p. (Tesis: Ingeniero Agrónomo).
40. CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE CAFÉ, Cenicafé. ¿Cómo renovar cafetales que presenten infestaciones de la broca del café?. Brocarta No. 21. 2a. edición, mayo 30 de 1995. 4p.
41. CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE CAFÉ, Cenicafé. Cosecha de lotes calientes. Brocarta No. 28, febrero 28 de 1995. 2p.
42. CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE CAFÉ, Cenicafé. ¡Cuidado con los frutos secos en su cafetal!. Brocarta No. 26, octubre 30 de 1994. 2p.
43. CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE CAFÉ, Cenicafé. Recomendaciones para manejar el grano cosechado en el Re - Re de los lotes más infestados con broca. Brocarta No. 25, octubre 22 de 1994. 1p.
44. CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE CAFÉ, Cenicafé. Influencia de las lluvias sobre la dispersión de la broca. Brocarta No. 32, septiembre 30 de 1997. 2p.
45. CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE CAFÉ, Cenicafé. La broca del café y su relación con los fenómenos climáticos. Brocarta No. 34. febrero 28 de 1998. 4p.
46. COCHRAN, W.G. Sampling techniques. 3rd ed., John Wiley and Sons, New York, 1977. 428p.
47. CORBETT, G.H. Some preliminary observations on the coffee berry beetle borer *Stephanoderes (Cryphalus) hampei* Ferr. Malayan Agricultural Journal (Malaya), 21(1):8-22. 1933.
48. CHAMORRO, T.G.; CÁRDENAS M., R.; HERRERA, H.A. Evaluación económica y de la calidad en taza del café proveniente de diferentes sistemas de recolección manual, utilizables como control en cafetales infestados de *Hypothenemus hampei*. Cenicafé 46(3): 164-175. 1995.
49. DECAZY, B. Descripción, biología, ecología y control de la broca del fruto del cafeto, *Hypothenemus hampei* (Ferr.). In: 50 años de Cenicafé 1938-1988, Conferencias conmemorativas, p.133-139. Chinchiná, 1990. 255p.
50. DECAZY, B. Métodos de muestreo para la determinación de poblaciones críticas de la broca del fruto del cafeto *Hypothenemus hampei* (Ferr.). In: 50 años de Cenicafé 1938-1988, conferencias conmemorativas, p.140-145. Chinchiná, Colombia, 1990. 255p.
51. DECAZY, B. Niveles y umbrales de daños económicos de las poblaciones de la broca del fruto del cafeto, *Hypothenemus hampei* (Ferr.). In: 50 años de Cenicafé, 1938-1988, conferencias conmemorativas, 1990. p.146-149.
52. DÍAZ, Y.; MARÍN, H.F. Evaluación de los frutos de café dejados después de Las recolecciones durante un ciclo productivo del cultivo en dos municipios del Departamento de Caldas. Universidad de Caldas, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Manizales, 1999. 96 p. 31 Refs. (Tesis: Ingeniero Agrónomo)
53. DUQUE O., H.; CHAVES C., B. Estudio sobre adopción del manejo integrado de la broca del café. Chinchiná, Cenicafé, 2000. 90p.
54. ECHEVERRY, O.A. Determinación del impacto de *Phymastichus coffea* La Salle (Hymenoptera: Eulophidae) sobre poblaciones de broca del café *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Scolytidae), en la zona cafetera. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agropecuarias - Palmira. 1999. 113 p. 64 Refs. (Tesis Ingeniero Agrónomo)
55. ELLIOTT, J.M. Statistical analysis of samples of benthic invertebrates. Freshwater Biological Association, Scientific Publication No. 25, 1977. 159p.

56. FAJARDO, I.E.; SANZ, J.R. Dinámica en los procesos de beneficio tradicional y ecológico, de los granos afectados por la broca del café. *Cenicafé* 50 (2): 136-144. 1999.
57. FFRENCH-CONSTANT, R.H.; STEICHEN, J.C.; BRUN, L.O. A molecular diagnostic for resistance in the coffee berry borer *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae). *Bull. Entomol. Res.*, 84: 11-16. 1994.
58. FLÓREZ, E.; BUSTILLO P., A.E.; MONTOYA R., E.C. Evaluación de equipos de aspersión para el control de *Hypothenemus hampei* con el hongo *Beauveria bassiana*. *Cenicafé* 48 (2): 92- 98. 1997.
59. GAVIRIA, A.H.; CÁRDENAS M., R.; MONTOYA R., E.C.; MADRIGAL, A. Incremento poblacional de la broca del café *Hypothenemus hampei* relacionado con el desarrollo del fruto del cafeto. *Revista Colombiana de Entomología* 21(3): 145-151. 1995.
60. GÓNGORA B., C.E.; WANG, S.; BARBEHENN, R.V.; BROADWAY, R.M. Chitinolytic enzymes from *Streptomyces albidoflavus* expressed in tomato plants: effects on *Trichoplusia ni*. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 99: 193-204. 2001.
61. GONZÁLEZ G., M.T.; POSADA F., F.J.; BUSTILLO P., A.E. Desarrollo de un bioensayo para evaluar la patogenicidad de *Beauveria bassiana* sobre *Hypothenemus hampei*. *Cenicafé* 44(3): 93-102. 1993.
62. GUZMÁN, D.B. Efecto de varios insecticidas sobre el parasitoide de la broca del café *Cephalonomia stephanoderis* Betrem (Hymenoptera: Bethyilidae). Manizales (Colombia). Universidad de Caldas. Facultad de Ciencias Agropecuarias. 1996. 131 p. 85 Refs. (Tesis: Ingeniero Agrónomo).
63. HERRERA, H.A. Búsqueda de sustancias atrayentes para la broca del café *Hypothenemus hampei* (Ferrari 1867). Universidad de Caldas. Facultad de Ciencias Agropecuarias- Manizales (Colombia). 1997. 57 p., 39 Refs. (Tesis: Ingeniero Agrónomo).
64. INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO. ICA. Lista de insectos dañinos y otras plagas en Colombia. 4 ed. Boletín Técnico No. 43. 1989. 662 p.
65. JARAMILLO R., A.; GUZMÁN M, O. Relación entre la temperatura y el crecimiento en *Coffea arabica* L. variedad caturra. *Cenicafé* 35(3):57-65. 1984.
66. JIMÉNEZ, J. A. Patogenicidad de diferentes aislamientos de *Beauveria bassiana* sobre la broca del café. *Revista Cenicafé*, 43(3): 84-88. 1992
67. LE PELLEY, R. H. 1968. Pests of coffee. Longmans, Green and Co. Ltd., London. 590p.
68. LÓPEZ-VAAMONDE, C.; BAKER, P.S.; COCK M., J.W.; OROZCO H., J. Dossier on *Phymastichus coffea* (Hymenoptera: Eulophidae, Tetrastichinae), a potential biological control agent for *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae), in Colombia. CABI, IIBC, Ascot, UK & Cenicafé, Chinchiná, Colombia. 1997. 23p.
69. MEJÍA, J. W.; BUSTILLO P., A.E.; OROZCO H., CHAVES C., B. Efecto de cuatro insecticidas de *Beauveria bassiana* sobre *Prorops nasuta* (Hymenoptera: Bethyilidae), parasitoide de la broca del café. *Revista Colombiana de Entomología*, 26 (3-4):117-123. 2000.
70. MESTRE M., A.; OSPINA O., H.F. Estabilización de la producción en las fincas cafeteras. *Avances Técnicos Cenicafé* No. 200:1- 4p. 1994.
71. MESTRE M., A.; OSPINA O., H.F. Manejo de los cafetales para estabilizar la producción en las fincas cafeteras. *Avances Técnicos Cenicafé* No. 201:1- 8p. 1994
72. MESTRE M., A.; SALAZAR A., J.N. Producción de cafetales establecidos con una y dos plantas por sitio. *Avances Técnicos Cenicafé* No. 213:1- 2. 1995
73. MIGUEL, A.E.; PAULINI, A.E. Velocidade de penetração da broca do café *Hypothenemus hampei* (Ferrari) no fruto do café. In: Congresso Brasileiro de pesquisas Cafeeiras, 3. Resumos. Curitiba, 18-21. Novembro 1975. Rio de Janeiro, IBC, 1975. p.50-52
74. MONTOYA, S.; CÁRDENAS M., R. Biología de *Hypothenemus hampei* (Ferrari) en frutos de café de diferentes edades. *Cenicafé* 45:5-13. 1994.
75. MORALES, E.; CRUZ, F.; OCAMPO, A.; RIVERA, G.; MORALES, B. Una aplicación de la biotecnología para el control de la broca del café. In: Colloque Scientifique International sur le Café, 14. San Francisco. 14-19 Juillet 1991, Paris, ASIC. 1991. p. 521-526.
76. MORENO, D.; BUSTILLO P., A.E.; BENAVIDES M., P.; MONTOYA R., E.C. Escape y la mortalidad de *Hypothenemus hampei*, durante la recolección y el beneficio húmedo tradicional del café. *Cenicafé*. 52(2): 111-116. 2001.

77. MUÑOZ, R. 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: 4-14. 1988.
78. MUÑOZ, R. Ciclo biológico y reproducción partenogenética del café, *Hypothenemus hampei* (Ferr.). Turrialba, 39 (3): 415-421. 1989.
79. NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES. (NCA). Insect- pest management and control. Principles of plant and animal pest control, vol. 3. Publication 1695, Washington, D. C., 1969. 508p.
80. NARVÁEZ, M.; GONZÁLEZ G., M.T.; BUSTILLO P., A.E.; CHAVES C., B; MONTOYA R., E.C. Producción de esporas de aislamientos de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* en diferentes sustratos. Revista Colombiana de Entomología 23 (3-4): 125-132. 1997.
81. OLIVEROS T., C.E.; ROA M., G. El desmucilaginado mecánico del café. Avances Técnicos Cenicafe No. 216:1- 4. 1995.
82. OLIVEROS T., C.E.; SANZ U., J.R.; RAMÍREZ, C.A.; ÁLVAREZ, J.R.; ROA M., G.; ÁLVAREZ, J. Desmucilaginosos mecánicos de café. Avances Técnicos Cenicafe No. 217: 1-4. 1995.
83. OROZCO H., J. Uso de parasitoides de origen africano para el control de la broca en Colombia. Memorias XXII Congreso de SOCOLEN. Bogotá, Julio 26 - 28, 1995. p. 102-108.
84. OROZCO H., J.; ARISTIZÁBAL, L.F. Parasitoides de origen africano para el control de la broca del café. Avances Técnicos Cenicafe No. 223. Chinchiná, enero de 1996.
85. PADILLA, G.N.; BERNAL, M.G.; VÉLEZ, P.E.; MONTOYA R., E.C. Caracterización patogénica y morfológica de aislamientos de *Metarhizium anisopliae* obtenidos de diferentes órdenes insectiles. Cenicafe 51 (1): 28-40. 2000.
86. PERALTA, J. Diagnóstico de la labor de recolección y repase para el manejo de la broca del café *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Scolytidae) por agricultores. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Agropecuarias- Palmira. 1995. 71 p. 28 Refs. (Tesis: Ingeniero Agrónomo).
87. PORTILLA, M.; BUSTILLO P., A.E. Nuevas investigaciones en la cría masiva de *Hypothenemus hampei* y de sus parasitoides *Cephalonomia stephanoderis* y *Prorops nasuta*. Revista Colombiana de Entomología 21 (1): 25-33. 1995.
88. POSADA F., F.J. Control biológico de la broca del café *Hypothenemus hampei* (Ferrari) con hongos. In: CONGRESO de la Sociedad Colombiana de Entomología (SOCOLEN), 20. Cali (Colombia), julio 13-16, 1993. Memorias. Cali (Colombia), 1993. p.137-151.
89. POSADA F., F.J.; BUSTILLO P., A.E. El hongo *Beauveria bassiana* y su impacto en la caficultura colombiana. Agricultura Tropical 31 (3): 97 - 106. 1994.
90. QUINTERO, C.; BUSTILLO P., A.E.; BENAVIDES M., P.; CHAVES C., B. Evidencias del establecimiento de *Cephalonomia stephanoderis* y *Prorops nasuta* (Hymenoptera: Bethyilidae) en cafetales del departamento de Nariño, Colombia. Revista Colombiana de Entomología 24 (3-4): 141-147. 1998.
91. RABB, R. L.; GUTHRIE, F.E. Concepts of pest management. Proceedings of a conference held at North Carolina State Univ. at Raleigh, March 25-27, 1970. 242p.
92. REYES, I.C.; BUSTILLO P., A.E.; CHAVES C., B. Efecto de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* sobre el parasitoide de la broca del café, *Cephalonomia stephanoderis*. Revista Colombiana de Entomología, 21 (4): 199-204. 1995.
93. RIVERA P., H. Establezca coberturas nobles en su cafetal utilizando el selector de arvenses. Avances Técnicos Cenicafe No. 235:1- 8. 1997.
94. RIVERA P., H. El selector de arvenses modificado. Avances Técnicos Cenicafe No. 271:1-4. 2000.
95. RIVERA M., A.; BUSTILLO P., A.E.; MARÍN M., P. Compatibilidad de dos aislamientos de *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuill., en mezcla con insecticidas usados en el control de la broca del café *Hypothenemus hampei* (Ferrari). Revista Colombiana de Entomología 20(4): 209-214. 1994.
96. RUIZ, R. 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, Manizales (Colombia), 1996. 87 p. 62 Refs. (Tesis: Ingeniero Agrónomo).
97. RUIZ, L.; BUSTILLO P., A.E.; POSADA F.; F.J.; GONZÁLEZ G., M.T. Ciclo de vida de *Hypothenemus hampei* en dos dietas merídicas. *Cenicafé* 47(2): 77-84. 1996.
 98. SALDARRIAGA, G. Evaluación de prácticas culturales en el control de la broca del café *Hypothenemus hampei* (Ferrari 1867) (Coleoptera: Scolytidae). Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Medellín. 1994. 57p., 26 Refs. (Tesis: Ingeniero Agrónomo).
 99. SALAZAR, H. M. Efecto de las liberaciones inundativas de *Cephalonomia stephanoderis* (Hymenoptera: Bethyilidae), para el control de la broca del café *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae), en fincas comerciales. Manizales (Colombia). Universidad de Caldas. Facultad de Ciencias Agropecuarias. 1998. 53p. 38 Refs. (Tesis: Ingeniero Agrónomo).
 100. SALAZAR, M. R.; ARCILA P., J.; RIAÑO H., N.M.; BUSTILLO P., A.E. Crecimiento y desarrollo del fruto del café y su relación con la broca. *Avances Técnicos Cenicafé* No. 194:1-4. 1993
 101. SOUTHWOOD, T.R.E. *Ecological methods, with reference to the study of insect populations*. 2nd ed., John Wiley and Sons, New York. 1978. 524p.
 102. TAYLOR, L.R. Assessing and interpreting the spatial distributions of insect populations. *Ann. Rev. Entomol.*, 29:321-357. 1984.
 103. TICHELER, J. H. G. Estudio analítico de la epidemiología del escoltído de los granos de café, *Stephanoderis hampei* Ferr., en Costa de Marfil (Traducción G. Quiceno). *Cenicafé*, 14(4):223-294. 1963.
 104. VALDERRAMA, A. M.; CRISTANCHO A., M.A.; CHAVES C., B. Análisis de la variabilidad genética del hongo entomopatógeno *Beauveria bassiana* con marcadores RAPD. *Revista Colombiana de Entomología* 26 (1-2): 25-30. 2000.
 105. VALDÉS, B.E.; VÉLEZ A., P.E.; MONTOYA R., E.C. Caracterización enzimática y patogenicidad de aislamientos de *Beauveria bassiana* sobre la broca del café. *Cenicafé* 50 (2): 106-118. 1999.
 106. VÉLEZ A., P.E.; MONTOYA R., E.C. Supervivencia del hongo *Beauveria bassiana* bajo radiación solar en condiciones de laboratorio y campo. *Cenicafé* 44(3): 111-122.1993.
 107. VÉLEZ A., P.E.; POSADA F., F.J.; MARÍN M., P.; GONZÁLEZ G., M.T.; OSORIO, E.; BUSTILLO P., A.E. Técnicas para el control de calidad de formulaciones de hongos entomopatógenos. *Cenicafé, Boletín Técnico* No 17. 1997. 37p.
 108. VÉLEZ A., P.E.; GONZÁLEZ G., M.T.; RIVERA M., A.; BUSTILLO P., A.E.; ESTRADA M., N.C.; MONTOYA R., E.C. Caracterización de aislamientos de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* de la colección de Cenicafé. *Revista Colombiana de Entomología* 25 (3-4): 191-207. 1999.
 109. VÉLEZ A., B.E.; JARAMILLO R., A.; CHAVES C., B.; FRANCO, M. Distribución de la floración y la cosecha de café en tres altitudes. *Avances Técnicos Cenicafé* No. 272:1-4. 2000.
 110. VERGARA O., J.D.; BUSTILLO P., A.E.; CHAVES C., B. Biología de *Phymastichus coffea* en condiciones de campo. *Cenicafé*, 52(2): 97-103. 2001.
 111. VERGARA O., J.D.; BUSTILLO P., A.E.; CHAVES C., B. Dispersión de *Phymastichus coffea* en un lote de café infestado de *Hypothenemus hampei*. *Cenicafé*, 52(2): 104-110. 2001.
 112. VILLALBA, D.A., BUSTILLO P., A.E.; CHAVES C., B. Evaluación de insecticidas para el control de la broca del café en Colombia. *Cenicafé*, 46(3): 152-163. 1995.



UNA PUBLICACIÓN DE CENICAFÉ